

## GEOWIZUALIZACJA HYDROGRAFICZNYCH DANYCH POMIAROWYCH

### GEOVISUALISATION OF THE HYDROGRAPHIC SURVEY DATA

**Dariusz Grabiec<sup>1</sup>, Benedykt Hac<sup>2</sup>, Marek Szatan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni,

<sup>2</sup> Instytut Morski w Gdańsku,

<sup>3</sup> Dywizjon Zabezpieczenia Hydrograficznego Marynarki Wojennej – Gdynia

**Słowa kluczowe: hydrografia, pomiary hydrograficzne, zobrazowanie danych, geowizualizacja**  
Keywords: hydrography, hydrographic survey, data display, geovisualisation

W referacie zaprezentowano współczesne możliwości hydrografii morskiej w zakresie pozyskiwania i przetwarzania danych pomiarowych z wykorzystaniem sonarów i echosond wielowiązkowych. Przedstawiono rezultaty prac własnych – uzyskane, oryginalne efekty przetwarzania danych georeferencyjnych w postaci mozaiki dna, map hybrydowych, elementów wizualizacji 3D oraz animacji komputerowej wybranych obszarów dna morskiego i obiektów podwodnych (wraki). Ukazano rolę i znaczenie tych opracowań w pogłębieniu wiedzy człowieka o obiektach podwodnych oraz ułatwieniu ich identyfikacji i weryfikacji.

## Wprowadzenie

Proces pozyskiwania informacji na temat ukształtowania powierzchni dna oraz lokalizacji obiektów podwodnych na nim się znajdujących nie jest zadaniem ani szybkim, ani łatwym. Trudności, z którymi spotyka się hydrograf, w znacznej mierze związane są ze zmiennym charakterem środowiska morskiego i jego parametrami fizycznymi oraz chemicznymi (przezroczystość wody, ciśnienie hydrostatyczne, rozkład temperatury, zasolenia itd.). Stąd też współczesny hydrograf dążący do uzyskania wiarygodnych danych niejako zmuszony jest wykorzystywać szereg różnych środków i metod. Najczęściej eksploatowanymi środkami są urządzenia i systemy wykorzystujące metodę hydroakustyczną. Jednakże tutaj zaczyna pojawiać się problem jednoznacznej interpretacji uzyskanych danych pomiarowych. W przeciwieństwie do działań na lądzie hydrograf nie ma możliwości porównania uzyskanych efektów (np. planszet, numeryczny model dna) z pewnym „wzorcem” (rozumianym jako zdjęcie, film, dokładny plan batymetryczny). Istotną przeszkodą jest tutaj zarówno specyfika środowiska morskiego, jego rozległość obszarowa, a także sposoby i metody akwizycji oraz przetwarzania obrazów hydroakustycznych. Zazwyczaj „zwykły” człowiek nie jest w stanie

odczytać cokolwiek z dostarczonych materiałów. Stąd też często wręcz mówi się o sztuce interpretacji hydrograficznych danych pomiarowych. Oprócz trudności z prawidłową oceną danych pomiarowych na pewno będziemy mieć do czynienia także z utrudnieniami związanymi z pozycjonowaniem wykrytych obiektów podwodnych oraz z nieskomplikowanym sposobem prezentacji danych w systemach informacji przestrzennej.

W działaniach związanych z określaniem położenia obiektów podwodnych oraz elementów ukształtowania dna morskiego (podwodne wzniesienia i doliny) trzeba, bowiem uwzględnić wiele czynników dodatkowych - związanych z właściwościami samej jednostki pomiarowej oraz z hydrologią i meteorologią. Wystarczy tu wspomnieć o zjawisku „myszkowania” okrętu, dryfie i znosie, co w połączeniu z faktem niemożności wykorzystania systemu GPS w działaniach pod powierzchnią wody pokazuje skalę problemu. W wielu przypadkach zjawiska te mogą powodować błędne interpretowanie otrzymanych danych pod względem zarówno ilości, jak i charakterystyk samych obiektów podwodnych (długość, szerokość, kształt itp.). To zaś w późniejszym etapie przetwarzania danych decyduje o jakości i dokładności hydrograficznych materiałów roboczych i sprawozdawczych, które w wielu przypadkach bez odpowiedniego przetworzenia nie mogą zostać bezpośrednio zaimplementowane do systemów baz danych oraz informacji przestrzennej. Przykłady takich typowych hydrograficznych opracowań roboczych i sprawozdawczych przedstawiono na rysunku 1.

Oczywiście należy sobie zdawać sprawę z tego, że trudności te, w dobie powszechnego rozwoju techniki, są do pokonania. Wymaga to jednak wykorzystania wielu przyrządów i systemów wspomagających pracę hydrograficznych środków pomiarowych (np. systemy INS, mierniki *roll, pitch, heading*), zastosowania oprogramowań oraz zaangażowania specjalistów w celu odpowiedniego przetworzenia zgromadzonych danych. Jednakże, pomimo tego, często nie udaje się uzyskać satysfakcjonujących opracowań pozwalających na jednoznaczne zidentyfikowanie wykrytych obiektów podwodnych, precyzyjną ich lokalizację czy też bezproblemowe przeniesienie informacji o nich do baz danych. Niemniej, zdaniem autorów istnieje możliwość obejścia tej niedogodności. Kluczem jest wykorzystywanie różnych źródeł i metod pozyskiwania danych, stosowanie odpowiednich sposobów ich integracji oraz wprowadzenie nowych rodzajów ich prezentacji (geowizualizacji) uwzględniających między innymi przyzwyczajenia użytkowników informacji nawigacyjno-kartograficzno-hydrograficznej do tradycyjnych form jej zobrazowania (mapy morskie tradycyjne i elektroniczne).

## Założenia wstępne

Przystępując do prac pomiarowych autorzy założyli, że będą wykorzystywać wyłącznie etatowe wyposażenie sprzętowe oraz oprogramowanie dostępne w swoich instytucjach. Pod względem sprzętowym uzyskano dostęp do echosondy wielowiązkowej, sonaru holowanego oraz sonaru opuszczanego wraz ze specjalnie przygotowaną podstawą<sup>1</sup>. Pod względem programowym zaplanowano wykorzystanie typowego oprogramowania hydrograficz-

---

<sup>1</sup> Zadaniem podstawy było ograniczenie do minimum wpływu niekorzystnych warunków hydrometeorologicznych na uzyskiwanie danych pomiarowych. Dodatkowo podstawa ta stworzyła możliwość dość precyzyjnego określania pozycji zarówno samego sonaru jak i wykrywanych za jego pomocą obiektów podwodnych.

nego uzupełnionego dostępnymi pakietami przeznaczonymi do tworzenia obrazów typu 3D. Na potrzeby prac opracowano między innymi nową metodykę pomiaru oraz schemat migracji danych. Istotnym novum w opracowanej koncepcji prac było tutaj połączenie danych uzyskiwanych z różnych środków pomiarowych w taki sposób, by zwiększyć możliwości interpretacji uzyskanych danych pomiarowych wraz z ich wizualizacją w systemach informacji przestrzennej. Niejako przy okazji należało rozwiązać problem odpowiedniego dopasowania informacji pochodzących z różnych środków pomiarowych pod względem formatów zapisu i wymiany danych.

Kolejnym założeniem było zminimalizowanie ewentualnych kosztów całego przedsięwzięcia. Stąd też, postanowiono wykorzystać już zgromadzone dane pomiarowe związane z wykorzystaniem sonaru holowanego odniesione do dużych charakterystycznych obiektów podwodnych znajdujących się w granicach polskich obszarów morskich. Za takie obiekty przyjęto wraki statków *Goya* i *Steuben* znajdujące się na stosunkowo dużych głębokościach i w pewnym oddaleniu od brzegu<sup>2</sup>. Pozostały zakres prac postanowiono zrealizować na obszarach leżących w granicach administracyjnych portów morskich w Gdyni i Helu. Są to akweny o stosunkowo niewielkich głębokościach rzędu 10-17 metrów, ale za to ciekawe ze względu na obecność na dnie wielu małych obiektów antropogenicznych.

Ostatnie założenie związane było ze sposobem prezentacji danych. W miarę możliwości miało się ono opierać na już wykorzystywanych przez polską służbę hydrograficzną pakietach oprogramowania Caris oraz na elektronicznych mapach nawigacyjnych opracowanych w standardzie IHO S-57<sup>3</sup>.

## Przebieg prac i uzyskane efekty

Zgodnie z poczynionymi założeniami wykonano pomiary sondażowe oraz poszukiwanie sonarowe wykorzystując przydzielone środki hydroakustyczne w postaci echosondy wielowiązkowej (MBES – *Multi Beam Echo Sounder*), sonaru holowanego oraz opuszczanego. Uzyskane dane pomiarowe zostały przetworzone za pomocą standardowych pakietów oprogramowania hydrograficznego z zachowaniem obowiązujących zasad i standardów.

Wartości głębokości uzyskane za pomocą MBES pozwoliły otrzymać numeryczny model dna (DTM – *Digital Terrain Model*). Przykład takiego opracowania został zamieszczony na rysunku 2A. Zazwyczaj dokładność takiego modelu odniesionego do wraku niestety nie pozwala na pełne (w rozumieniu 100%) odtworzenie kształtu wykrytego obiektu. Ze względu na warunki propagacji fali hydroakustycznej w środowisku wodnym i parametry techniczne echosond MBES, nie jest możliwe wyodrębnienie elementów charakteryzujących się niewielką powierzchnią odbicia wiązki hydroakustycznej (np. element typu maszt – wąski i długi). Stwarza to dość duże problemy w przypadku podejmowania prób identyfikacji danego obiektu podwodnego lub jego weryfikacji. W wielu przypadkach jest to informacja niezwykle ważna, szczególnie z punktu widzenia bezpieczeństwa żeglugi i prac w toni wodnej w danym akwenie. Natomiast zaletą użycia MBES jest to, że zastosowanie systemów wspo-

<sup>2</sup> Wraki te znajdują się na głębokościach przekraczających 50 metrów i w odległości większej niż 20 mil morskich od najbliższego lądu.

<sup>3</sup> IHO – International Hydrographic Organization, S-57 – Standard wymiany danych dla potrzeb tworzenia elektronicznych map nawigacyjnych (ENC) w systemach ECDIS.

magających (kompensatory przechyłów i przegłębień, wskaźniki kierunku) w połączeniu ze współczesnymi systemami pozycjonowania jednostki prowadzącej pomiary sondażowe oraz odpowiednią metodyką prac pozwala na w miarę dokładne określenie pozycji orientacji elementów badanego obiektu podwodnego (tutaj – wraku). Jest to niezwykle ważne z punktu widzenia nie tylko bezpieczeństwa żeglugi – możliwość dokładnego naniesienia odpowiedniej informacji (graficznej i opisowej) na morskie elektroniczne mapy nawigacyjne lub do dodatkowych warstw informacyjnych (AML – *Additional Military Layers*). Staje się ona także bazą dla podjętej przez autorów próby pewnej geowizualizacji hydrograficznych danych pomiarowych z jednoczesnym ułatwieniem ich interpretacji.

Przedstawione wcześniej trudności związane z DTM w dużej mierze są możliwe do zniwelowania poprzez wykorzystanie sonarów holowanych lub opuszczanych. Pozwalają one na uzyskiwanie obrazów niemal przypominających zdjęcia podwodne. Przykład takiego sonogramu przedstawiono na rysunku 2B. Jednakże i w tym przypadku występują pewne problemy. Tym razem są one związane z określaniem pozycji wykrytych obiektów podwodnych – mało dokładnej, a niekiedy tylko przybliżonej. Niski poziom dokładności w większości jest rezultatem dysponowania mało precyzyjną pozycją sonaru, szczególnie holowanego (możliwość występowania przemieszczenia bocznego sonaru pod wpływem zjawiska dryfu i znosu).

Biorąc pod uwagę zalety i wady MBES oraz systemów sonarowych naturalnym wydaje się więc dążenie do połączenia obu sposobów prezentacji danych w taki sposób, by się one wzajemnie uzupełniały. Przedstawiony na rysunku 3A wrak statku *Steuben* jest właśnie efektem takiego połączenia – na opracowany model DTM został nałożony obraz sonarowy. Stworzenie możliwości obrotu całości sprawia, że dokonywanie analiz uzyskanego obrazu jest mocno ułatwione i w zasadzie nie sprawia większych trudności nawet osobom nie związanym z pomiarami hydrograficznymi.

Podobnie postąpiono w przypadku danych związanych z małymi obiektami antropogenicznymi zlokalizowanymi na dnie basenów portowych. Istotną różnicą jest jednak to, że w tym przypadku wykorzystano materiały uzyskane za pomocą sonaru opuszczanego. Dzięki zastosowaniu opracowanej podstawy i wykorzystaniu systemu GPS RTK możliwe stało się otrzymanie bardzo dokładnej pozycji głowicy opuszczonego w rejon dna sonaru, a w konsekwencji także pozycji wykrytych obiektów podwodnych. Stworzyło to możliwość dokładnego „wpisania” obrazu sonarowego w model DTM. Uzyskane wyniki zostały zaprezentowane na rysunku 3B. Dodatkowo, precyzyjna informacja o położeniu głowicy sonaru pozwoliła na stworzenie graficznych plików georeferencyjnych. Pliki te zostały następnie „dopisane” do treści elektronicznej mapy nawigacyjnej ENC opracowanej w standardzie S-57.

Równoczesne wyświetlenie mapy ENC i wprowadzonego obrazu sonarowego stwarza kilka innych niezwykle cennych dla hydrografa możliwości. Jedną z nich jest - odczytywanie pozycji obiektów podwodnych bezpośrednio z ekranu monitora. To rozwiązanie eliminuje konieczność uzyskiwania pozycji wykrytego obiektu na podstawie namiaru i odległości liczonych względem położenia przetwornika sonaru. Kolejna to - możliwość szybkiego zinwentaryzowania wszystkich obiektów podwodnych z jednoczesnym wprowadzeniem stosownych informacji bezpośrednio do baz danych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku występowania wielu takich obiektów na niewielkiej przestrzeni. Wreszcie daje podstawy do tworzenia tzw. mozaiki dna, będącej w zasadzie złożeniem wielu sąsiednich obrazów sonarowych. W tym przypadku pozwala to na tworzenie opracowań zbliżonych do ortofotomap zawierających informacje na temat rozmieszczenia obiektów podwodnych w powiązaniu z elementami treści

map elektronicznych (np. wartościami głębokości, położenia izobat, lokalizacji względem infrastruktury portowej). Przykład takiego opracowania przedstawiono na rysunku 4.

Ostatnim elementem prac było opracowanie animacji komputerowych mających na celu prezentację danych batymetrycznych uzyskiwanych za pomocą echosondy wielowiązkowej. Już wstępnie założono, że nie miał to być tradycyjny statyczny model DTM, lecz w pełni dynamiczny, dający możliwość wprowadzania elementów dodatkowych wzbogacających pokazywane treści. Uzyskano bardzo ciekawy efekt oglądania powierzchni dna „z lotu ptaka”, a raczej z pokładu przeszklonego batyskału. Z oczywistych względów nie da się tej dynamiki przedstawić na kartkach papieru. Zatem pełne zalety opracowanych animacji zostaną przedstawione podczas wystąpienia w trakcie sympozjum.

## Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych prac pomiarowych oraz końcowego przetworzenia danych uzyskano szereg interesujących opracowań bazujących na informacjach otrzymanych za pomocą echosondy wielowiązkowej (MBES) i sonaru. Uzyskano jednocześnie potwierdzenie tego, że możliwe jest łączenie danych pochodzących z różnych hydroakustycznych środków pomiarowych w celu ich wizualizacji ułatwiającej identyfikację i zrozumienie. Dzięki powiązaniu ze współczesnymi technikami określania pozycji możliwe stało się także przedstawienie opracowanych danych w połączeniu z danymi systemów informacji przestrzennej oraz zobrazowania mapy elektronicznej i informacji nawigacyjnej (ECDIS – *Electronic Chart Display and Information System*). W ocenie autorów mogą one stanowić doskonały materiał wyjściowy do podjęcia dalszych prac rozwojowych poświęconych tworzeniu elektronicznych map tematycznych (np. mapa zanieczyszczenia dna obiektami antropogenicznymi) przeznaczonych zarówno dla użytkowników cywilnych jak i instytucji o charakterze obronnym. Dalszym możliwym etapem prac może być z pewnością zagadnienie uzupełnienia informacji poprzez wprowadzenie dodatkowych danych wizyjnych uzyskiwanych za pomocą środków podwodnej TV przenoszonych przez pojazdy AUV, ROV i nurków.

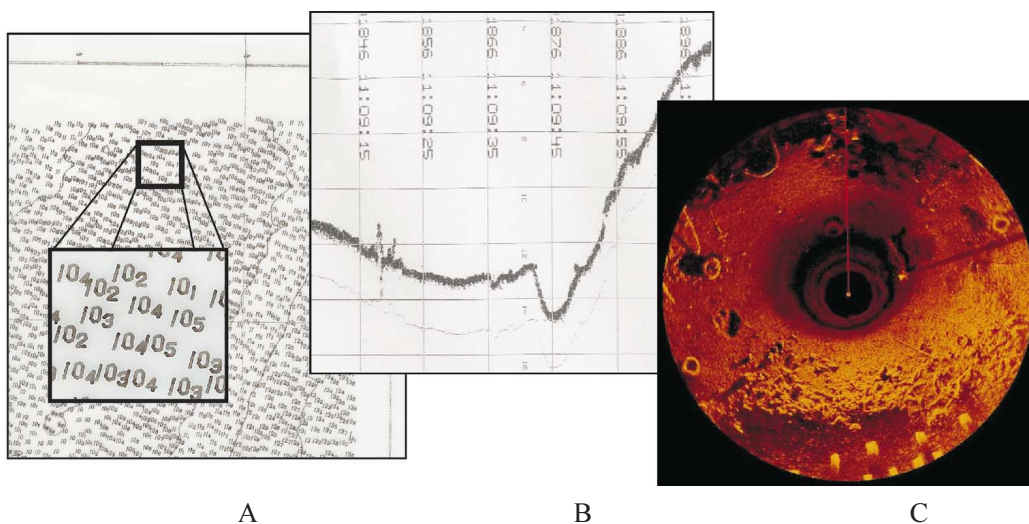
### *Summary*

*Contemporary possibilities of the hydrography in collecting and processing of the survey data from sonar and multibeam echosounders are described in this paper. Our own research results – original effects of processing geodata as a mosaic of the sea bottom, hybrid-charts, elements of 3D visualization and computer animations of selected areas of the sea bottom and underwater objects (wrecks). The paper shows the role and significance of this presentation in broadening our knowledge about underwater objects and in facilitating identification and verification of them.*

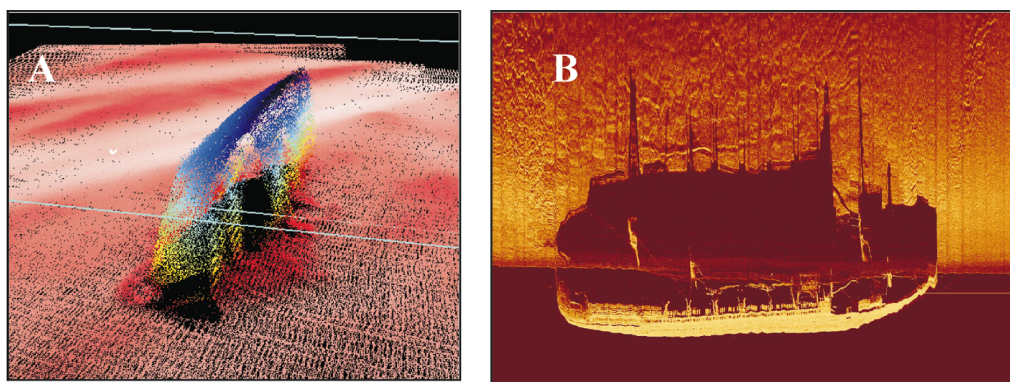
dr Dariusz Grabiec  
d.grabiec@amw.gdynia.pl

dr inż. Benedykt Hac  
mgr inż. Marek Szatan

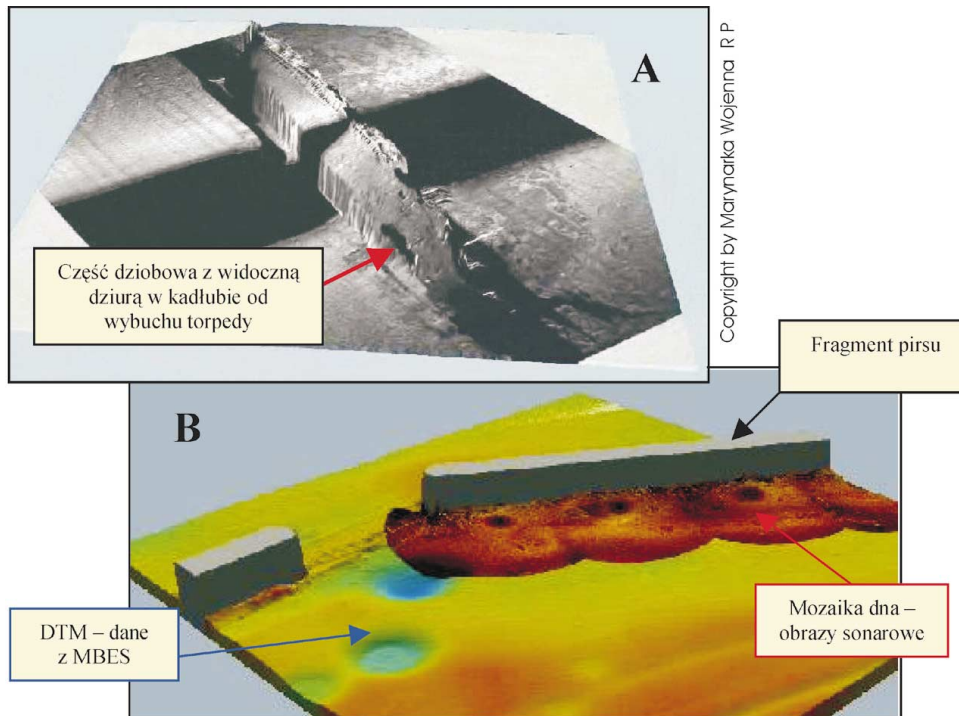




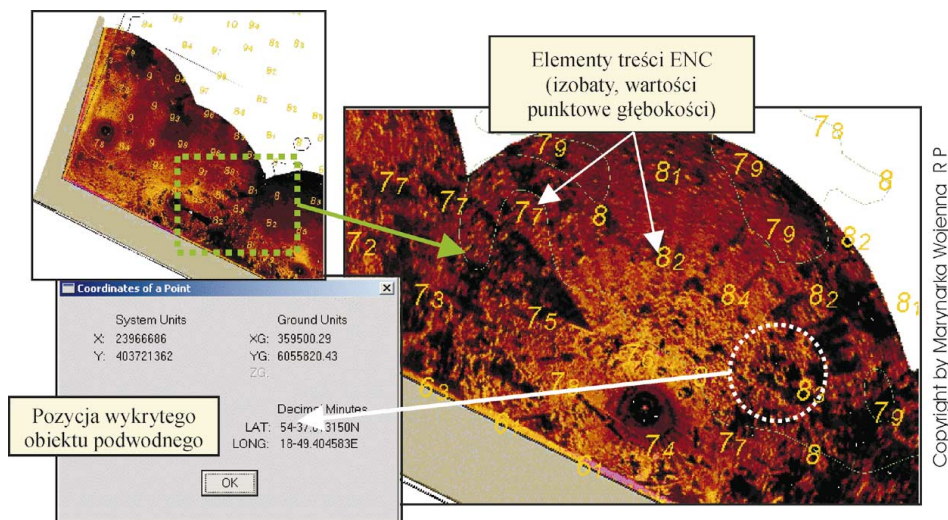
**Rys. 1.** Przykłady typowych hydrograficznych materiałów roboczych i sprawozdawczych  
 [A] – fragment planszetu sprawozdawczego; [B] – echogram, [C] – sonogram  
 Źródło: Urząd Morski w Gdyni, Urząd Morski w Szczecinie, dZH MW



**Rys. 2.** Przykłady zobrazowania hydrograficznych danych pomiarowych w sposób tradycyjny  
 [A] – DTM wraku statku „Steuben”, [B] – sonogram tego samego wraku  
 Źródło: dZH MW (pomiarzy ORP *Arctowski* – 2004)



**Rys. 3.** Przykłady zobrazowania 3D opracowanego z połączonych danych uzyskanych z sonaru i echosondy MBES: [A] – wrak statku „Steuben”, [B] – fragment dna w porcie Hel.  
 Źródło: opracowanie M. Szatan na podstawie: [A] pomiary ORP *Arctowski* (2004), [B] – pomiary *K10* (2005)



**Rys. 4.** Przykład opracowania hydrograficznych danych pomiarowych (mozaika dna) w postaci pliku georeferencyjnego w połączeniu z elementami treści ENC wykonanej w standardzie S-57  
 Źródło: opracowanie D.Grabiec na podstawie materiałów dZH MW i BHMW (2005)