

Wody wszechoceanu przykrywają w sumie blisko $\frac{3}{4}$ obszaru Ziemi. Detaliczne mapy dna morskiego zostały do tej pory wykonane dla jedynie 5-10% jego powierzchni. Zdecydowana większość z nich obejmuje zbiorniki o głębokości przekraczającej 10 m, natomiast niewiele skupia się na płytkowodnych obszarach. Jest to spowodowane między innymi ograniczeniami fizycznymi, z którymi trzeba zmierzyć się podczas bezinwazyjnych badań dna morskiego. Gwałtowny rozwój techniki pomiarowej, wykorzystującej echosondy wielowiązkowe (Multibeam Echo-Sounder, MBES), jaki dokonał się w okresie ostatnich trzech dekad, umożliwia badanie dna morskiego w coraz bardziej dokładny i wiarygodny sposób. Bardzo wysoka rozdzielczość oraz jakość danych zgromadzonych dzięki użyciu MBES jest obecnie porównywalna z innymi metodami teledetekcji. Metody hydroakustyczne mogą umożliwić detaliczne zbadanie dna morskiego w środowiskach płytkomorskich, takich jak Zalew Pucki, będący ekosystemem o największej bioróżnorodności na całym polskim wybrzeżu Morza Bałtyckiego. Jednym z najcenniejszych płytkowodnych obszarów morskich jest Laguna Wenecka, wpisana w 1987 roku na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO. Będąc miejscem o bezprecedensowym znaczeniu historycznym i gospodarczym, ta największa laguna w obrębie Morza Śródziemnego, zajmuje powierzchnię około 550 km², a jej średnia głębokość to zaledwie 1,2 m.

Czynniki, takie jak: niewielka głębokość, silne prądy morskie oraz duża ilość zawiesiny, powodują, że środowisko denne kanałów znajdujących się w Lagunie Weneckiej nie było do tej pory szczegółowo opisywane. Akwen podlega znacznym zmianom, do których można zaliczyć: zmniejszenie się o połowę obszarów zajętych przez mokradła słone w ciągu ostatnich 100 lat, pograżanie w osadzie, prace hydrotechniczne prowadzone w cieśninach oraz kursowanie znacznych rozmiarów statków wycieczkowych. Jednym ze sposobów na określenie procesów i zjawisk występujących w danym zbiorniku morskim jest stały monitoring akustyczny. Badania akustyczne w bardzo płytkim zbiorniku morskim (o głębokości mniejszej niż 30 m), stwarzają jednak duże wyzwania. Do trudności takich należy zaliczyć: wielokrotne odbicie sygnału akustycznego od dna oraz powierzchni wody, interferencję oraz pogłos fal akustycznych, znaczną turbulencję i występowanie dużej ilości pęcherzyków gazowych silnie tłumiących sygnał akustyczny. Począwszy od roku 2013, wspólnie z zespołem badawczym z instytutu CNR-ISMAR (Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze Marine), podejmuję próby przezwyciężenia tych trudności. W wyniku badań prowadzonych w Lagunie Weneckiej od tamtego czasu, po raz pierwszy w historii udało się zgromadzić i przetworzyć dane hydroakustyczne w wysokiej rozdzielczości, dzięki czemu opracowano mapę cyfrowego modelu terenu oraz mapę natężeń rozpraszania wstecz sygnału akustycznego na dnie. Wyniki opublikowano i udostępniono w prestiżowym czasopiśmie naukowym Nature Scientific Data, dzięki czemu są one obecnie dostępne na zasadzie licencji typu Open Source. Dane tego typu mogą być wykorzystane na wiele praktycznych sposobów, umożliwiając na przykład: utworzenie mapy habitatów, oszacowanie transportu osadów, opracowanie modelu hydrodynamicznego, czy zastosowanie w archeologii podwodnej.

Celem prowadzonej rozprawy doktorskiej jest opracowanie metody bezinwazyjnego, automatycznego rozpoznawania habitatów dennych na podstawie metod przetwarzania obrazu, klasyfikacji statystycznej oraz teksturalnej, dla wysokorozdzielczych danych akustycznych, zebranych w bardzo płytkim środowisku morskim Laguny Weneckiej. Kolejnym celem jest określenie dokładności opracowanej metody i zastosowanie jej do monitoringu habitatów dennych dla różnych kroków czasowych.

Aby zrealizować wspomniane cele badań, wykonałem następujące działania. Po pierwsze, określiłem cechy charakterystyczne rozpraszania wstecz sygnału akustycznego dla poszczególnych rodzajów habitatów dennych Laguny Weneckiej. Następnie opracowałem metodę automatycznego rozpoznawania i monitoringu habitatów dennych na podstawie technik związanych z przetwarzaniem obrazów, analizą statystyczną i teksturalną, oceną dokładności oraz detekcją zmian. Zastosowałem dodatkowe techniki, takie jak: ekstrakcja statystycznych teksturalnych zmiennych batymetrii i rozpraszania wstecz sygnału akustycznego, algorytm wyboru zmiennych, Analiza Obiektowa Obrazów oraz klasyfikatory powiązane z uczeniem maszynowym.

Badania prowadzone w Lagunie Weneckiej od 2013 roku, pozwoliły po raz pierwszy zgromadzić materiał hydroakustyczny o wysokiej jakości i rozdzielczości, pozwalając na mapowanie habitatów dennych Laguny Weneckiej z dużą dokładnością. Ten unikatowy obszar w skali całego świata, od wielu lat kształtowany jest w wyniku działania różnych czynników, w tym antropogenicznych. Niewiadomym pozostaje wpływ mobilnych barier, budowanych w ramach projektu MOSE, na wypadkowy transport osadów i warunki hydrodynamiczne tego obszaru. Pomiar hydroakustyczne, wykonane w ramach monitoringu cieśnin, pozwalają na utworzenie map habitatów dla różnych kroków czasowych. Dzięki temu, mogę oszacować zmiany środowiskowe, które mogą wynikać z presji antropogenicznej w tym obszarze. Metody zastosowane w badaniu Laguny Weneckiej dostosuję i zastosuję do innych obszarów morskich znajdujących się w polskiej strefie brzegowej Bałtyku, takich jak na przykład Zalew Pucki.