

Adam Olejnik

kmdr por. dr inż. Adam Olejnik
Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte
81 – 103 Gdynia 3, ul. Śmidowicza 69
Wydział Mechaniczno – Elektryczny
Zakład Technologii Prac Podwodnych
tel. +58 626 27 46, fax. +58 626 27 61
e-mail: aolej@wp.pl

**STAN OBECNY TECHNIKI ZDALNIE STEROWANYCH POJAZDÓW
GŁĘBINOWYCH**

Artykuł to druga część materiału na temat historii rozwoju i aktualnego stanu techniki zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych¹. W tej części przedstawiono stan obecny tej techniki. Materiał powstał na skutek przeglądu dostępnej literatury oraz badań autora w archiwach brytyjskich i amerykańskich. Autor proponuje wielowarstwowe spojrzenie na rozwój zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych w wyniku którego początek ich rozwoju datuje na rok 1898. Ponadto wyodrębnia cztery okresy rozwojowe pojazdów: okres wynalazków, prototypów, pierwszego i drugiego podziału.

Słowa kluczowe: *technologia prac podwodnych, zdalnie sterowany pojazd głębinowy,*

**THE PRESENT STATUS OF THE TECHNIQUE OF UNDERWATER
REMOTELY OPERATED VEHICLES**

This article is the second part of the material about the development history and the current status of technique of underwater remotely operated vehicles technique. The present status of this technique is presented in the second part. The content is a result of a review of the accessible literature and the author's research in the British and American archives. The author proposes the multi-layered look on the development of the ROVs as a results of which the beginning of their development dates back to 1898. Moreover, he distinguishes four development periods of the vehicles: period of inventions, period of prototypes, and periods of the first and second partition.

Key Words: *underwater work technology, remotely operated vehicles*

WSTĘP

W części pierwszej przedstawiono podstawowe wynalazki, dzięki którym mogła powstać technika zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych i ich pierwsze prototypy.

¹ Część pierwsza w PHR Nr3(28) 2009 str. 7 – 21

Część druga opisuje dalszy rozwój pojazdów i aktualny stan tej techniki oraz podsumowanie całości prezentowanego w obydwu artykułach materiału.

1. OKRES PIERWSZEGO PODZIAŁU

Do końca roku 1974 zbudowano tylko dwadzieścia konstrukcji pojazdów ROV, przy czym 17 z nich było finansowanych z budżetów rządowych. Przykładowo we Francji zbudowano pojazdy „Eric” i „Telenaut”, w Finlandii pojazd „Phocas”, w Norwegii – „Snurre”, w Wielkiej Brytanii – pojazdy „BAC-1” i „Angus – 1” oraz „Cutlet” [1]. W Związku Radzieckim prace nad pojazdami podwodnymi typu ROV prowadzono od 1968 roku, w ich wyniku powstały takie konstrukcje jak pojazd „VMU”, „Krab – 4000” i „Manta’ [5,8]. W 1982 roku liczba zbudowanych pojazdów wzrosła do 500 sztuk i diametralnie zmienił się wytwórca i zleceniodawca ich rozwoju. Początkowo od roku 1953 do 1974 osiemdziesiąt pięć procent pojazdów było budowanych na zlecenie wojska. Po 1974 roku dziewięćdziesiąt pięć procent konstrukcji powstało na zlecenie przemysłu. W 1970 roku był tylko jeden komercyjny producent pojazdów, natomiast w roku 1984 było ich już dwudziestu siedmiu, a firmy północnoamerykańskie produkowały około 70% dostępnych na rynku konstrukcji.

W latach 70-tych i 80-tych trwały ostre spory o to, która z technologii jest bardziej przydatna dla przemysłu offshore: pojazdy załogowe, technologia nurkowań satutowanych czy pojazdy typu ROV. W 1983 roku odbyła się pierwsza konferencja naukowa poświęcona całkowicie tym pojazdom omawiająca między innymi i tę problematykę: „ROV’83 – A Technology Whose Time Has Come”. Tymczasem na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych skończyła się dominacja firm północnoamerykańskich w produkcji pojazdów [1]. Ogromne zapotrzebowanie na usługi podwodne z ich zastosowaniem, jakie się pojawiło w związku z eksploatacją złóż ropy naftowej na Morzu Północnym, a także bardzo niekorzystny kurs dolara amerykańskiego do funta brytyjskiego powodował, że opłacalność produkcji mogła być zachowana jedynie przy jej przeniesieniu do Europy, a dokładniej do Wielkiej Brytanii. Tak naprawdę to tylko kanadyjska International Submarine Engineering i amerykańska firma Perry jakoś utrzymywały się na powierzchni, ale tylko dzięki ich powiązaniom z przemysłem europejskim. Nie było im łatwo, gdyż europejskie spółki naftowe próbowały przejąć nad nimi kontrolę, oczywiście w celu obniżenia kosztów. Producenci ROV zaczęli mieć kłopoty. Mimo oferowania nowoczesnej technologii, na którą w końcu było jednak zapotrzebowanie, nie mogli osiągnąć rentowności ze względu na koszty i różnice kursowe. Sytuacja na rynku producenckim też uległa zmianie, ponieważ pojawił się konkurent w postaci europejskich spółek naftowych, które same zaczęły finansować prace rozwojowe nad nowymi konstrukcjami pojazdów. Wszystkie te starania prowadziły do jednego celu: zbudować następcę pierwszego pokolenia ROV, który byłby tak samo użyteczny ale za to łatwiejszy w obsłudze, nie wymagałby skomplikowanego systemu wodowania i co najważniejsze, byłby tani w produkcji masowej. Z naciskiem na tani. Ceny klasycznych pojazdów zaczynały się wówczas w okolicach poziomu 190 tysięcy dolarów za sztukę a kończyły grubo po kwocie pół miliona dolarów [3]. Pierwsza magiczną granicę 50.000 dolarów za sztukę przekroczyła firma International Submarine Engineering z pojazdem DART za cenę 45 tys. USD, którego budowę nadzorował **Jim McFarlane**. W styczniu 1983 roku w magazynie *National Geographic* ukazała się informacja, że firma Deep Sea System International rozpoczyna pracę nad małym, tanim inspekcyjnym pojazdem ROV [9]. Natomiast w listopadzie tego samego roku **Chris Nicholson** optymistycznie obwieścił, że ma kontakt z inwestorem, który obiecał mu spory procent od zysku, jeśli uda się przy założeniu produkcji masowej powyżej 500 sztuk, opracować konstrukcję za cenę około 10.000 dolarów za sztukę [3]! Na początku 1984 roku firma Wolf Sub-Ocean Ltd. kupiła od Deep Ocean Engineering za 30.000 dolarów pierwszy z seryjnej produkcji pojazd

„Phantom” (Rys. 2). Została przekroczona kolejna granica. Jednak palmę pierwszeństwa zachował Chris Nicholson z Benthos Incorporated (obecnie Benthos Teledyne), który na konferencji ROV’84 ogłosił, że sprzedał 22 pojazdy „MiniRover” (Rys. 1) za cenę około 26.000 dolarów za sztukę w wersji podstawowej [3].

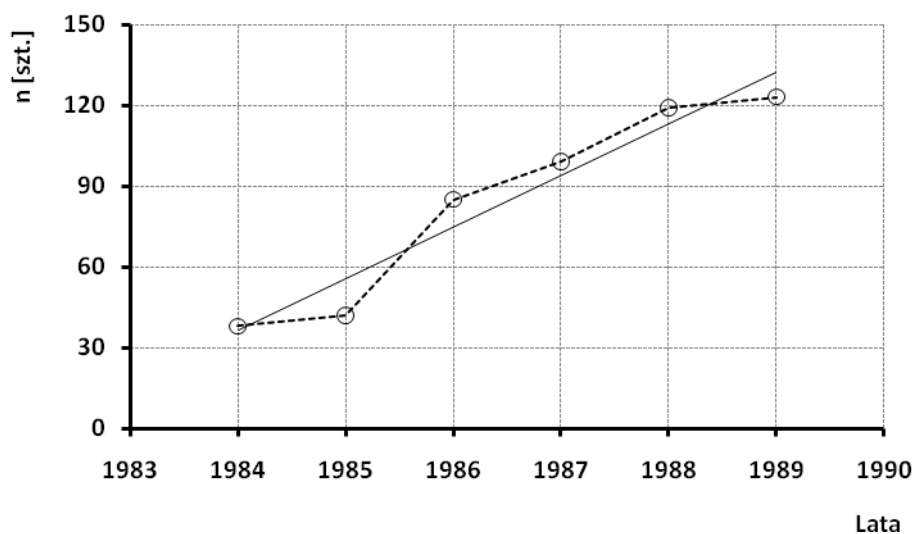


Rys. 1. Pojazd MiniRover MKI [3]



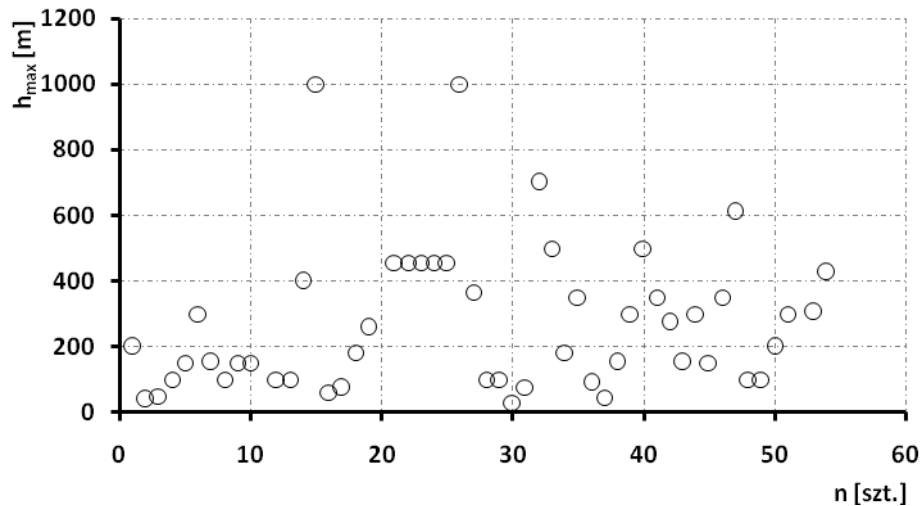
Rys. 2. Pojazd Phantom 300 [3]

Nie udało się osiągnąć pułapu poniżej 20.000, ale zmiany i tak były ogromne. W ciągu niecałych dziesięciu lat koszt pojazdu zmalał prawie o 80%. Pojazd „MiniRover” zapoczątkował żywot nowej gamie konstrukcji tzw. LCROV – low cost ROV – tani pojazd ROV. W porównaniu z dotychczasowymi kosztami pojazdów dochodzącymi do setek tysięcy dolarów, było to osiągnięcie przełomowe i przyczyniło się, obok utrzymania producentów, również do otwarcia nowego rynku – akwenu śródlądowe. Firma Deep Ocean Engineering, która wypuściła na rynek pojazd „Phantom” i Benthos z pojazdem „MiniRover” zaważowała rynek w tych obszarach. Dotąd nie przypuszczano, że można stosować tą technologię, w budownictwie lądowym (tamy, jazy, śluzy, tunele, obiekty hydrotechniczne), policji, straży pożarnej oraz oceanografii. W 1989 roku, jak podaje Deam Given, na rynku było oferowanych 35 oryginalnych konstrukcji pojazdów LCROV produkowanych przez 26 producentów [3]. Rok później takich konstrukcji było już 54 [17]. Produkcja pojazdów LCROV stale wzrastała od poziomu około 30 sprzedanych pojazdów w roku 1984 do około 120 w roku 1990 (Rys. 3).



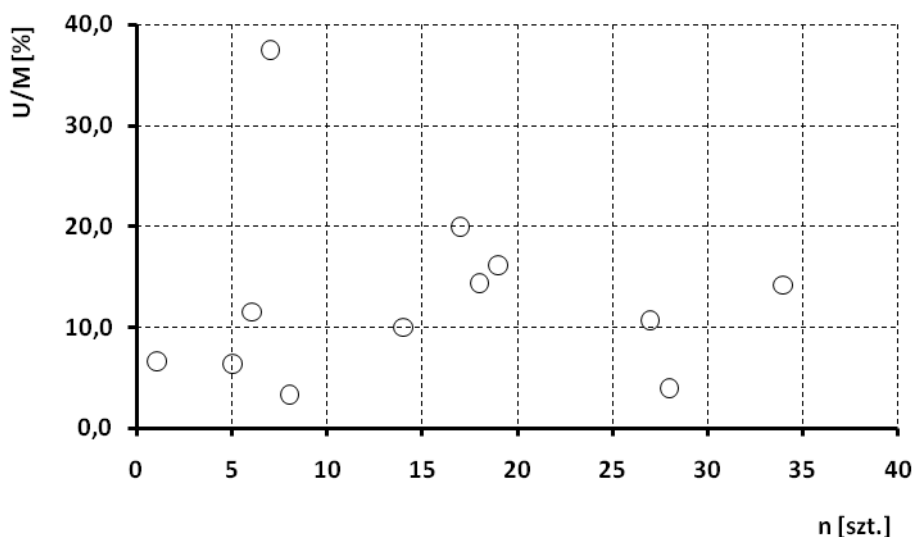
Rys. 3. Produkcja pojazdów LCROV w latach 1984 – 1989 (dane na podstawie [17]).

Standardowa konstrukcja pojazdu typu LCROV w tym czasie była maszyną, która mogła zmieścić się w prostokątnie o wymiarach 0,9x0,6x0,4 metra. Posiadała zdolność zanurzania się na głębokość około 270 metrów, ale najczęściej było to nie więcej jak 100 metrów, choć i zdarzały się przypadki pojazdów zdolnych do zanurzenia na głębokość i 1000 metrów (Rys. 4).



Rys. 4. Maksymalna głębokość robocza (h_{max}) pojazdów LCROV oferowanych w roku 1990 (dane na podstawie [17]).

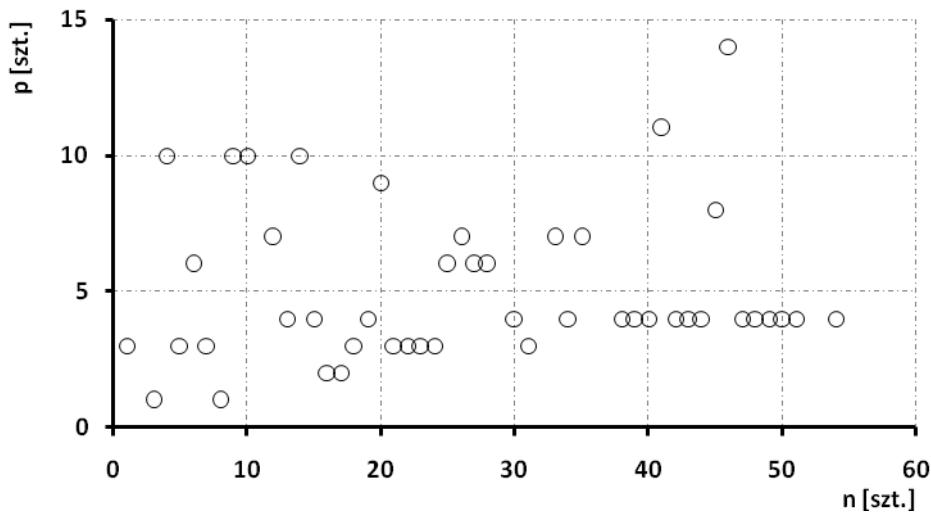
Pojazd najczęściej miał masę w powietrzu nie przekraczającą 50 kilogramów i poruszał się z prędkością w ruchu poziomym zazwyczaj nie większą niż 1,5 węzła oraz mógł wyrzucić się z maksymalną prędkością 0,5 węzła. Za jego pomocą można było podnieść ładunek z dna o masie od 1 do 15 kilogramów, co stanowiło od 3 do 37% jego masy (Rys. 5), ale najczęściej było to około 1 kilograma.



Rys. 5. Wyrażony w procentach stosunek udźwigu do masy (U/M) pojazdów LCROV oferowanych w roku 1990 (dane na podstawie [3]).

Nieliczne konstrukcje były wyposażone w proste manipulatory. Pojazd poruszał się w toni wodnej dzięki układowi napędowemu składającemu się z pędników pracujących

w dyszach, choć w niektórych przypadkach takich dysz nie montowano na pędnikach pionowych. Ogólna liczba pędników w pojazdach wahała się od 1 aż do 14 (Rys. 6).



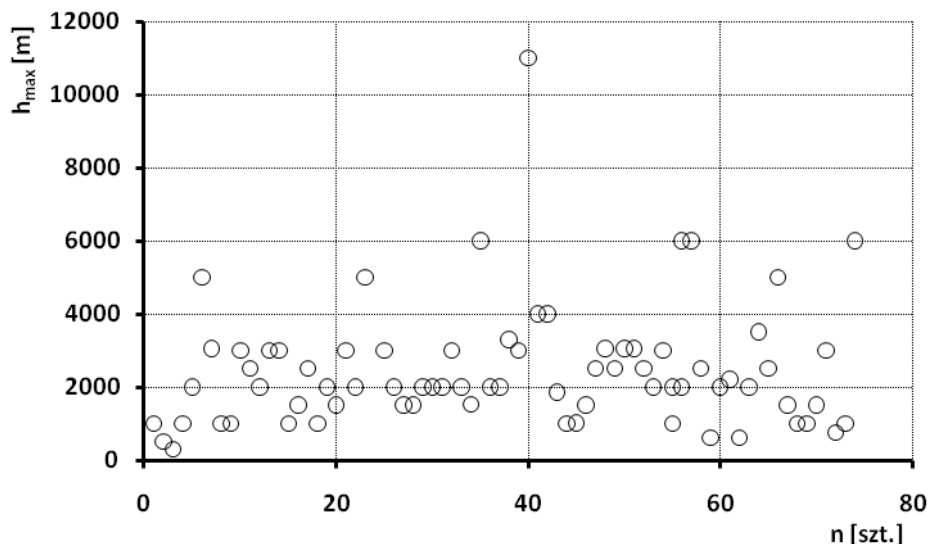
Rys. 6. Ogólna liczba pędników (p) pojazdów LCROV oferowanych w roku 1990 (dane na podstawie [3]).

Przy czym zazwyczaj ilość pędników poziomych była większa od ilości pędników pionowych. Do napędu stosowano śruby bezpośrednio osadzone na wale z prędkością obrotową rzędu 800 – 2400 obr/min. Dzięki układowi napędowemu i zamontowanym układom automatyki, pojazd mógł utrzymywać się w zadanym punkcie lub samodzielnie poruszać w nakazanym kierunku, z zachowaniem pożądanego położenia i prędkości.

Podstawowym wyposażeniem pokładowym pojazdu, obok pędników, była kamera telewizyjna (monochromatyczna), reflektory, głębokościomierz i kompas. Jako wyposażenie modułowe (opcjonalnie w stosunku do potrzeb i zamówienia klienta) montowano kamerę telewizji kolorowej, aparat fotograficzny, lampę błyskową, magnetometr, sonar, żyrokompas, echosondę lub elementy systemu nawigacji podwodnej i prosty manipulator. Oczywiście montaż dodatkowego wyposażenia automatycznie przekładał się na wzrost ceny jednostkowej pojazdu, przy pełnej opcji była to zmiana dochodząca nawet do prawie 40% początkowej wartości. Przykładowo MiniRover Benthos MKI zestaw standardowy kosztował 26.850 dolarów, zaś zestaw z pełnym wyposażeniem (MKII) osiągał cenę 36.850 dolarów [3]. Była to jednak cena znacznie poniżej 200.000 USD i dzięki temu technika ROV stała się bardziej dostępna i powszechna. Paradoksalnie kłopoty producentów przyczyniły się do stworzenia nowej klasy obiektów oceanotechnicznych o których A. Wiliński i R. Wróbel w 1990 roku napisali: „(...) *tendencje rozwoju budownictwa tych urządzeń należy ocenić jako dość stabilne pod względem ich jakości przy równoczesnym wzroście liczby sprzedawanych egzemplarzy*” [17]. Nie oznaczało to jednak, że inne wersje konstrukcji pochodzących od pierwszego pokolenia ROV nie były rozwijane. Już w połowie lat siedemdziesiątych od głównego nurtu rozwoju pojazdów podwodnych oddzieliła się definitywnie linia pojazdów autonomicznych. A od momentu powstania LCROV była także niezależnie i równolegle rozwijana linia pojazdów, które w celu odróżnienia określano akronimem WCROV – work class ROV – pojazd roboczy. Jeśli chodzi o zasadę działania i wyposażenie pokładowe nie różniły się one w zasadzie niczym od LCROV, wykorzystywanych głównie do zadań inspekcyjno - obserwacyjnych. Podstawową cechą WCROV było to, że ich cena kształtowała się powyżej 50.000 dolarów, czasem znacznie powyżej tej kwoty. Były to pojazdy znacznie cięższe i pracowały generalnie

na morzu a nie na akwenach śródlądowych, gdyż w przytłaczającej większości do pracy wymagały statku wsparcia ze specjalnym systemem wodowania i podnoszenia z wody, czego na śródlądziu nie można było zagwarantować. Generalnie lata 90-te XX wieku to czas rozkwitu tej technologii. Pozostał właściwie jeden podstawowy problem, który spędzał sen z powiek konstruktorów, producentów i eksploatorów: zwiększenie głębokości operacyjnej powyżej poziomu tysiąca metrów. W końcu jednak i ten problem został rozwiązany. W 1990 roku młodszy brat pojazdu CURV zanurzył się z powodzeniem na głębokość 6128 metrów, a w niecały tydzień później pojazd o nazwie Advantet Tethered Vehicle (ATV) pobił ten rekord o 151 metrów [9]. Amerykanie cieszyli się sukcesem przez pięć lat, ich rekord został jednak pobity, a nawet całkowicie wymazany z historii 24 marca 1995 roku przez japoński ROV o imieniu „Kaiko”, który dosłownie dobił dna, zanurzając się w otchłań Rowu Mariańskiego² [1,9]. Głębiej na naszej planecie zanurzyć się już nie można.

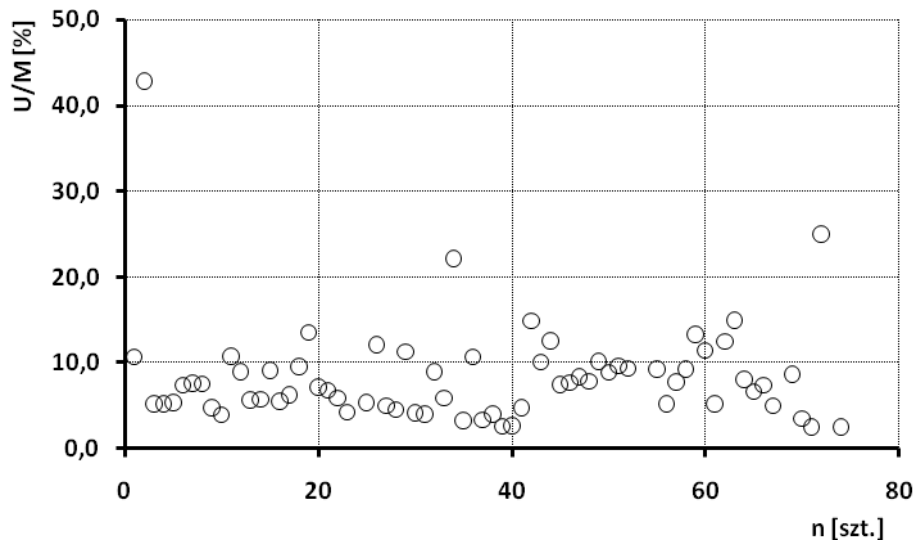
Typowy przedstawiciel pojazdów WCROV z końca XX wieku mógł zmieścić się w prostopadłościanie o wymiarach 2,5x1,57x1,71 metra. Zanurzał się na maksymalną głębokość w przedziale od 300 do 11 000 metrów, najczęściej było to jednak 2 000 metrów (Rys. 7). Posiadał średnio masę w powietrzu około 2 ton i można było za jego pomocą wynieść ładunek od 25 do 800 kilogramów, co stanowiło od 2,5 do 42 procent jego masy (Rys. 8).



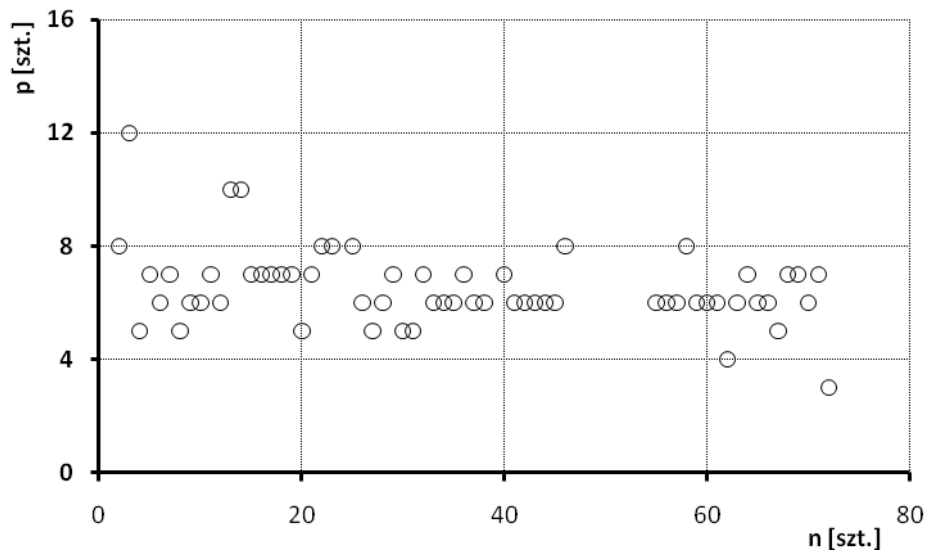
Rys. 7. Maksymalna głębokość robocza (h_{max}) pojazdów WCROV oferowanych w roku 2000 (dane na podstawie [10]).

Poruszał się ze średnią prędkością w płaszczyźnie poziomej około 3 węzłów i miał zdolność wynurzenia się z prędkością około 1,5 węzła. Jego układ napędowy najczęściej składał się z sześciu pędników (Rys. 9), przy czym i w tym przypadku występowało zjawisko montowania większej liczby pędników poziomych niż pionowych. Najczęściej poziomych było cztery, a pionowych - dwa.

² Najgłębszy rów oceaniczny na świecie, położony w zachodniej części Oceanu Spokojnego o długości dochodzącej do 2000 km, wchodzi w skład systemu rowów oceanicznych tworzących zachodnie obrzeże Płyty Pacyficznej. Zgodnie z pomiarami wykonanymi za pomocą robota „Kaiko” jego głębokość wynosi 10 911 metrów. Na dno tego rowu zanurzyły się jak dotąd tylko trzy obiekty oceanotechniczne zbudowane przez człowieka: załogowy „Triest” 23.01.1960 roku, ROV „Kaiko” 24.03.1995 roku i ROV „Nereus” 31.05.2009 roku.



Rys. 8. Wyrażony w procentach stosunek udźwigu do masy (U/M) pojazdów WCROV oferowanych w roku 2000 (dane na podstawie [10]).

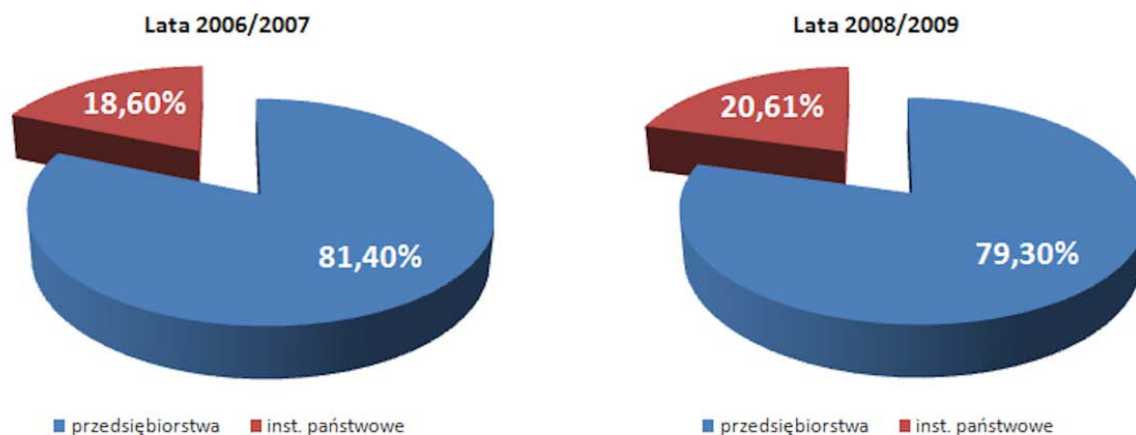


Rys. 9. Ogólna liczba pędników (p) pojazdów WCROV oferowanych w roku 2000 (dane na podstawie [10]).

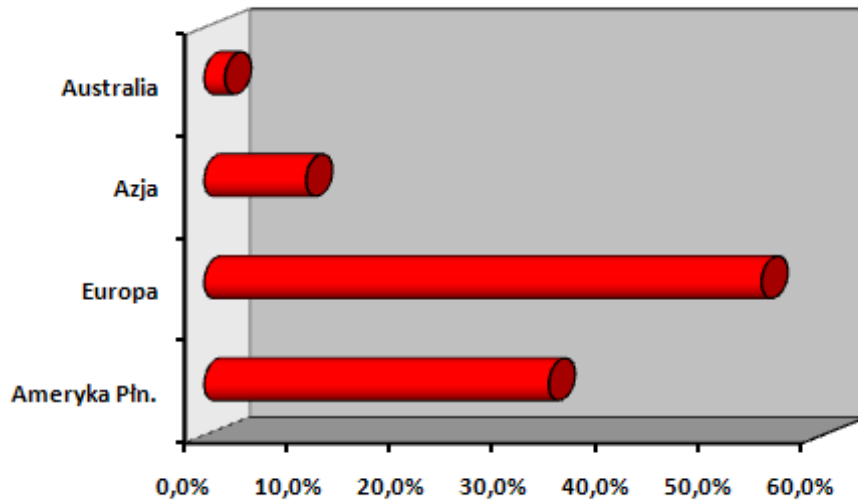
2. OKRES DRUGIEGO PODZIAŁU

Rozwój przemysłu offshore przełożył się bezpośrednio na wzrost wymagań dla konstrukcji i wzrost liczby produkowanych pojazdów. Znacznie też powiększyła się różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych i liczba eksploatowanych sztuk. W drugiej połowie lat 90-tych szacowano, że w eksploatacji jest na świecie około 3 000 sztuk pojazdów ROV różnych klas [1]. Z danych opublikowanych w „*Remotely Operated Vehicles of the World*” wynika, że w roku 2007 było ich już około 4 000, a dwa lata później ponad 4 500 sztuk eksploatowanych na wszystkich morzach i oceanach świata [11,12]. Od kilku lat daje się zauważyć ustabilizowanie podziału instytucji

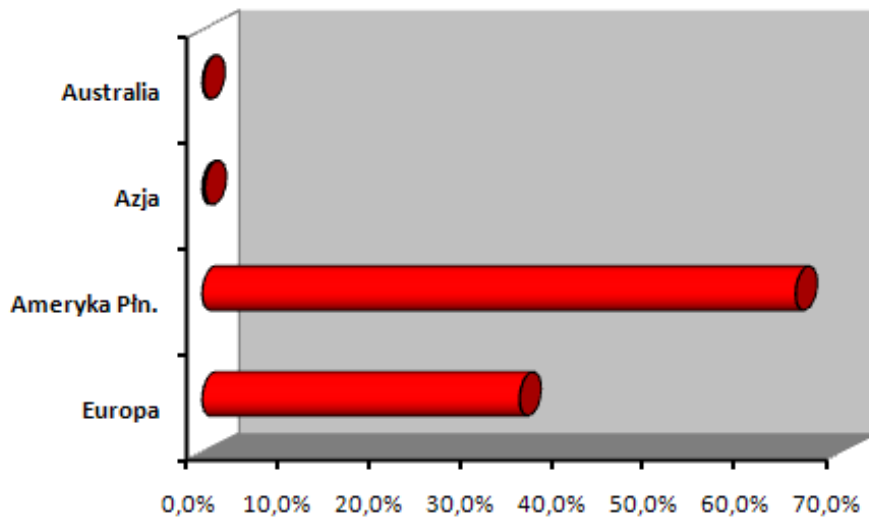
opracowujących i produkujących pojazdy. Obecnie około 20% konstrukcji jest opracowywanych na zlecenie rządu lub innych instytucji państwowych, uczelni i jednostek badawczo-rozwojowych oraz wojska (Rys. 10). W porównaniu z latami 80-tymi wzrósł odsetek przedsiębiorstw inwestujących w tę technologię. Z około 70% do 81,4% w latach 2006/2007. Co prawda w latach 2008/2009 uległ on zmniejszeniu ale nieznacznie (do 79,3%). W roku 2007 na rynku było oferowanych 154 oryginalnych konstrukcji pojazdów, w tym 81 z nich to były prototypy, które powstały w ostatnich latach. Dwa lata później liczba oryginalnych konstrukcji wzrosła do 200, a liczba prototypów zmalała do 46. Oznacza to, że w okresie 2007 – 2009 z 81 prototypowych konstrukcji czterdzieści sześć przeobraziło się w produkt seryjny, a 35 pozostało na etapie prototypu, a w międzyczasie powstało jeszcze 11 nowych konstrukcji. Jeśli chodzi o geograficzną lokalizację producentów to w tym przypadku w roku 2009 potęgą pod tym względem są kraje Europejskie, na drugim miejscu znajdują się państwa północnoamerykańskie (Rys. 11). I choć instytucje zajmujących się produkcją i rozwojem pojazdów w Europie jest więcej, to nie przekłada się to na sukces komercyjny, gdyż zadeklarowana produkcja w roku 2009 jest największa w Ameryce Północnej (Rys. 12). Dane opublikowane przez Clarkson Research Services Ltd. zawierają zadeklarowaną przez danego producenta liczbę wyprodukowanych pojazdów ROV [11,12]. Porównując dane z roku 2007 oraz zawarte w edycji z roku 2009 można od razu dostrzec grupę konstrukcji wyprodukowanych w ilości 30 sztuk i większej. To już dość spora seria. A w tej grupie można wytypować konstrukcje o największej dynamice wzrostu produkcji (Rys. 13). Z pośród nich najbardziej wyróżniają się pojazdy „Little Benthic Vehicle” (LBV) – 500 wyprodukowanych egzemplarzy do roku 2009 oferowany przez firmę Sea Botix Inc. z San Diego (USA) oraz rodzina pojazdów „VideoRay” – 850 egzemplarzy do roku 2009 oferowana przez firmę VideoRay LLC z Phoenixville (USA) – Rys. 14.



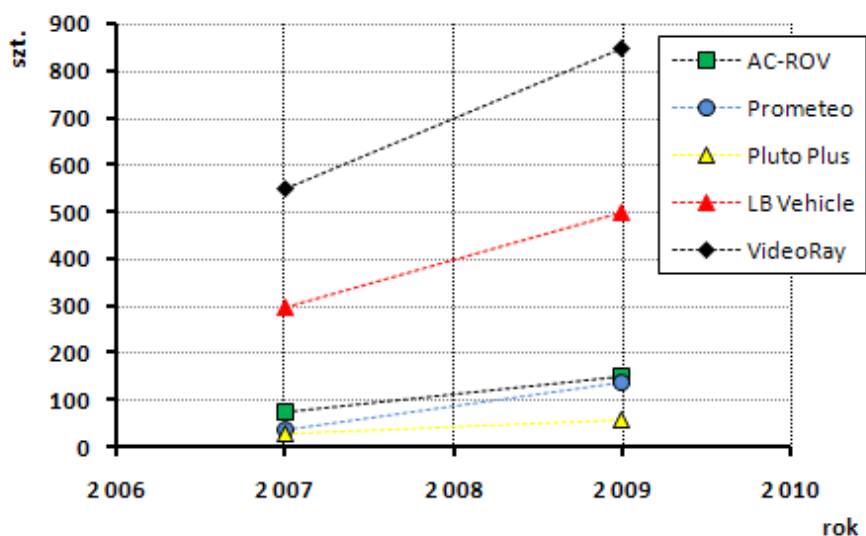
Rys. 10. Podział rynku wytwórców pojazdów ROV w latach 2006 – 2009 (dane na podstawie [11,12]).



Rys. 11. Geograficzna lokalizacja wytwórców pojazdów ROV z 2009 roku (dane na podstawie [11,12]).



Rys. 12. Zadeklarowana w 2009 roku produkcja pojazdów ROV z podziałem na kontynenty (dane na podstawie [11,12]).



Rys. 13. Dynamika wzrostu produkcji niektórych pojazdów ROV w latach 2007 – 2009 (dane na podstawie [11,12]).



Rys. 14. Pojazdy Micro ROV: VideoRay – na dole po lewej, LBV – na dole po prawej i Compact ROV: Falcon – na górze (rysunek bez skali)

Obydwa pojazdy, to małe obserwacyjne ROV, które oferowane są w kilku wariantach (VideoRay – 6 opcji, LBV w 10 opcjach). VideoRay jest mniejszy, może zmieścić się w prostopadłościanie o wymiarach 0,31x0,23x0,22 metra, natomiast LBV posiada ciekawą wersję z podwoziem kołowym do poruszania się po kadłubie jednostki pływającej. Ale podstawową ich cechą jest bardzo niska cena. Przykładowo za VideoRay w podstawowej wersji (Scout) płaci się mniej niż 6 000 dolarów!!!

Tak naprawdę dzięki tym pojazdom i im podobnym takim jak na przykład pojazd AC-ROV na naszych oczach otwiera się nowy rozdział w technice ROV. Klasa pojazdów LCROV właśnie się dzieli na nowe podklasy. To, że są tanie wynika z nazwy „low-cost”, ale to nie cena jest w tym przypadku kryterium podziału, a masa. Właśnie w ostatnich latach zrodziły się klasy: MicroROV (do 10 kg), MiniROV (od 10 do 50 kg) i CompactROV (od 50 do 150 kg) – Rys. 14. I z założenia mają być dostępne, tanie i przydatne dla wielu potencjalnych użytkowników. Jest to fundamentalna idea, która legła u podstaw założycieli firmy VideoRay LLC w 1999 roku i była natchnieniem dla **Dona Rodocker’a** prezesa firmy SeaBotix Inc. Można powiedzieć, że dzięki niej 111 lat po opatentowaniu pierwszego zdalnie sterowanego obiektu oceanotechnicznego technologia trafia „pod strzechy”.

W chwili obecnej wśród konstrukcji pojazdów ROV panuje ogromna różnorodność rozwiązań i możliwości eksploatacyjnych [18] (Rys. 15). Typowy pojazd z początku XXI wieku może zmieścić się w prostopadłościanie o wymiarach 1,88x1,17x1,16 metra i zanurza się na głębokość do 300 metrów. Średnio jest to około 2 000 metrów, ale dostępne rozwiązania pozwalają na wykonanie zadań w pełnym wymaganym zakresie od 0 do 11 000 metrów (Rys. 16). Średnia masa pojazdu obecnie to około dwie tony, można za jego pomocą podnieść z dna ładunek o masie od 0,2 do prawie 3 000 kilogramów, co stanowi średnio 18% jego masy (Rys. 17).

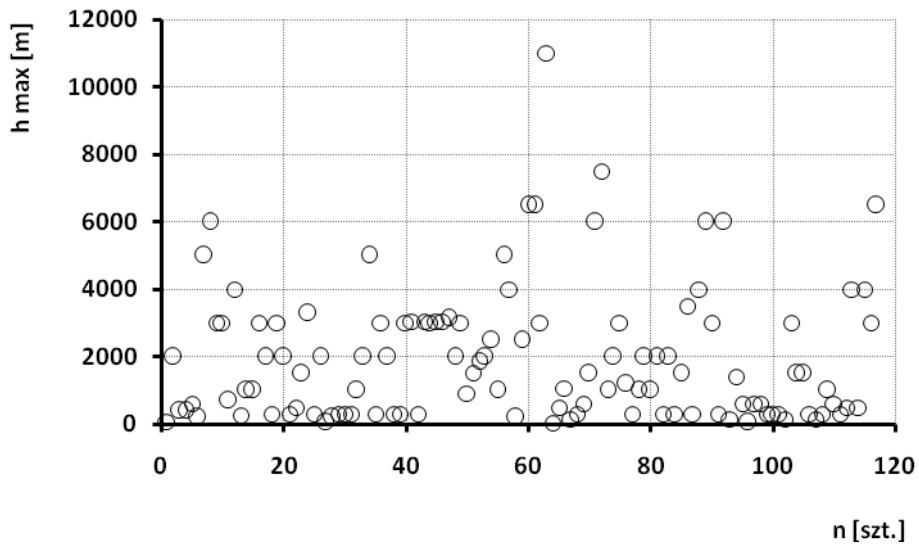


Rys. 15. Współczesne pojazdy ROV: po lewej ROV „Panther”, po prawej najnowsze „dziecko” firmy Seaeye Marine Ltd. ROV „Jaguar” (na zdjęciu pierwszy egzemplarz pojazdu – jesień 2008 rok).

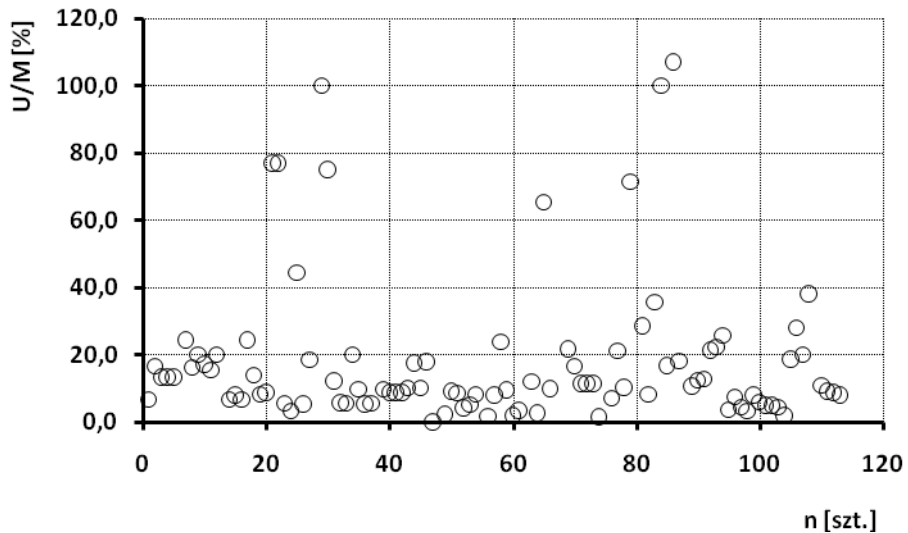
Rekordzista w tym przypadku to pojazd NSS (Navigable Sampling System) za pomocą którego można podnieść ładunek o 100 kg cięższy, niż waży sam system. Średnia prędkość pojazdu w ruchu poziomym to obecnie 3 węzły, ale maksymalna jaką może on osiągać wynosi nawet 8 węzłów. Prędkość z jaką pojazd się wynurza to ok. 1,5 węzła a maksymalnie 3,3 węzła. Ruch pojazdu jest realizowany dzięki układowi napędowemu zawierającemu zazwyczaj sześć pędników (Rys. 18). Łączna moc pędników zamontowanych na pojazdach jest zależna od rodzaju ich zadań oraz ich konstrukcji i kształtuje się w zakresie od około 55 do ponad 130 kilowatów (Rys. 19) [4].

Zdaniem niektórych autorów, próby klasyfikacji pojazdów dokonywane na podstawie różnych cech są mało precyzyjne, gdyż stale powstają nowe konstrukcje posiadające cechy uprzednio należące do innych grup klasyfikacji [16]. Mimo tego, takie próby są czynione właśnie ze względu na ich ogromną różnorodność. Mówiąc potocznie, są to próby uporządkowania sytuacji. Najbardziej naturalny podział pojazdów ROV stworzył się niejako samodzielnie w czasie ich rozwoju. Początkowo

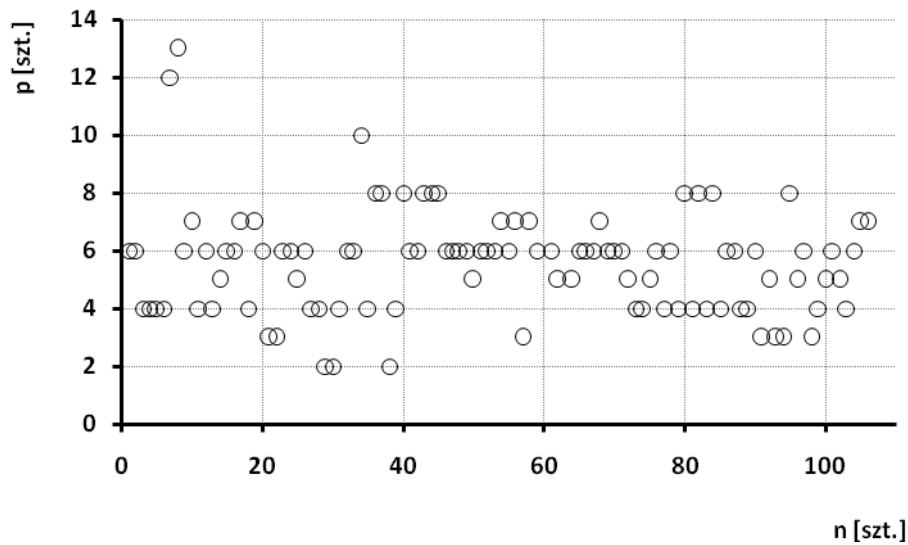
były to po prostu mobilne podwodne systemy telewizyjne, potem pojawiło się określenie bezzałogowy zdalnie sterowany pojazd głębinowy od angielskiego *remotely operated vehicle* określane powszechnie na całym świecie akronimem ROV. Obecnie można zauważyć tendencję to skracania tej nazwy tylko do zdalnie sterowany pojazd głębinowy, gdyż skoro jest zdalnie sterowany to z definicji powinien być bezzałogowy. W latach osiemdziesiątych XX wieku nastąpił pierwszy samoczynny podział konstrukcji pojazdów na tanie i robocze oraz półautonomiczne i autonomiczne.



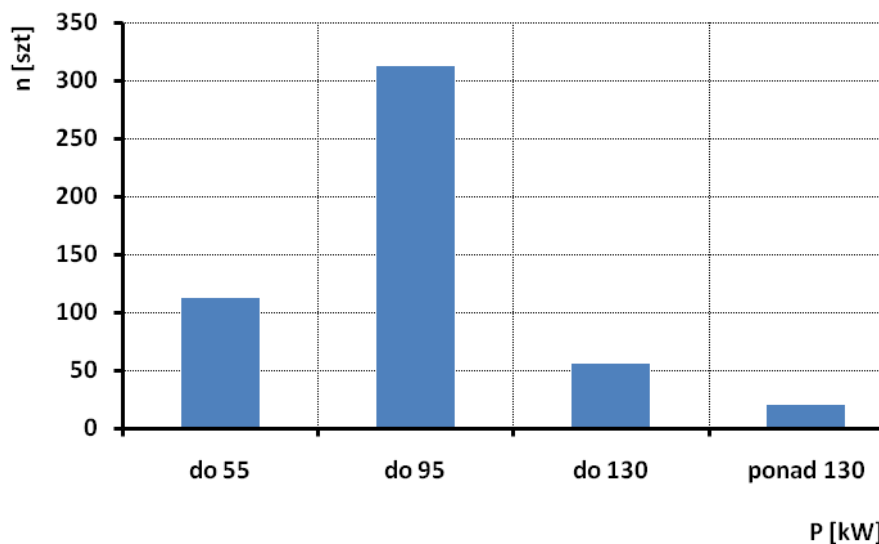
Rys. 16. Maksymalna głębokość robocza (h_{max}) pojazdów ROV oferowanych w roku 2009 (dane na podstawie [11,12]).



Rys. 17. Wyrażony w procentach stosunek udźwigu do masy (U/M) pojazdów ROV oferowanych w roku 2009 (dane na podstawie [11,12]).



Rys. 18. Ogólna liczba pędników (p) pojazdów ROV oferowanych w roku 2009 (dane na podstawie [11,12]).



Rys. 19. Liczba pojazdów ROV (n) w funkcji ich mocy (P) (dane na podstawie [4]).

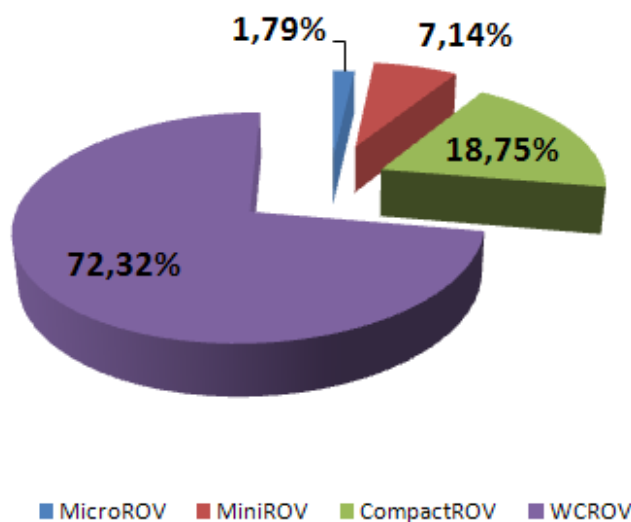
Grupy te są jeszcze dzielone na pojazdy uwięziowe i bezuwięziowe. Przy czym do uwięziowych zalicza się tanie i robocze. Natomiast te konstrukcje, które posiadają zarówno cechy pojazdów uwięziowych jak i bezuwięziowych przyjęło się nazywać określeniem: hybrydowe. A wszystkie razem noszą nazwę bezzałogowych pojazdów

głębinowych (ang.: UUV – unmanned underwater vehicle; pol.: BPG – bezzałogowy pojazd głębinowy) Obecnie nastąpił drugi samoczynny podział konstrukcji, tyle tylko, że dotyczy on już wyłącznie klasy tanich pojazdów, gdzie wśród nich rozróżnia się pojazdy: mikro, mini i kompakt. Inne stosowane kryteria podziału są wielorakie. Przykładowo podział dokonany ze względu na dopuszczalną głębokość roboczą wyróżnia pojazdy: płytkowodne (do 300 m), małych głębin (do 600 m), średnich głębin (do 2 000 m), dużych głębin (do 6 000 m) i granicznych głębin (do 11 000 m) [13]. Innym rodzajem podziału pojazdów jest klasyfikacja ze względu na funkcję celu, czyli rodzaj wykonywanych zadań. W tym przypadku rozróżnia się pojazdy: do prowadzenia badań, poszukiwań zasobów, eksploatacji zasobów, prowadzenia prac podwodnych oraz przeznaczenia wojskowego (militarne) [6]. Istnieje również podział pojazdów ze względu na sposób poruszania się w toni wodnej: pływające w toni wodnej, poruszające się po dnie (denne) i poruszające się po badanej konstrukcji. Ponieważ wiele pojazdów obecnie wykorzystuje garaże podwodne to wśród niektórych specjalistów daje się zauważyć rozróżnienie pojazdów pływających w toni, ale bez zastosowania garażu jako tzw. swobodnych pływaków (ang. free swimmer). Nie jest też prawdą jak sądzą niektórzy, że nie ma polskiego słownictwa i brak polskiej klasyfikacji pojazdów podwodnych. Najbardziej doniosły dorobek w tym zakresie ma prof. Graczyk z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technicznego w Szczecinie. Jego propozycja klasyfikacji wyróżnia aż dziesięć klas funkcjonalnych i oparta jest o podział uwzględniający różnorodność funkcji, zadań, typów konstrukcji i wyposażenia [4]. Przykładowo wyróżnia on pojazdy: miniaturowe zdalnie sterowane pojazdy głębinowe, bezzałogowe zdalnie sterowane pojazdy głębinowe, bezzałogowe zdalnie sterowane pojazdy głębinowe do prac lekkich, bezzałogowe pojazdy głębinowe klasy roboczej do prac średnich i ciężkich, zdalnie sterowane pojazdy głębinowe do zakopywania i obsługi kabla i jeszcze pięć innych klas w tym prototypy albo pojazdy doświadczalne. Natomiast w grudniu 1997 roku International Marine Contractors Association zaproponowała podział pojazdów na pięć podstawowych klas: pojazdy obserwacyjne, pojazdy obserwacyjne z opcją ładunku, pojazdy robocze, pojazdy holowane lub pelzające po dnie oraz pojazdy prototypowe i rozwojowe [14]. Najbardziej popularny podręcznik dla pilotów pojazdów, napisany przez duet autorski Christ R.D. i Wernli R.L. dzieli pojazdy ROV na trzy klasy: robocze, obserwacyjne i specjalnego przeznaczenia [1]. Jak więc widać w sposobach klasyfikacji pojazdów panuje fakultatywność uzależniona od wiedzy, doświadczenia i zdolności danego autora. Jej podstawą jest zazwyczaj albo cecha konstrukcyjna albo cecha związana z realizowaną przez pojazd funkcją celu. Nie można jednak powiedzieć, że w Polsce nikt takiej klasyfikacji nie dokonał i odrzucając wieloletni dorobek kilku ośrodków naukowych narzucać słownictwo zaczerpnięte z żargonu gier komputerowych³.

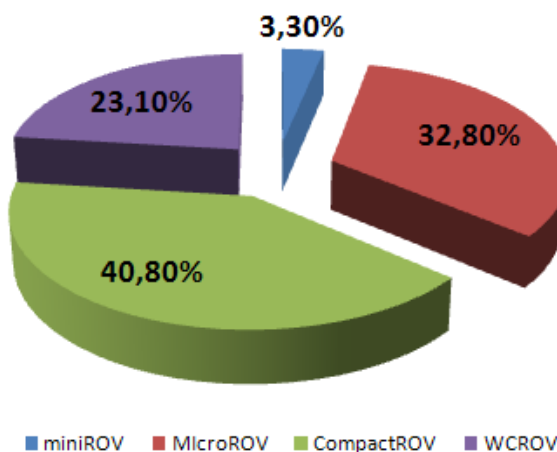
Analizując pojazdy zgodnie z ich naturalnym podziałem na mikro (MicroROV), mini (MiniROV), kompakt (CompactROV) oraz pojazdy robocze (WCROV) i biorąc pod uwagę dostępne w latach 2008 – 2009 oryginalne konstrukcje można zauważyć, że

³ Jakiś czas temu, w dwóch polskich periodykach ukazały się publikacje na temat pojazdów UUV. Autor nie będący specjalistą w dziedzinie pojazdów głębinowych, w jednej stwierdził, że w zakresie nazewnictwa w języku polskim panuje całkowita dowolność: (cytat) „*W języku polskim nie ma większego problemu, bo nikt na razie nie sklasyfikował bezzałogowych pojazdów podwodnych i nawodnych, i w stosowanych w stosunku do nich nazwach panuje pełna dowolność*”; w drugiej wprowadził na bezzałogowy pojazd głębinowy określenie „*dron*”: (cytat) „*(...) dużą część miejsca wystawowego poświęca się dronom, czyli bezzałogowym pojazdom nawodnym i podwodnym.*” Rzeczywiście takie określenie funkcjonuje w niektórych kręgach wojskowych (głównie NATO), ale jest to tzw. niższy rejestr stylistyczny, czyli określenie funkcjonujące tylko w pewnym środowisku. Jednym słowem jest to po prostu tylko żołnierski żargon, nigdzie nie stosowany przez specjalistów (podkreślenia w cytatach – autor). Określenie „*dron*” występuje np. w serii gier opracowanych przez Sidi Mayers’a („Alfa Centaurii” lub „Cywilizacja”), gdzie gracz może zbudować i używać szpiegowskie sondy zwane dronami.

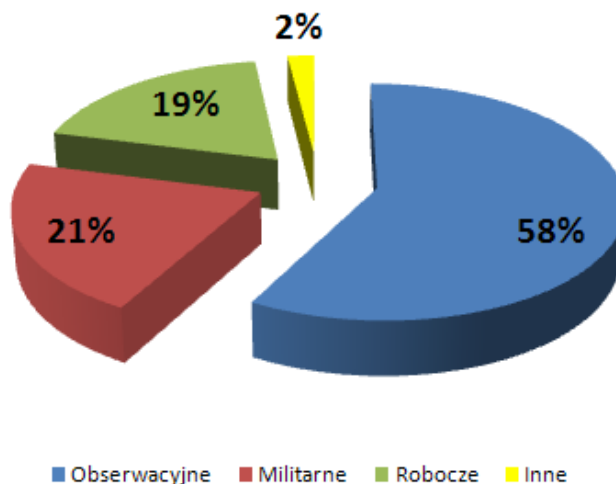
udział pojazdów klasy WCROV (masa powyżej 150 kg) jest największy, to prawie 73% oryginalnych konstrukcji (Rys. 20). Niespełna 20% to pojazdy klasy CompactROV (masa od 50 do 150 kg). Zupełnie inaczej wygląda sytuacja, gdy przyjrzeć się ilości sztuk pojazdów wyprodukowanych w poszczególnych klasach. W tym przypadku dominującą grupą są pojazdy klasy CompactROV (prawie 41%), a na drugim miejscu znajdują się pojazdy klasy MicroROV (prawie 33%) – Rys. 21. Natomiast w przypadku analizy pod kątem przeznaczenia największy udział mają obecnie pojazdy obserwacyjne i militarne odpowiednio 58 i 21 procent populacji (Rys. 22). Jak widać, w chwili obecnej nadchodzi czas pojazdów o małej i średniej wielkości przeznaczonych do zadań obserwacyjnych. Jest na nie największe zapotrzebowanie, co wynika z pokazanych powyżej udziałów procentowych. Prawie 73% obecnie eksploatowanych pojazdów to konstrukcje typu Compact i Micro. Bardzo silną grupą są pojazdy militarne, co w sumie jest oczywiste.



Rys. 20. Procentowy udział poszczególnych klas w liczbie oryginalnych konstrukcji oferowanych w latach 2008 – 2009 (dane na podstawie [11,12]).



Rys. 21. Procentowy udział pojazdów poszczególnych klas w produkcji w latach 2008 – 2009 (dane na podstawie [11,12]).



Rys. 22. Procentowy udział eksploatowanych pojazdów w funkcji przeznaczenia (dane na podstawie [4]).

3. ZAMIAST WNIOSKÓW

Historia zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych w świetle historii powszechnej jest rzeczywiście krótka, ale jest znacznie dłuższa niż się powszechnie uważa. Niejako jej podstawowym problemem jest fakt, że przez ostatnie lata pisali ją ci, którzy mieli bezpośredni wpływ na jej przebieg. Taki autor, być może nawet nieświadomie, nie jest pozbawiony pewnych obciążeń. Zazwyczaj w oficjalnych opracowaniach pomija swoje błędy i wpadki. I choć zapewne te dane są skrzętnie zapisywane, to najczęściej w prywatnych notatkach, których publikacja jeśli w ogóle następuje, to dopiero po śmierci autora. Natomiast jeśli dzieło ma charakter aplikacyjny, tzn. ma przynieść autorowi splendor w postaci stopnia lub tytułu naukowego, to z samego charakteru takiego opracowania wynika dość spora chęć do niewspominania o swoich błędach. Autor ma bowiem wykazać w nim swoje dokonania. Swoją niezaprzeczalny wkład w naukę i jej rozwój. Trudno więc, aby w takim opracowaniu opisywał swoje pomyłki, chyba że o nich nie wie. Choć podanie takich danych z naukowego punktu widzenia jest bardzo cenne, bo wskazuje innym ślepią uliczkę, niestety nie często się zdarza. Drugi rodzaj obciążeń to pomijanie dokonań swoich konkurentów. Co, choć jest bardzo naganne, niestety występuje. Pomniejszanie osiągnięć konkurencji to element walki o środki na badania, budowę prototypów, pozyskanie inwestora itp. Być może nie widać tego na co dzień, ale świat nauki zbudowany na solidnych fundamentach wiedzy i doświadczenia wielu pokoleń, jednocześnie podszyty jest bezwzględną rywalizacją o sławę, uznanie i fundusze na badania. Ta walka toczy się co najmniej na dwóch płaszczyznach: pomiędzy ośrodkami i pomiędzy naukowcami. Jeszcze inna przypadłość to obciążenia nacjonalistyczne. Proszę zwrócić uwagę na literaturę północnoamerykańską. W zasadzie z punktu widzenia Amerykanów jeśli się nie urodziłeś w Ameryce, to kto wie, czy się urodziłeś w ogóle. Wernli w sztandarowym obecnie podręczniku poświęca pojazdowi zbudowanemu przez Rebikoffa zaledwie dwa zdania. W jednym pisze, że był to pierwszy ROV, ale zaraz w drugim dodaje, że jego wpływ na rozwój tej techniki był nieznaczny! W kolejnym informuje czytelnika, że to dopiero US Navy ma właściwe dokonania na tym polu. Najbardziej zaskakujący jest w tym wszystkim Bob Ballard,

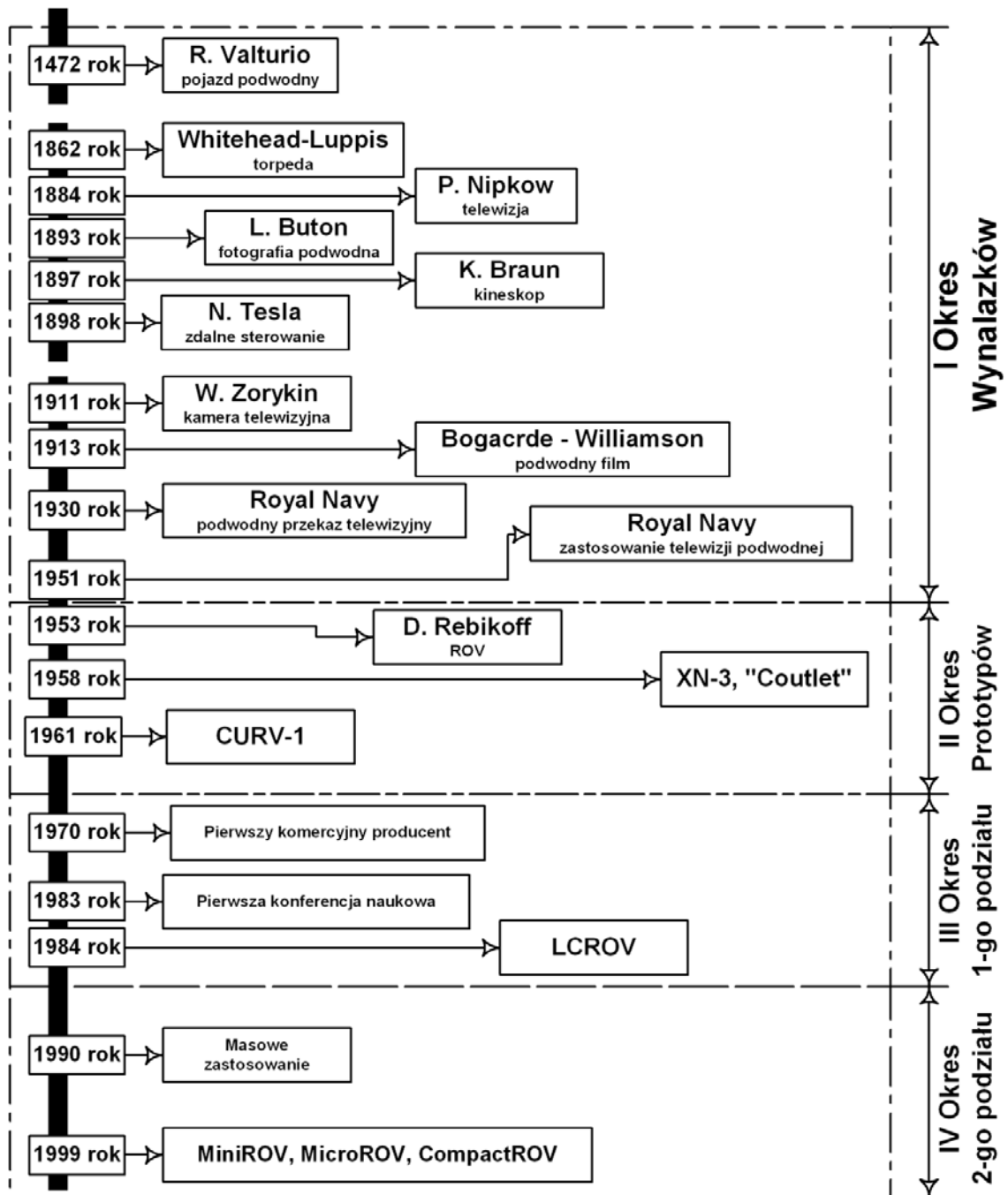
który w swoich opublikowanych wspomnieniach pomija właściwie wszystkich. Co prawda, można mu przypisać wskazanie nowego obszaru zastosowań tej technologii, ale nijak nie można go zaliczyć do jej twórców. Niestety nie jest tak jak pisze Ballard – pojazd ROV na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku nie był „marzeniem ściętej głowy”.

Oficjalna historiografia ROV jako datę ich powstania podaje drugą połowę XX wieku. Rozstęp liczony w latach pomiędzy danymi wskazanymi przez różnych autorów wynosi od kilku do 32 lat!! Oczywiście trudno jest wskazać punktowo moment w którym rodzi się jakaś technologia lub technika. Niekiedy jest to zjawisko trudne do uchwycenia, w jakimś sensie jest płynne i rozłożone w latach. Skalę ewentualnego postępu tak naprawdę mogą ocenić tylko potomni, ale zazwyczaj jako datę startu jakiejś nowej techniki, przyjmuje się datę zbudowania prototypu lub opublikowania pomysłu. Stąd jako początek techniki ROV należy przyjąć opublikowanie patentu N. Tesli w dniu 08 listopada 1898 roku. A patrząc na rozwój ROV w sposób zaproponowany w niniejszym opracowaniu, czyli wielowątkowy rozwój techniki, można w historii ROV wyodrębnić IV okresy rozwojowe (Rys. 23).

Pierwszy w latach 1472 – 1951 to okres powstawania wynalazków dzięki którym ROV mógł być zbudowany. Bez pomysłu R. Valturio nie byłoby w ogóle pojazdów podwodnych, bez wynalazku fotografii i telewizji podwodnej pojazd ROV byłby ślepy. Najbardziej doniosłe odkrycie tego okresu to zdalnie sterowany obiekt oceanotechniczny N. Tesli. W chwili, gdy Royal Navy zastosowała w 1951 roku po raz pierwszy telewizję podwodną do poszukiwania wraku, wszystkie elementy potrzebne do zbudowania pojazdu ROV były już dostępne. I na tym wydarzeniu kończy się okres powstawania wynalazków. W opisie tego okresu nie zostały uwzględnione niektóre wynalazki mające niewątpliwą wpływ na działanie pojazdu głębinowego. Przykładowo: sonar, silnik elektryczny czy oświetlenie podwodne itp. Pominęto je celowo, gdyż bez wynalazku pojazdu podwodnego, zdalnego sterowania i telewizji podwodnej nie można by ich właściwie wykorzystać. Tak więc, u schyłku okresu powstawania wynalazków, w roku 1951 poszczególne najistotniejsze elementy mające wpływ na powstanie zdalnie sterowanego pojazdu głębinowego były już dostępne. Teraz potrzebny był ktoś, kto cechował się oryginalnym spojrzeniem i miał nowatorskie koncepcje. I w wyniku potrzeby potrafił stworzyć nową jakość. Tą osobą był Dimitri Rebikoff.

Drugi okres w historii pojazdów – okres prototypów – rozpoczyna konstrukcja pojazdu ROV z 1953 roku zaproponowana przez Rebikoffa. W tym czasie pojazd to urządzenie, które początkowo co prawda stwarza swoim twórcom wiele kłopotów, ale jednocześnie gwałtownie się rozwija i udoskonala. Silniki adoptowane z wojskowych ciężarówek, zastępowane są specjalnie dla nich tworzonymi rozwiązaniami. Dość szybko powstają różne konstrukcje zamawiane przez rządy na potrzeby wojska. Technologia rozwija się w ośrodkach wojskowych lub przemysłowych, ale na zlecenie wojska i za jego pieniądze. Do roku 1970 następuje rozkwit technologii i jej przetransponowanie na środowisko cywilne, w tym roku powstaje pierwszy komercyjny przedsiębiorca, który oferuje pojazdy w sprzedaży. Jest to jednocześnie pierwszy rok trzeciego okresu rozwoju – okres pierwszego podziału.

Okres pierwszego podziału to czas, w którym technologia znacznie się rozwinęła, ale na skutek zawirowań gospodarczych producenci zostali zmuszeni do poszukiwania tanich i jednocześnie solidnych rozwiązań. Walka o zmniejszenie kosztów produkcji doprowadza do stworzenia nowej gamy konstrukcji, która cechuje się niezwykle jak na tamte czasy niską ceną. W ten sposób po raz pierwszy następuje naturalny podział pojazdów ROV na pojazdy tanie (LCROV) oraz robocze (WCROV). Jednocześnie technologia ta zaczęła wchodzić na niedostępne dotychczas dla siebie rynki. Znalazła szereg zastosowań na akwenach śródlądowych i nowych zastosowań pozamilitarnych na morzu. Rok, w którym na rynku pojawiły się pojazdy Benthos MK I i Phantom to rok zamykający ten okres rozwoju.



Rys. 23. Okresy rozwojowe techniki ROV.

Od 1984 roku rozpoczyna się kolejny dział rozwoju pojazdów ROV – okres drugiego podziału. Jest to czas, gdy technologia osiąga dojrzałość, staje się powszechna i dociera do wielu użytkowników na wszystkich morzach i oceanach świata. Razem z nią wyrasta cała nowa gałąź przemysłu zajmująca się produkcją komponentów i całych pojazdów. Powstają firmy oferujące nie tylko pojazdy ale również usługi związane z ich wykorzystaniem. Powoli zbudowanie pojazdu ROV

przestaje być domeną wysoko wyspecjalizowanych ośrodków przemysłowo – naukowych. A niektóre konstrukcje są budowane przez studentów w ramach prac dyplomowych (Rys. 24). Rozwój elektroniki i automatyki doprowadza jednocześnie do postępującej miniaturyzacji, a ogromne zapotrzebowanie i efektywność w działaniu przynosi kolejny, drugi naturalny podział konstrukcji. W 1999 roku powstaje firma VideoRay, która oferuje całą rodzinę pojazdów pod tą samą nazwą. Klasa LCROV podzieliła się na pojazdy Mini, Micro i Compact. Obecnie jest to najliczniejsza eksploatowana grupa pojazdów na świecie. Pojazd ROV w ten sposób staje się urządzeniem powszechnie wykorzystywanym i tanim, a jego obecna cena jest mniejsza niż cena dobrej klasy samochodu, oczywiście dotyczy to pojazdów klasy Mini i Micro.

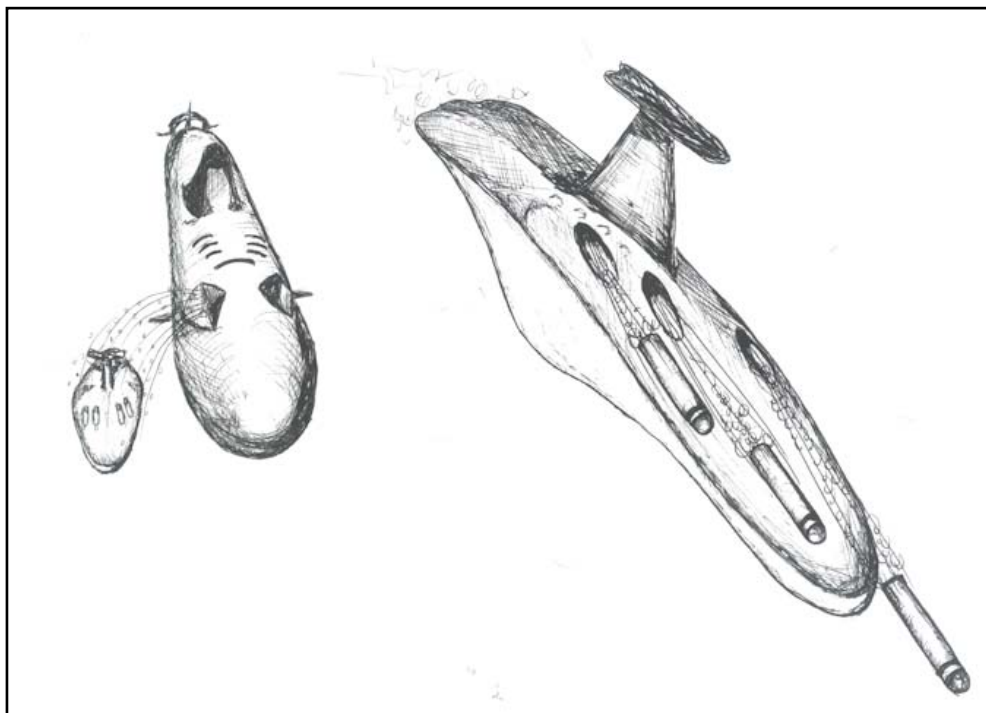


Rys. 24. Opracowany i zbudowany w ramach pracy magisterskiej na Wydziale Mechaniczno-Elektrycznym Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni pojazd MiniROV „Gammarus”

Rozwój techniki ROV był uzależniony od wielu czynników. Podstawowym było zapotrzebowanie i aktualny stan techniki, ale znaczny wpływ miały również uwarunkowania środowiskowe: kursy walut, rozwój gospodarczy i zapotrzebowanie na nowe źródła energii oraz ideologia związana z lokowaniem środków na wojskowe badania w ośrodkach przemysłowych w celu stymulacji rozwoju ekonomicznego państwa. Jakże prorocze były słowa Tesli, że pojazd okaże się „pożyteczny na wiele sposobów” i choć zgodnie z jego stwierdzeniem najważniejszą wartością pojazdu był jego wpływ na przemysł wojenny, to wspaniały serbski wynalazca pomylił się w jednym. Pojazd nie przyczynił się do „zapewnienia i utrzymania ciągłego pokoju między narodami” [42], choć wojsko początkowo nie zainteresowało się jego wynalazkiem, a Tesla jeszcze za życia miał okazję oglądać świat podczas dwóch najstraszniejszych wojen. To dopiero po zakończeniu tej drugiej technologia się rozwinęła. Jej wzrost był głównie związany z realizacją potrzeb w pierwszej kolejności wojskowych, potem przemysłowych a na końcu naukowo – badawczych, szczególnie w obszarze oceanotechniki operacyjnej, gdzie dziś pojazdy ROV prawie całkowicie wyparły już batyskafy.

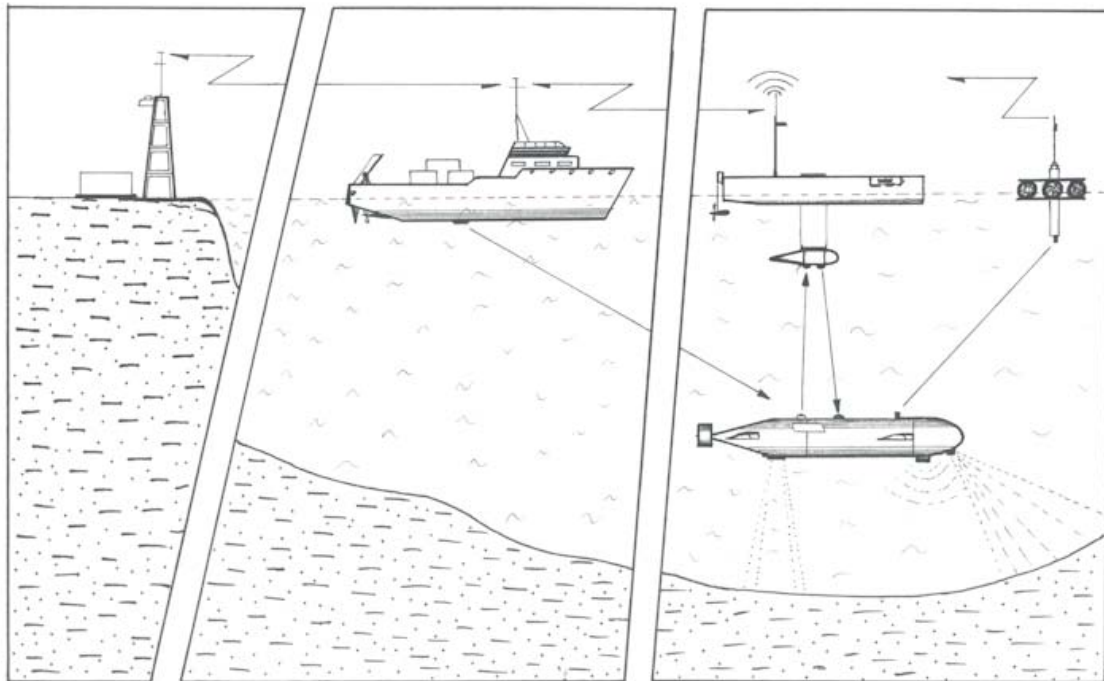
Technologia inspekcji podwodnej bez udziału nurków to obecnie najbardziej dynamicznie rozwijający się dział technologii prac podwodnych. W świecie prowadzi się liczne badania nad dalszym rozwojem i udoskonalaniem konstrukcji pojazdów, na przykład Woods Hole Oceanographic Institution realizuje program, którego efektem ma być nowa konstrukcja pojazdu. Z kolei Navy Underwater Warfare Center Division

proceeds program under the name Unmanned Undersea Vehicle Initiative, whose task is to develop requirements for vehicles for the purpose of building a prototype, taking into account low production costs and high load capacity. Conducted are also research using neural networks for identification of underwater objects, based on data from sonars mounted on ROV. Development of construction and dedication of these vehicles to anti-mine tasks contributed to the development of the EMDV – expendable mine disposal vehicle, i.e. a vehicle towed by a ship to the location of mine placement and its remote neutralization. Since 1990, a concept developed within the framework of the American project UUV (unmanned underwater vehicle) Main Plan for the use of autonomous underwater vehicles in support of military operations, especially ships and submarines, and the concept of conducting anti-mine operations from the deck of each ship (i.e. organic off board mine reconnaissance concept) [15]. In the first case, two types of tasks for an autonomous underwater vehicle are planned: Near Term – a closer task, i.e. protection of the immediate area of action of the underwater ship and Long – Term, i.e. a task further in range, 120 miles from the underwater ship, with the possibility of searching an area of 35-50 Mm² in a day. In the second case, the concept foresees the use of small-scale underwater vehicles cooperating with each type of ship, for the purpose of searching for mines at shallow and very shallow depths. The concept was verified in 2003 during operations of the Navy's Special Clearance Team during the inspection of the port of Umm Basr on the Al Faw peninsula and in the Tigris and Euphrates river, where the use of conventional anti-mine forces is ineffective. A technological revolution is foreseen by the American program for the development of a combat autonomous underwater vehicle („MANTA”). The vehicle is intended to be equipped with a series of sensors for mine detection and to be armed with four heavy torpedoes or eight light ones (fig. 25).



Rys. 25. Pojazd AUV „manta” wykonujący zadanie bliższe (Near Term) we współpracy z okrętem podwodnym (rys. M. Kozak na podstawie [15]).

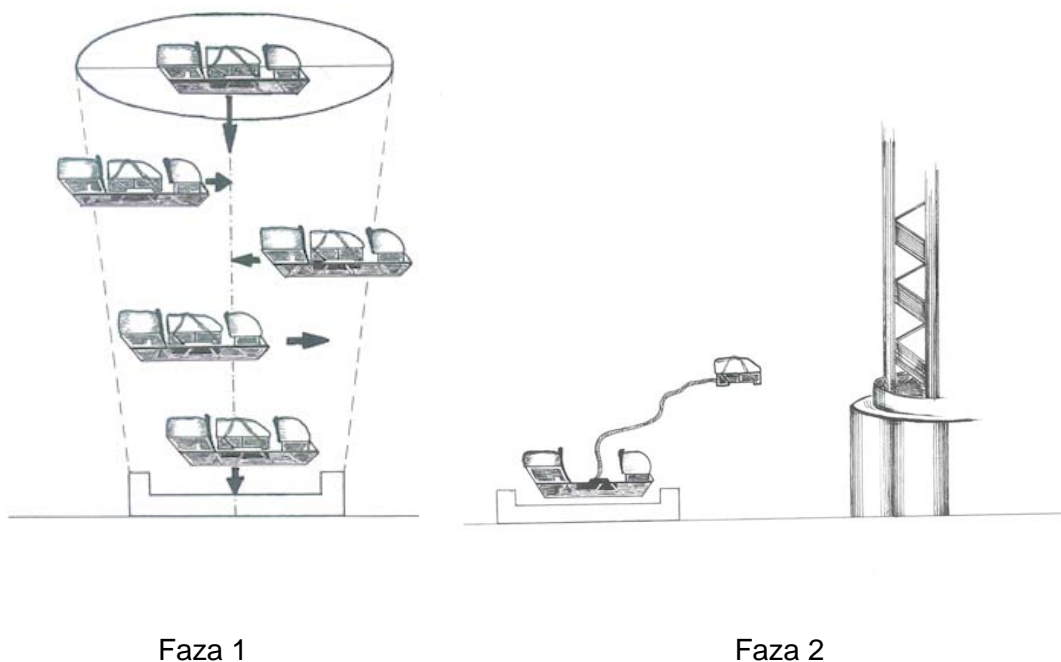
Inne programy badawcze realizowane w USA to na przykład: „Columbus” – poszukiwanie i zbieranie danych na dużych obszarach przybrzeżnych przed desantowaniem wojsk własnych, rozminowanie za pomocą dennych robotów kroczących (np. konstrukcja „Robo-Lobster”), „Palace” – rozpoznawanie oceanograficzne na dużych obszarach za pomocą dryfujących w prądzie morskim autonomicznych jednostek głębinowych desantowanych z samolotu, „Sahrv” – rozpoznawanie hydrograficzne w strefie przybrzeżnej za pomocą półautonomicznej jednostki głębinowej współpracującej z bezzałogową autonomiczną jednostką powierzchniową, oraz przykładowo program „Swarm” – szybkie rozpoznawanie dużego akwenu o małej głębokości w poszukiwaniu min za pomocą masowego wykorzystania desantowanych z samolotu małogabarytowych pojazdów autonomicznych. W Unii Europejskiej prowadzonych jest obecnie około 60 programów naukowych w obszarze bezzałogowych platform podwodnych. Jednym z nich jest program, którego celem jest opracowanie zdalnie sterowanego robota przeznaczonego do czyszczenia kadłubów jednostek pływających („HISMAR”).



Rys. 26. Pomysł realizowany w ramach projektu „ASIMOV” (w dużym stopniu nawiązuje do propozycji N. Tesli z 1898 roku) (rys. M. Kozak za zgodą prof. A. Pascoual z Instituto Superior Technico w Lizbonie).

Celem projektu jest opracowanie urządzenia zdalnie sterowanego, które mogłoby wykonywać czyszczenie kadłuba z porostów pod wodą bez konieczności dokowania zgodnie z obowiązującymi w UE przepisami i w sposób ekonomicznie akceptowalny [7]. Podobnych programów jest więcej: AHMV (US Navy), SCAMP (Us Navy), CleanHull (Norwegia), DNV-Oceaneering (projekt amerykańsko – norweski), Aurora (projekt UE FP5). W projektach tych proponowane są rozwiązania napędów elektromagnetycznych lub pędników strumieniowych dociskających robot do kadłuba. Pozycjonowanie względem czyszczonej jednostki jest realizowane w oparciu o dokładną budowę jej kadłuba gdzie robot rozpoznaje strukturę na podstawie wprowadzonych danych o rozmieszczeniu wręg i innych elementów nośnych

konstrukcji. Kolejny program realizowany w UE to na przykład „Asimov” (Rys. 26) – rozpoznanie akwenu przy pomocy podwodnej półautonomicznej jednostki głębinowej sterowanej wiązką hydroakustyczną przez bezzałogową autonomiczną jednostkę powierzchniową z możliwością radiowego przekazywania informacji do różnych użytkowników lub program „Swimmer” – którego celem jest opracowanie jednostki hybrydowej – pojazd autonomiczny transferuje pojazd typu ROV na podwodne stanowisko pracy przykładowo w strukturze pola naftowego, gdzie dokuje za pomocą naprowadzania hydroakustycznego na przygotowany wcześniej garaż podwodny połączony kabloliną z powierzchniowym stanowiskiem sterowania pojazdem ROV (Rys. 27) [2]. Po zadokowaniu następuje połączenie ROV z stanowiskiem kierowania, wypłynięcie pojazdu z nosiciela i wykonanie zadania w sposób zdalnie sterowany. Firma SAAB ze Szwecji prowadzi natomiast program, którego celem jest zbudowanie pojazdu modułowego zabezpieczającego zarówno obserwację podwodną jak i nawodną poprzez wysunięcie peryskopu. Generalnie oceniając starania ośrodków naukowych na świecie można stwierdzić, że obecne wysiłki badaczy zmierzają w kierunku uzyskania jak najmniejszych gabarytów pojazdów, jak największej autonomiczności, modułowej budowy a co za tym idzie wielozadaniowości i obniżenia kosztów do 100 dolarów za 0,5 kg masy pojazdu.



Rys. 27. Pojazd hybrydowy „SWIMMER”. Faza 1 – zanurzenie i dokowanie do podwodnego garażu pojazdu nosiciela typu AUV przy pomocy hydroakustycznego systemu nawigacji (pojazd autonomiczny), Faza 2 – wykonanie zadania inspekcyjnego przez pojazd typu ROV (rys. M.Kozak na podstawie [2]).

Prezentowany w obydwu artykułach materiał to w pewien sposób materiał „*in statu praesenti*”, jest to część monografii przygotowywanej do druku. Na przykład, w obecnym kształcie nie zawiera w ogóle informacji na temat tego jak rozwijała się ta dziedzina w Polsce. Ta część materiału jest dopiero w opracowaniu. Ponadto, niektóre kwestie związane z historią techniki ROV wymagają jeszcze dalszych ustaleń. Chociażby wyjaśnienia wymaga pytanie, dlaczego US Navy mając do dyspozycji

w roku 1966 obok pojazdu CURV-1 system TONGS, nie wykorzystala go podczas podejmowania zatopionej bomby w okolicach Palomares? I dlaczego rozwijala równolegle dwa tak różne systemy wydobywania zatopionych obiektów. Inne zamglone w chwili obecnej zagadnienie to historia brytyjskiego pojazdu „Cutlet”. Dopiero w roku 2005 do Royal Navy Submarine Museum w Gosport trafiły dokumenty związane z tym pojazdem. Przyniósł je Frank Smith, podoficer i mechanik uzbrojenia, który zajmował się tym pojazdem w latach osiemdziesiątych. Jest to przypadek o tyle interesujący, że prawdopodobnie pojazd został wyprodukowany w latach pięćdziesiątych XX wieku. Jeżeli miało to miejsce przed rokiem 1958, to pierwszy wojskowy ROV nie został opracowany w USA, a jeśli Brytyjczycy rozpoczęli nad nim pracę przed rokiem 1953, tuż po akcji na wraku okrętu HMS „Affray” to jest to w ogóle pierwszy pojazd ROV. A takie ustalenia wywróciłyby dotychczasowe poglądy na ten temat. Autor obecnie oczekuje na kopie dokumentów przyniesionych do muzeum przez F. Smith’a.

PODZIĘKOWANIA

Powyższy materiał nie powstałby bez przychylności i życzliwości oraz wydatnej pomocy wielu osób, którym autor składa niniejszym podziękowania. Szczególnie wyrazy wdzięczności autor kieruje do Stephen’a Burke, który w jego imieniu przeszukiwał archiwum Royal Navy Submarine Museum, w ogólnie niedostępnym katalogu, wśród danych udostępnianych badaczom na życzenie. W tym miejscu należy również podziękować Panu Gorge’owi A. Malcolmson’owi, archiwście z tegoż muzeum, który pozwolił na te poszukiwania i udostępnił materiały, dodatkowo wskazując na odpowiednie publikacje z pierwszej połowy lat 50-tych. Osobne wyrazy podziękowania autor kieruje do Diane Lewis z U.S. Patent and Trademark Office w Alexandrii za pomoc w uzyskaniu dostępu do patentu N. Tesli i pozwolenie na przeszukanie bazy danych o patentach od roku 1790 oraz naukę poruszania się w tym zasobie informacji. Natomiast bez pomocy tłumacza Aleksandry Figas-Dziecielskiej autor nie poradziłby sobie z archaicznym językiem angielskim z drugiej połowy XIX wieku. Bardzo pomocny okazał się również Joachim Jakobsen z Fundacji Rebikoff-Niggeler z Portugalii, dzięki któremu autor uzyskał dostęp do opisu i fotografii pojazdu D. Rebikoffa, ale niestety bez zgody na publikację w tym artykule. W uzyskaniu opisu i danych technicznych tego pojazdu pomoc okazała również Karina Kowalska z Muzeum Nurkowania w Warszawie, która na prośbę autora odszukała odpowiednią publikację. A Monika Kozak wykonała rysunki, tam gdzie dostępne były jedynie opisy lub nie było zgody na publikację oryginałów. Podziękowania należą się również współpracownikowi Pawłowi Stoltmannowi, który w przypadku tej pracy spełniał niejako rolę osobistego sekretarza.

PIŚMIENNICTWO

1. Christ R.D., Wernli Sr. R.L.: “The ROV manual a user guide for observation class remotely operated vehicles” Wyd. Elsevier 2007 rok ISBN 978-0-7506-8148-3, str. 308,
2. Evans J.: “Swimmer deployment AUV for Workclass ROVs” Oceans System Laboratory, Heriot-Watt University Wielka Brytania, Referat na 1st Leric International Winter School on Marine Technologies, Leric 2002 rok,
3. Given D.: „Low-cost remotely operated vehicles 1989 – 1990” Windate Enterprises, Inc. California USA 1990 rok,
4. Graczyk T.: „Zagadnienia projektowania na przykładzie bezzałogowych pojazdów podwodnych” Politechnika Poznańska Rozprawy Nr 421, Poznań 2008 rok, ISSN 0551-6528,

5. Ястребов В.С.; Армишев С.В.: „Алгоритмы адаптивного движения подводного работа” Akademia Nauk ZSRR Instytut Oceanologii im. П.П. Ширшова Moskwa Wyd. „Nauka” 1988 rok ISBN 5-02-006596-X,
6. Jastrzębski A.: „Model układu napędowego pojazdu podwodnego” WSMW Gdynia 1988 rok, praca pod kierownictwem A. Wilińskiego, Gdynia 1988 rok,
7. Narewski M.: “Porównanie możliwości urządzeń zdalnie sterowanych oraz nurków w aspekcie efektywnego czyszczenia pod wodą kadłubów statków” Biuletyn PTMiTH Nr 14 2008 rok, str. 22 – 23,
8. Parmanov A.A.: “Methods and instruments of the modern ocean research” Experimental Desing Bureau of Oceanological Engineering Moskwa 2007 rok,
9. Praca zbiorowa: „Exploration of the seas” Wyd. National Academic Press, USA 2003 rok, ISBN 0-309-08927-1,
10. Praca zbiorowa pod red. Wagner J.R.: „2000/2001 Worldwide survey of work class ROV operators” Offshore Magazine Poster Nr 20 Grudzień 2000 rok,
11. Praca zbiorowa: „Remotely operated vehicles of the Word VII Edition” Wyd. Clarkson Research Services Ltd. USA 2007 rok, ISBN 1-902157-75-3,
12. Praca zbiorowa: „Remotely operated vehicles of the Word VIII Edition” Wyd. Clarkson Research Services Ltd. USA 2009 rok, ISBN 978-1-903352-83-0,
13. Praca zbiorowa pod kierownictwem Wojnowski Wł.: „Analiza techniczno-ekonomiczna aparatów głębinowych” WSMW Gdynia 1980 rok,
14. Praca zbiorowa: „Code of pracice for the Safe and Efficient Operation of remotely operated vehicle” IMCA 1997 rok,
15. Praca zbiorowa „The Navy Unmanned Undersea Vehicle Master Plan” US Navy 2001 rok,
16. Rowiński L.: „Metodyka projektowania urządzeń zanurzalnych na etapie koncepcji przy zastosowaniu technik komputerowych” Zeszyty Naukowe Politechniki gdańskiej Budownictwo Okrętowe Nr LIX, Gdańsk 1993 rok,
17. Wiliński A., Wróbel R.: „Miniaturowe zdalnie sterowane pojazdy głębinowe” Instytut Okrętowy Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1990 rok, publikacja z cyklu „Technologia Prac Podwodnych’ pod red. L. Bednarskiego,
18. Rowiński L.: „Technika głębinowa – pojazdy głębinowe, budowa i wyposażenie” Wyd. Przedsiębiorstwo Prywatne WiB Gdańsk 2008 rok, ISBN 978-83-928007-0-5,

Autor:

kmdr por. dr inż. Adam Olejnik

Jest adiunktem w Zakładzie Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni. Zajmuje się diagnostyką techniczną obiektów podwodnych metodami wizyjnymi, poszukiwaniem i identyfikacją obiektów podwodnych za pomocą pojazdów zdalnie sterowanych oraz eksploatacją systemów hiperbarycznych i pojazdów głębinowych.