

Podwodne akustyczne pomiary geodezyjne i topograficzne

Geodezja morska – a co to takiego?



Choć w geodezji wiele mówi się o: batymetrycznych pomiarach podwodnych, sonarowym skanowaniu dna czy tworzeniu map i przekrojów osadów dennych rzek, to wszystkie te zagadnienia odnoszą się do pracy hydrografa. Mało kto zdaje sobie jednak sprawę, że geodeci z krwi i kości również są potrzebni na morzu.

Ewelina Jankowska

O becne wydobycie złóż naturalnych w sektorze górnictwa morskiego (*offshore mining*) odbywa się na głębokościach tak znacznych, że zatrudnienie nurków do wszelkich prac naprawczych lub instalacyjnych jest niemożliwe ze względu na zbyt duże ryzyko utraty życia. Wykorzystuje się do tego specjalne roboty podwodne przystosowane do pracy w głębinach. Pojawia się jednak wówczas problem stałego monitorowania pozycji robota pod wodą.

Geodeta na morzu, nazywany *offshore surveyor*, jest osobą odpowiedzialną za

pomiary podwodne oraz za kalibrację systemów pozycjonowania podwodnego. Aby precyzyjnie monitorować pracę urządzeń znajdujących się pod wodą, na dnie morza zakłada się specjalne sieci nadajników hydroakustycznych, które poprzez odpowiednią częstotliwość łączą się z nadajnikiem na statku i robotem poruszającym się w toni. Systemy są na tyle precyzyjne, że pozwalają wykonywać np. operacje spawania podwodnego na głębokości 2000 m.

• Roboty podwodne i ich zastosowanie

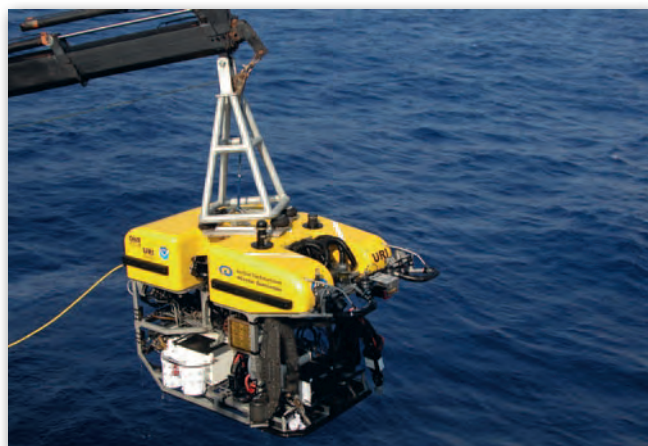
Ze względu na sposób współpracy i komunikacji wyróżnia się zasadniczo dwa typy robotów podwodnych: autono-

miczne (Autonomus Underwater Vehicle, AUV – rys. 1) i zdalnie sterowane (Remote Operated Vehicle, ROV – rys. 2). Różnica polega na tym, że ROV jest sterowany przez operatora, który znajduje się na statku. Dzięki kablolinii łączącej komputer z robotem pozyskane dane (np. sonarowe, z kamery lub inne) odtwarzane są w czasie rzeczywistym, co pozwala na wykonywanie prac instalacyjno-naprawczych, a operator ma możliwość szybkiej reakcji poprzez dynamiczną komunikację z robotem.

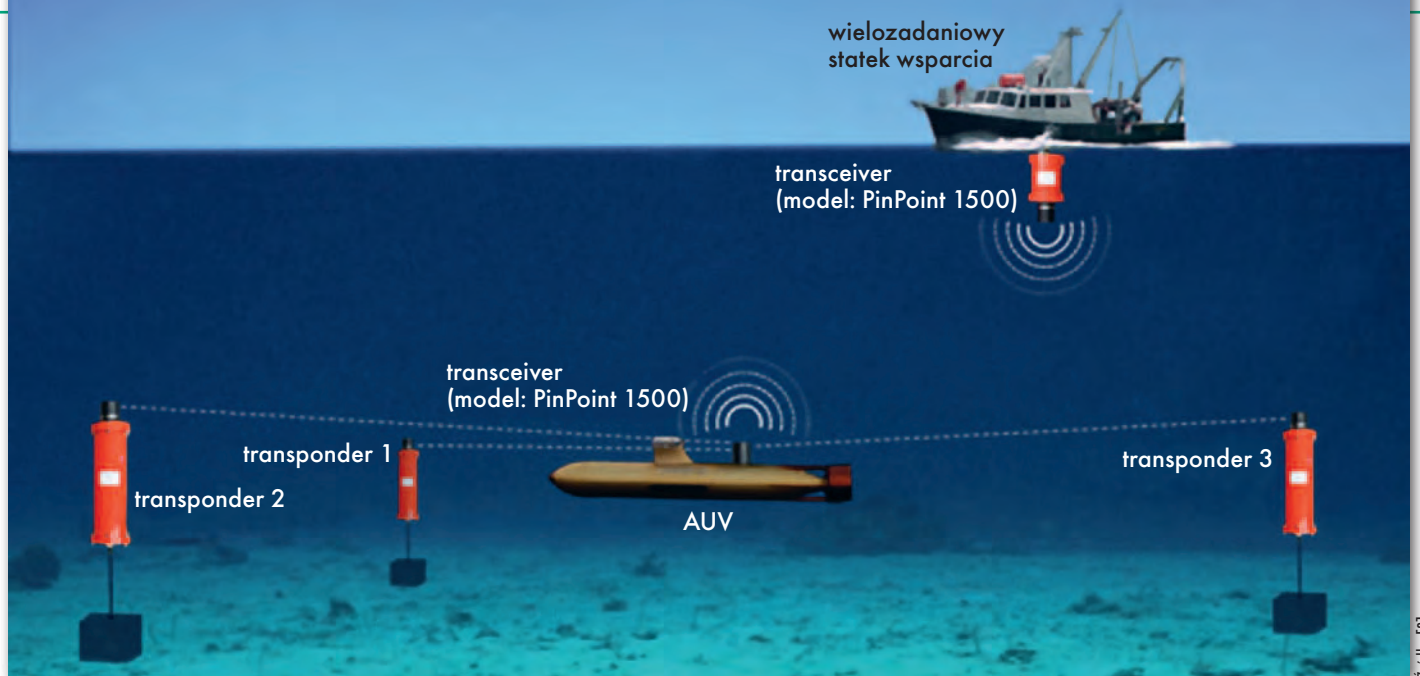
Z kolei AUV zostaje zaprogramowany i dzięki pojemnym bateriom (głównie ogniwa fotowoltaiczne) może poruszać się pod wodą i zbierać niezbędne infor-



Rys. 1. Robot AUV wynurza się z wody



Rys. 2. Zanurzenie robota ROV podczas pomiarów



Rys. 3. Podstawowe składniki systemu pozycjonowania podwodnego dla AUV na podstawie systemu LinkQuest's PinPoint

macje nawet przez kilka miesięcy, po czym wraca w określone miejsce, gdzie operator może ściągnąć dane na dysk komputera. Coraz bardziej popularne staje się przesyłanie danych z robotów AUV na statek drogą radiową w trakcie wykonywania operacji. Jest to możliwe wówczas, gdy robot wynurza się, aby skorygować pozycję GPS.

Zastosowanie robotów podwodnych w przemyśle morskim dotyczy między innymi:

- inwentaryzacji obiektów hydrotechnicznych,
- prac instalacyjnych i naprawczych obiektów hydrotechnicznych,
- zbierania danych do celów naukowych dla potrzeb oceanografii i geologii,
- tworzenia map dna oraz pobierania próbek osadów (tzw. sondy rdzeniowe),
- poszukiwania złóż ropy i gazu.

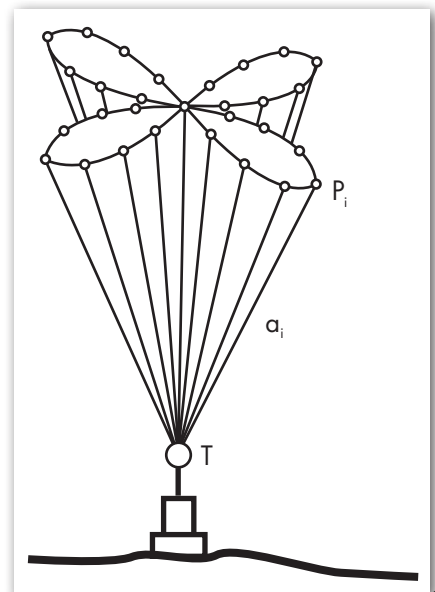
• Zasada działania systemów pozycjonowania podwodnego

Do precyzyjnego monitorowania ruchu robota pod wodą stosuje się systemy pozycjonowania podwodnego (rys. 3). Mimo różnic w wykorzystywanych technologiach podstawowa specjalistyczna terminologia dotycząca pozycjonowania podwodnego obejmuje:

- **transceiver** – montowany pod kadłubem statku nadajnik-odbiornik dźwięku emitujący sygnały hydroakustyczne,
- **transponder** – specjalnie opuszczany na dno nadajnik-odbiornik dźwięku tworzący podwodną sieć geodezyjną,
- **pinger** – nadajnik zazwyczaj montowany na robotach podwodnych, którego zadaniem jest emitowanie sygnałów o znanej, stałej częstotliwości.

Statkom pracującym w sektorze *off-shore* – nazywanym w języku branżowym *survey vessel* – montuje się pod kadłubem nadajnik-odbiornik dźwięku (transceivery). Zazwyczaj już w stoczni instaluje się je na specjalnej platformie z wysięgnikiem, więc w specyfikacji statku powinna być ujęta dokładna pozycja nadajnika wyznaczona z geodezyjną precyzją. Czasami jednak nadajniki te montowane są na zanurzalnych masztach i wówczas przy każdorazowym wykorzystaniu i opuszczeniu nadajnika należy określić jego pozycję tachimetrem. Problemem jest wyznaczenie pozycji głowicy transceivera zanurzonego na pewną głębokość. Obecnie statki pozycjonowane są za pomocą technik satelitarnych. Znając pozycję statku (dokładniej: odbiornika satelitarnego), geodeta jest w stanie wyznaczyć przemieszczenie nadajnika dźwięku, co w konsekwencji przekłada się na pozycję głowicy transceivera. Do oprogramowania obsługującego system zwykle wystarczy wpisać odległości wyznaczone podczas kalibracji, a wówczas pozycja transceivera jest automatycznie przeliczana z dokładnością zgodną z zastosowaną technologią pozycjonowania satelitarnego.

O ile na lądzie coraz częściej do pomiarów geodezyjnych wykorzystuje się GPS lub GLONASS, o tyle na morzu musi istnieć dodatkowy system dokładniej określający pozycję pod wodą. Wyobraźmy sobie robota, który ma spawać nogi platformy na głębokości kilkuset metrów. Gdyby praca systemu oparta była tylko na GNSS, to przy dobrej pogodzie można by śmiało mówić o błędach od kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów, ale w przypadku większego falowania



Rys. 4. Wyznaczenie położenia transpondera: T – transponder, a_i – długości pomierzone dalmierzem ultradźwiękowym, P_i – punkty GPS

mogą to być nawet błędy kilkumetrowe. Dlatego w przypadku stosowania systemów z wykorzystaniem transponderów (podwodnej sieci geodezyjnej) nawigatorzy stosują dodatkowy system DP (*dynamic positioning* – system pozycjonowania dynamicznego), który pozwala na korekcję pozycji statku, utrzymując stały kurs np. podczas pobierania z dna surowców naturalnych. Wówczas nie można sobie pozwolić na rozbieżność z pozycją stałą. Zadaniem nawigatora jest więc utrzymanie jej, natomiast zadaniem geodety – operowanie systemem pod wodą.

Kolejnym elementem systemu pozycjonowania podwodnego są nadajnik-odbiorniki dźwięku – transpodery (rys. 4),

Tab. 1. Podział systemów pozycjonowania podwodnego ze względu na długości linii bazowych

	LBL	SBL	USBL
Długość linii bazowych [m] (odległości między transponderami)	10-6000	10-50	< 10
Dokładność [%] (% zależny od głębokości)	0,2-0,5	< 5	0,2-0,5
Głębokość [m]	< 500	< 1000	> 1000

Źródło: [5]

które rozmieszcza się na dnie w taki sposób, aby tworzyły sieć. Można zaryzykować stwierdzenie, że jest to podwodna osnowa XYZ. Aby odpowiednio się zlokalizować, transpondery mają możliwość wysyłania między sobą sygnałów hydroakustycznych (*pingów*). Należy pamiętać, że podczas wykonywania

operacji z zastosowaniem systemów pozycjonowania podwodnego często wykorzystuje się wiele sieci rozmieszczonych obok siebie lub nawet przecinających się. Dlatego zasadą jest stosowanie tylko jednej częstotliwości sygnału do jednego systemu. Ułatwia to pracę, a także oszczędza czas i zmniejsza po-

Pozostał do omówienia trzeci element systemu – robot podwodny, który ma zamontowany nadajnik (*ping*) emitujący co pewien założony okres czasu sygnał o znanej i stałej częstotliwości. Jeżeli transpondery łączą się za pomocą sygnału akustycznego z transceiverem, ten nie ma problemu z lokalizowaniem robota w ramach sieci. To tak, jakby robot wołał w wodzie: „Hej transceiver, jestem robotem, namierz mnie”.

Podsumowując, gdy robot porusza się wewnątrz sieci (czyli znajduje się w granicy rozmieszczenia transponderów), za pomocą nadajnika zamontowanego na kadłubie statku można go śledzić i wyznaczyć pozycję na podstawie znanych współrzędnych położenia transponderów na dnie.

• Rodzaje systemów pozycjonowania podwodnego

W zależności od odległości rozmieszczenia transponderów na dnie wyróżnia się zasadniczo trzy rodzaje systemów (tab. 1):

- LBL – Long BaseLine – system długiej linii bazowej,
- SBL – Short BaseLine – system krótkiej linii bazowej,
- USBL – Ultrashort BaseLine – system ultrakrótkiej linii bazowej.

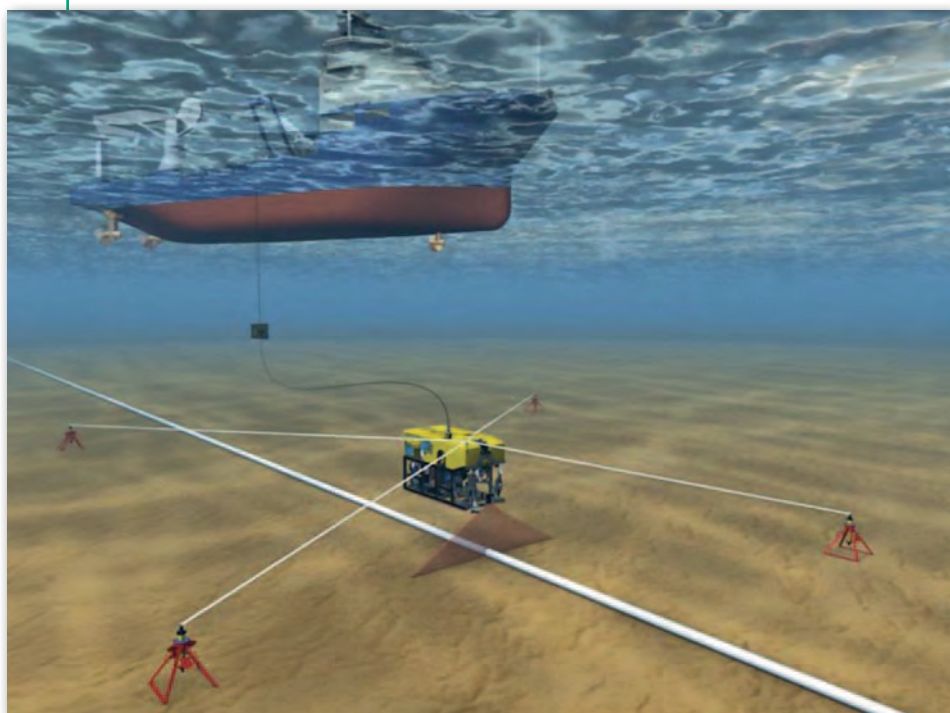
Coraz częściej spotyka się także systemy kombinowane [5], czyli:

- LUSBL – Long and Ultrashort BaseLine,
- LSBL – Long and Short BaseLine,
- SUSBL – Short and Ultrashort BaseLine,
- LSUSBL – Long, Short and Ultrashort BaseLine.

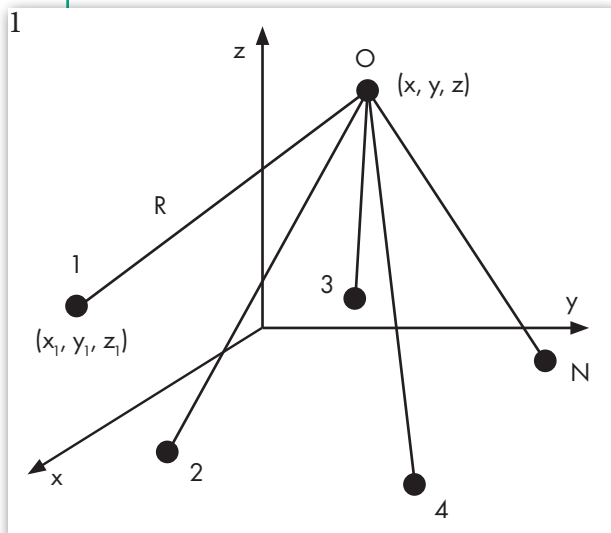
System pozycjonowania **LBL** (rys. 5) składa się z jednego nadajnika i co najmniej trzech transponderów:

- przed rozpoczęciem prac należy ustawić transpondery na dnie i odpowiednio skalibrować system,
- transceiver wysyła ping do każdego transpondera,
- mierzony jest czas potrzebny wiązce na dotarcie do transpondera i powrót do nadajnika,
- gdy znane są wszystkie odległości (czyli również pozycje), można śledzić w granicach sieci obiekt, który emituje sygnały o stałej, znanej dla systemu częstotliwości.

Sposób wyznaczania pozycji w metodzie LBL przedstawiono na rysunku 6. Znajduje się tam obiekt O w jakiejś nieznannej lokalizacji (x, y, z) , a także pewna liczba (N) czujników referencyjnych rozmieszczonych na znanych pozycjach (x_i, y_i, z_i) . Celem jest oszacowanie niezna-



Rys. 5. System LBL (Long BaseLine – długiej linii bazowej)

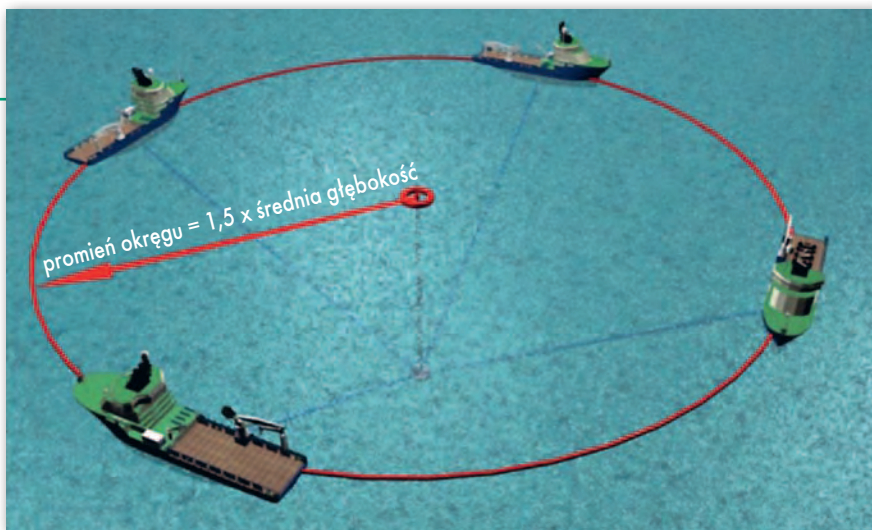


Rys. 6. Wyznaczanie pozycji w metodzie LBL

datność sieci na ewentualne błędy i zakłócenia.

Znając pozycję transceivera, operator jest w stanie wyznaczyć pozycję transponderów na dnie, komunikując się po kolei z każdym z nich. Droga, jaką pokona sygnał hydroakustyczny od przetwornika głowicy transceivera do transpondera i z powrotem, oraz kierunek, z jakiego przybędzie sygnał, umożliwią obliczenie pozycji konkretnego transpondera (poprzez wielokrotne wcięcie wprzód). Oczywiście jest to model ogólny, a praktyka pokazuje, że ilu producentów, tyle możliwości.

Źródło: [6]



Źródło: [5]

Rys. 7. Metoda kalibracji typu box-in systemu LBL

nej lokalizacji obiektu z wykorzystaniem pomiarów czasowych impulsów rozchodzących się między obiektami a czujnikami referencyjnymi.

Kalibracja systemu LBL metodą *box-in* odbywa się z pokładu statku (rys. 7). Pierwszy transponder zrzuca się do wody, a następnie nawigator zatacza statkiem zazwyczaj okrąg wokół transpondera (czasami inną figurę 360°). Bardzo ważne jest, aby utrzymać stałą prędkość i kurs statku. W tym czasie operator systemu wysyła za pomocą transceivera do transpondera sygnały o stałej częstotliwości. W ten sposób powstaje kilkaset lub kilkadziesiąt tysięcy punktów (w zależności od liczby wysłanych wiązek), czyli pozycji transpondera. Należy pamiętać, że podczas przemieszczania się statek ulega ruchom ze względu na falowanie, prądy morskie itd. W przypadku metody *box-in* wystarczający do ich kompensacji jest sensor ruchu (Motion Sensor Unit, MSU), który pozwala uzyskać poprawkę na ruchy statku.

Na rysunku 8 pokazano błędy, z jakimi spotykają się w pracy hydrografowie i geodeci morscy. Błędy te nie odnoszą się tylko do pozycjonowania podwodnego, ponieważ każdy statek pracujący na morzu jest poddawany oddziaływaniom środowiska morskiego oraz towarzyszącym mu procesom hydrometeorologicznym. Jednakże dla statku wymagającego bezwzględnie stałej pozycji lub pozycji precyzyjnej błędy te są zasadnicze, a wygenerowane poprawki umożliwiają sprawne działanie systemów hydroakustycznych – w tym systemów pozycjonowania podwodnego.

Następnie na podstawie specjalnych algorytmów zastosowanych w oprogramowaniu systemu oblicza się pozycję pierwszego transpondera metodą USBL, zazwyczaj wyrównując sieć metodą najmniejszych kwadratów. Następnie na dno zrzuca się kolejne transpondery, te

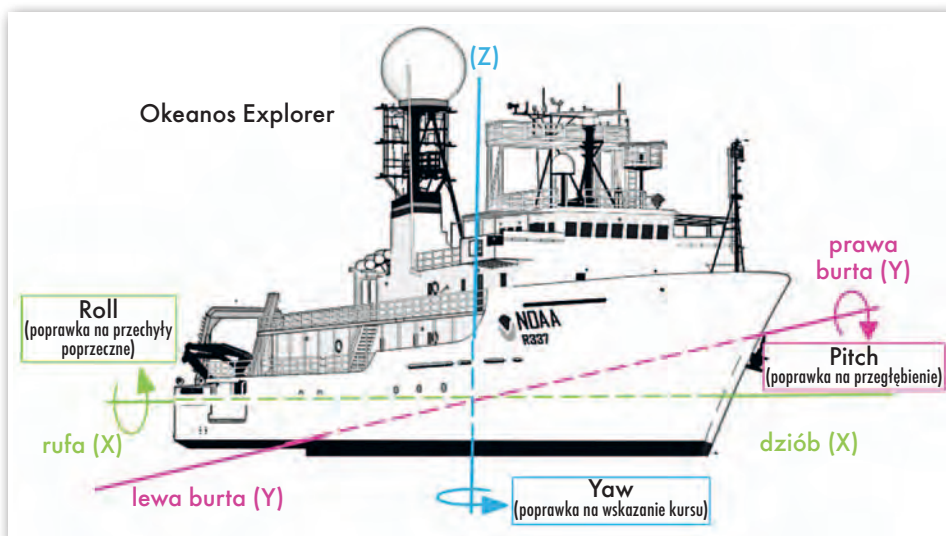
Rys. 9. System SBL (Short BaseLine – krótkiej linii bazowej)

jednak łączą się już z tym pierwszym za pomocą samej akustyki – nie jest wymagane wykonywanie kolejnego okrążenia przez statek. Znając pozycję pierwszego transpondera, pozycje kolejnych możemy obliczyć z przesunięcia. Transceiver

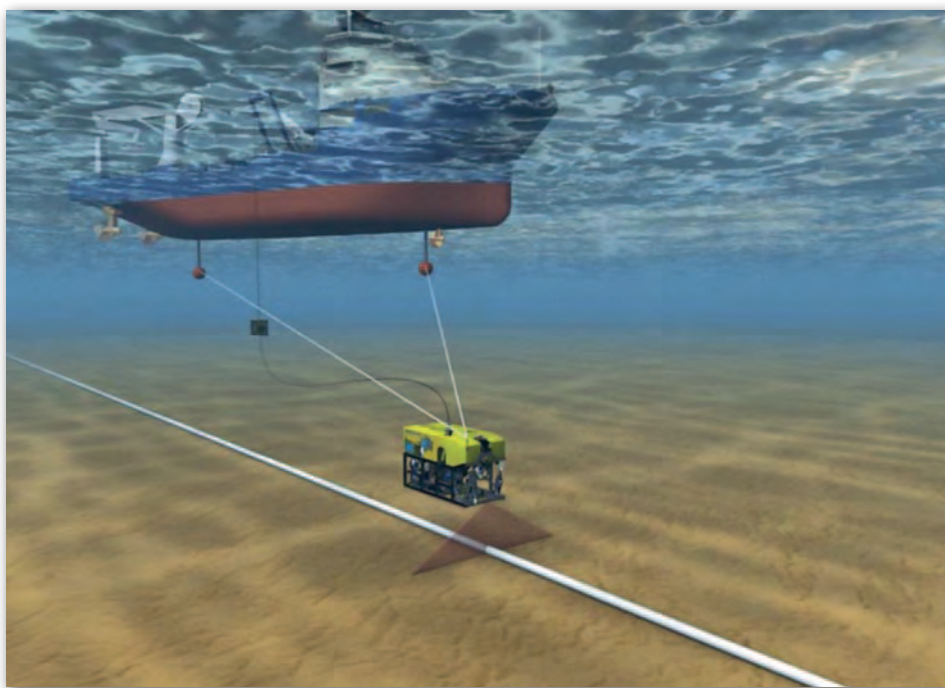
emituje sygnał do sieci, po czym każdy z transponderów odpowiada takim samym sygnałem, które transceiver zbiera – każdy dociera w innym czasie, ponieważ musi pokonać różną drogę. Sygnał z nadajnika znajdującego się najbliżej głowicy przetwornika dotrze do niego najszybciej. Tak więc znając odległość i czas oraz dokładną pozycję jednego transpondera, operator jest w stanie obliczyć pozycję każdego nadajniko-odbiornika.

System pozycjonowania SBL (rys. 9) nie wymaga montowania na dnie transponderów:

- niezbędne są natomiast przynajmniej trzy transceivery montowane pod kadłubem jednostki oraz pinger zamontowany na obiekcie śledzonym,
- system zapewnia możliwość określenia pozycji 3D obiektu śledzonego (namiar, odległość, głębokość zanurzenia).

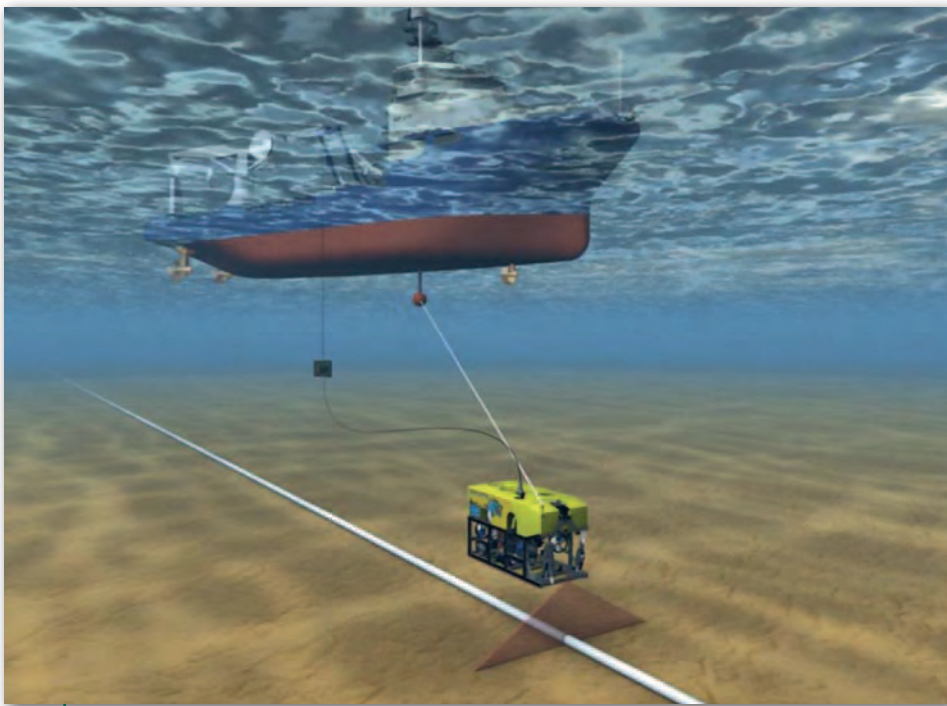


Rys. 8. Błędy zewnętrzne ze względu na ruch statku



Źródło: <http://oceanexplorer.noaa.gov/oceanexplorations/ex1300/medial/panties-poster.pdf>

Źródło: [5]



Rys. 10. System USBL (Ultrashort Baseline - ultrakrótkiej linii bazowej)

Tab. 2. Instrumenty wspomagające pracę systemu USBL

Acoustic Unit	<ul style="list-style-type: none"> •transceiver kadłubowy •transponder podwodny •urządzenie kontroli i wyświetlania dla operatora
Heading Reference Unit	<ul style="list-style-type: none"> •żyrokompas •LRG lub FOG •RTK GPS
Vertical Reference Unit	<ul style="list-style-type: none"> •pitch •roll

Źródło: [7]

System USBL (rys. 10) jest podobny do systemu SBL, a pozycjonowanie polega na pomiarze odległości pomiędzy transceiverem a transponderem oraz określeniu kierunku, z którego pochodzi sygnał:

- transceiver wysyła wyzwalający sygnał akustyczny o wysokiej częstotliwości, a następnie odbiera odpowiedź z transpondera,

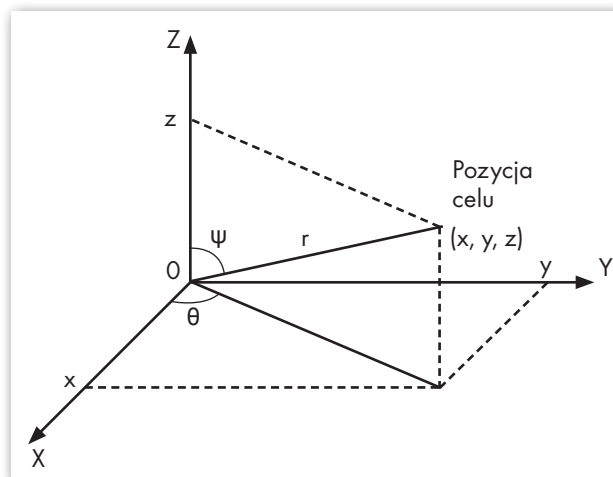
- transceiver zbudowany jest z wielu przetworników nadawczo-odbiorczych umieszczonych w dolnej części głowicy, sygnał akustyczny dociera do poszczególnych elementów głowicy w różnym czasie, odstępy czasowe stanowią podstawę do określenia kierunku źródła sygnału,

- zazwyczaj stosuje się jeden transceiver i jeden transponder (który w tym przypadku jest pingerem).

Należy pamiętać, że w przypadku podstawowego USBL użytkownik nie otrzymuje redundancji danych. Proces jest dynamiczny i złożony z sześciu połączonych ze sobą obserwacji. Mimo szeroko uznawanej niezawodności i niezwykłej skuteczności USBL operator powinien być czujny i nie zapominać o zastrzeżeniach systemowych. Tylko wtedy otrzymuje się gwarancję prawidłowej

wydajności i niezawodności. Znajomość systemu oraz doświadczenie gwarantują zrozumienie potencjalnych źródeł błędów (przypadkowych i stałych), zmniejszając tym samym zagrożenie wystąpieniem błędów kalibracji i późniejszego użytkowania systemu. Końcowe akustyczne przetworzenie wyniku pozycjonowania podwodnego wymaga w metodzie USBL dokonania sześciu oddzielnych pomiarów rzeczywistych, które są połączone w czasie, a pochodzą z trzech różnych urządzeń (tab. 2). W tym przypadku niezbędna jest wiedza na temat średnich wartości wykonywanych profili prędkości dźwięku w wodzie, w których zostały wykonywane wcześniejsze pomiary [8]. Rodzaje urządzeń wykorzystywanych do pomiarów rzeczywistych podczas pracy systemu USBL ujęto w tabeli 2.

W przypadku techniki USBL (w odróżnieniu od LBL) dwie obserwacje zakresu i kierunku oznaczają, że nie jest możliwe wygenerowanie danych statystycznych błędów nadmiarowych obserwacji



Rys. 11. Pomiar kąta i odległości w metodzie USBL

Źródło: [6]

(redundancja danych). W wyniku tych ograniczeń USBL jest stosowany w połączeniu z Heading Sensor (urządzenia do odniesienia pozycji), aby utrzymać dokładność pozycjonowania. Współrzędne absolutne transpondera mogą być obliczane tylko wtedy, gdy system jest w stałej łączności z GNNS.

Azymut w metodzie USBL (rys. 11) jest definiowany jako kąt między dodatnią osią X i rzutem wektora pozycji celu (*target*) na płaszczyznę poziomą XY. Jeżeli użyjemy trzeciego receivera, prostopadłego do dwóch pierwszych, wówczas możemy zdefiniować kąt wzniesienia, który jest kątem pomiędzy dodatnią osią Z a wektorem pozycji docelowej. Odległość od transceivera do celu jest amplitudą wektora docelowego [6].

• Ograniczenia systemów pozycjonowania podwodnego

Nie jest jednak tak, że systemy pozycjonowania podwodnego są bez wad (tab. 3). Podobnie jak na łądzie, gdzie zbyt duża temperatura lub wilgotność mają wpływ na dokładność pomiarów, tak i na morzu powinno się zachować pewne środki ostrożności. Przede wszystkim duży wpływ ma falowanie, a właściwie ruch statku podczas dużego falowania. Firmy działają zgodnie z zasadą, że im spokojniejsze morze, tym większa szansa na powodzenie operacji. Ze względu na złe warunki meteorologiczne statki często stoją po kilka tygodni w porcie, co – jak łatwo się domyślić – generuje duże straty finansowe. Jednak najważniejszym czynnikiem warunkującym dokładności położenia otrzymywane pod wodą jest rozkład prędkości dźwięku w wodzie, co przekłada się na szybkość rozchodzenia się sygnałów hydroakustycznych systemów pozycjonowania podwodnego. Przed każdą kalibracją systemu oraz każdorazowo przed pomiarami należy przeprowadzić pomiar

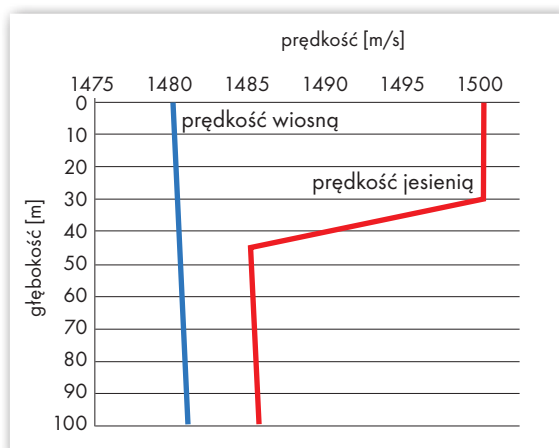
prędkości dźwięku w wodzie i do niego dostosować zakres wykorzystywanych częstotliwości. Dlaczego pomiar należy wykonywać zawsze, skoro np. w danym miejscu operacja wykonywana jest już któryś raz? Odpowiedź na to pytanie jest bardzo prosta. W zależności od pór roku, opadów, nasłonecznienia, gęstości wody, temperatury,

ciśnienia oraz zasolenia zbiornika prędkość rozchodzenia się dźwięku w wodzie jest różna.

Wynikiem doświadczenia jest wykres stworzony z dwóch pomiarów prędkości dźwięku w wodzie w tym samym miejscu na Morzu Północnym w znacznej odległości czasowej (rys. 12). Pomiar z lewej strony został wykonany późną zimą/wczesną wiosną, natomiast wykres z prawej sporządzono na podstawie pomiaru przeprowadzonego późnym latem/wczesną jesienią. Na rysunku widać, że w okresie letnio-jesiennym można wyróżnić trzy warstwy morza: warstwę górną – ogrzewaną promieniowaniem słonecznym (mała gęstość i mała głębokość), warstwę termokliny (warstwa wody w morzu, w której następuje gwałtowna zmiana temperatury w związku z nagrzewaniem promieniami słonecznymi górnych warstw wody i zimną wodą głębinową) i wreszcie warstwę wód głębinowych. Z kolei zimą i wczesną wiosną z powodu licznych burz i w miarę stałego zasolenia oraz temperatury otoczenia, profil prędkości dźwięku w wodzie jest zbliżony do prostoliniowego, co sugeruje, że jest zależny od głębokości. Należy jednak pamiętać, że powyżej 2000 m głębokości przyjmuje się stałą wartość $v_{dźwięku} = 1500$ m/s.

• Badania z zakresu hydrografii i geodezji podwodnej na Akademii Morskiej w Szczecinie

Studenci kierunku geodezja i kartografia na Akademii Morskiej w Szczecinie mają możliwość wyboru po drugim roku kształcenia, czy wolą specjalizować się w geoinformatyce, czy w hydrografii i geodezji podwodnej. Należy dodać, że Instytut Geoinformatyki jako jednostka badawcza posiada wysoko wykwalifikowaną kadrę w zakresie



Rys. 12. Sezonowe zmiany prędkości dźwięku w wodzie na przykładzie Morza Północnego

Tab. 3. Porównanie systemów pozycjonowania podwodnego

	zalety	wady
LBL	<ul style="list-style-type: none"> • najwyższa potencjalna dokładność • dokładność zachowana na większym obszarze operacyjnym • potrzebny tylko jeden transceiver • nadmiarowość danych (redundancja) 	<ul style="list-style-type: none"> • wymaga wielu transponderów na dnie • długie interwały czasu w porównaniu z SBL/USBL • każdorazowe rozmieszczenie transponderów i kalibracja systemu
SBL	<ul style="list-style-type: none"> • dobra potencjalna dokładność • system wymaga tylko jednego pingera • krótki czas kalibracji 	<ul style="list-style-type: none"> • dokładność pracy systemu zależy od pozycji pokładowego czujnika VRU i żyrokompasu • wymagany montaż kilku transceiverów na kadłubie, co stwarza realne zagrożenie uszkodzenia sprzętu
USBL	<ul style="list-style-type: none"> • dobra potencjalna dokładność • system wymaga tylko jednego podwodnego pingera lub transpondera • krótki czas kalibracji 	<ul style="list-style-type: none"> • największa wrażliwość na hałas • dokładność pracy systemu zależy od pokładowego czujnika VRU

Źródło: [5]

stosowania instrumentów hydroakustycznych. Stałe prowadzone są projekty związane z hydrografią morską i śródlądową, powstają kolejne artykuły naukowe, a sprzęt wysokiej jakości, który służy do pomiarów podwodnych, umożliwia kształcenie młodych adeptów hydrografii na najwyższym poziomie, przygotowując ich do pracy w zagranicznych firmach hydrograficznych i w sektorze *offshore*.

Warto również dodać, że studenci z kół naukowych działających w szczecińskiej AM poruszają na konferencjach geodezyjnych tematykę geodezji podwodnej, rozszerzając jednocześnie perspektywy ewentualnego zatrudnienia swoim koleżankom i kolegom po fachu. Na przykład autorka tego artykułu na VIII Ogólnopolskiej Konferencji Kół Naukowych Studentów Geodezji omówiła zagadnienie „Podwodne sieci geodezyjne – metody pozycjonowania podwodnego”.

• Szanse geodetów morskich rosną

Sieci pozycjonowania podwodnego stwarzają nowe możliwości w zakresie górnictwa morskiego. Szybki rozwój nowych technologii powoduje dużą konkurencyjność systemów na rynku. W związku z tym obecnie w ramach jednego systemu stwarza się warunki do stosowania kombinacji sieci, zwiększając tym samym pole operacyjne. Na dużych akwenach, takich jak Morze Północne, który obecnie można nazwać „jednym wielkim placem budowy” (co związane jest ze wznoszeniem nowych morskich farm wiatrowych), coraz częściej

występuje sytuacja, że transpondery montowane są na dnie na stałe, ponieważ nieopłacalne jest każdorazowe przeprowadzanie kalibracji lub nie ma na nią miejsca ze względu na dużą liczbę statków przebywających w miejscu montażu urządzeń hydrotechnicznych.

W przypadku pracy z wieloma systemami jednocześnie zawsze należy mieć na względzie ich ograniczenia oraz zachować czujność podczas pracy. Wzmoczony hałas w okolicach prac wydobywczych generuje zakłócenia, które mogą powodować opóźnienia w pracy całego zespołu.

W perspektywie konwencji europejskich dotyczących zmniejszenia wydobycia ropy/gazu/węgla na lądzie rosną możliwości zatrudnienia w charakterze geodety morskiego. Warto dodać, że Polska również planuje budowę morskiej farmy wiatrowej na wysokości Ustki, co stwarza możliwość pracy dla specjalistów.

Ewelina Jankowska
Akademia Morska w Szczecinie

Literatura

- [1] <http://www.usm.edu/news/archives/older/cms/images/stories/2008/September/bennett%20symposium%20eagle%20ray%20photo.jpg>
- [2] <http://static.worldmaritimeneeds.com/wp-content/uploads/2011/12/Fugro-Brasil-Signs-Contract-for-ROV-Support-Vessel.jpg>
- [3] http://www.link-quest.com/html/lbl_applications.htm
- [4] Gocał J., 2010: „Geodezja inżyniersko-przemysłowa cz. III”, Wydawnictwo AGH, Kraków;
- [5] IMCA M 200, IMCA S 013 – Deep Water Acoustic Positioning, October 2009;
- [6] Tomczak A., 2011: Modern methods of underwater positioning applied in subsea mining, „Zeszyty Naukowe AGH, Górnictwo i Geoinżynieria”, rok 35, zeszyt 4/1;
- [7] DRC Philip DipHS, FRICS Philip & Associates LTD, UK, An Evaluation of USBL and SBL acoustic systems and the optimisation of methods of calibration – part 1.