

## ASPEKTY OPRACOWANIA PRECYZYJNYCH ELEKTRONICZNYCH MAP NAWIGACYJNYCH

### ASPECTS OF CREATION PRECISE ELECTRONIC NAVIGATIONAL CHARTS

**Andrzej Stateczny, Izabela Bodus-Olkowska, Marta Włodarczyk-Sielicka,  
Grzegorz Zaniewicz**

Katedra Geoinformatyki, Akademia Morska w Szczecinie, Szczecin

SŁOWA KLUCZOWE: elektroniczne mapy nawigacyjne, nawigacja, geobaza

STRESZCZENIE: W czasach rozwijającego się transportu wodnego, stawia się wymogi aby porty morskie i morsko-rzeczne przyjmowały coraz większe jednostki pływające. Zarządca portu musi spełnić warunek zachowania bezpiecznej głębokości dla wpływających statków, a kapitan lub pilot wprowadzający jednostkę na akwen portowy musi zapewnić bezpieczną nawigację na akwenu portu. Istotnym elementem mającym wpływ na bezpieczeństwo portu są mapy nawigacyjne. Dotychczas stosowane mapy papierowe, zostają stopniowo zastępowane przez elektroniczne mapy nawigacyjne (ang. *Electronic Navigational Charts*, ENC), które odpowiadają szczegółowo opisanym standardom przyjętym przez Międzynarodową Organizację Hydrograficzną (ang. *International Hydrographic Organization*, IHO). IHO w swoich publikacjach: S-57 oraz S-52 przedstawia format kodowania ENC oraz sposób prezentacji danych na ekranie. Standard S-44 opisuje wymagania dokładnościowe pomiarów batymetrycznych, które są nieodzownym elementem typowej mapy ENC. Do tworzenia map ENC wykorzystuje się dane z różnych źródeł, tj. pomiary terenowe, ortofotomapy, zdjęcia satelitarne, materiały historyczne oraz pomiary batymetryczne. Dane pozyskane z różnych źródeł cechują się zróżnicowaną dokładnością. Kartowanie linii brzegowej uzależnione jest od dokładności rastra i najczęściej wymaga weryfikacji terenowej przy użyciu przyrządów geodezyjnych lub systemu GPS/RTK. Dokładności przy wykonywaniu pomiarów batymetrycznych zależą nie tylko od użytego sprzętu hydroakustycznego, ale również urządzeń peryferyjnych systemu batymetrycznego, np. dokładności pozycjonowania głowicy echosondy. Autorzy niniejszego opracowania przedstawili analizę powyższych standardów i ich zastosowanie do tworzenia precyzyjnych map nawigacyjnych ENC. W ramach opracowania przygotowano i opisano geobazę rozszerzoną o dodatkowe obiekty mapowe.

## 1. WPROWADZENIE

Bezpieczne manewry statków w obszarach portów zapewniają obecnie powszechnie wykorzystywane elektroniczne mapy nawigacyjne wizualizowane dzięki systemowi do wyświetlania map elektronicznych – *ECDIS* (ang. *Electronic Chart Display and Information System*). Produkowane są one według ściśle określonego, przez Międzynarodową Organizację Hydrograficzną, standardu S-57. Rosnący popyt na transport drogą wodną zmusza zarządców portów do zwiększania możliwości przeładunkowych, skrócenia czasu obsługi statków oraz umożliwienia dostępu do nabrzeży coraz większym jednostkom pływającym – tzw. jednostkom maksymalnym. Wiąże się to bezpośrednio z koniecznością

zapewnienia map elektronicznych zawierających znacznie więcej szczegółów terenowych, pozyskanych z dużą dokładnością horyzontalną i wertykalną, posiadających wysoko gęstościową aktualną batymetrię oraz map opracowanych dla skal umożliwiających prezentację wszystkich niezbędnych w trakcie manewrów jednostek obiektów, tj. polerów czy odbijaczy. Biorąc pod uwagę wymagania dokładnościowe stawiane przed producentami map ENC, standard S-57 staje się niewystarczający do celów opracowania precyzyjnych map portowych. Ponadto, jeśli chodzi o dokładność, zachodzi pewien konflikt ze standardem pozyskiwania danych hydrograficznych S-44. W najbardziej rygorystycznej klasie pomiarów batymetrycznych – klasie specjalnej – dokładność horyzontalna powinna wynosić  $\pm 2\text{m}$ , natomiast S-57 mówi o dokładności na poziomie  $\pm 5\text{m}$ . Dodatkowo skale komórek portowych pozostawiają wiele do życzenia w aspekcie poziomu szczegółowości. Obecnie mapy najbardziej ruchliwych portów świata produkowane są w skalach: 1:25 000 dla Antwerpii, 1:15 000 dla Le Havre, 1:25 000 dla Rotterdamu, 1:12 500 dla Oslo czy 1:10 000 dla Singapuru. W przypadku precyzyjnej portowej mapy elektronicznej zakłada się skalę 1:1000 lub większą, z dokładnością pozycji obiektów topograficznych równą  $\pm 0,20\text{m}$ . Obecne mapy ENC z ich niskim poziomem szczegółowości i dokładności, biorą pod uwagę bezpieczeństwo nawigacji w stopniu ogólnym, przez co stają się nieadekwatne do potrzeb prowadzenia bezpiecznej żeglugi w wąskich przejściach czy w procedurach manewrowych jednostek w portach. Powszechna komputeryzacja, wzrost zapotrzebowania na coraz doskonalsze systemy wzmagające bezpieczeństwo nawigacji, natężenie ruchu morskiego oraz przepływu towarów drogami wodnymi są czynnikami, które zwiększają konieczność generowania elektronicznych map nawigacyjnych zbliżonych jak najbardziej do warunków rzeczywistych. IHO wyszła naprzeciw rosnącym wymaganiom transportu wodnego i opracowała standard S-100, który umożliwia wymianę danych przestrzennych, w tym topograficznych i nawigacyjnych pochodzących z różnych źródeł (IHO S-100, 2010). Pod kątem produkcji elektronicznych map nawigacyjnych, bazuje on na standardzie S-57, ale umożliwia przedstawienie na mapie poszerzonej informacji terenowej akwenu czy nawet możliwość prezentacji w trójwymiarowej. S-100 nie narzuca dokładności tworzonej mapy, umożliwia tylko łączenie informacji terenowej z nawigacyjną. Na dzień dzisiejszy elektroniczne mapy portowe na obszary portów, tworzone wg IHO S-57 i S-100, stanowią podstawę bezpiecznego wykonywania manewrów w portach. Oba standardy nie spełniają wymagań związanych z wykonywaniem precyzyjnych manewrów, cumowania czy obrotu. Obecnie nie istnieje żaden standard określający rosnące wymagania co do precyzji map. IHO pracuje nad standardem S-101, który zakłada między innymi produkcję map portowych, tzw. PortENC, wysokiej dokładności. Implementacja standardu planowana jest na 2012 rok.

Precyzyjne mapy portowe powinny zawierać dane w dużej skali, niezbędne w trakcie procedur manewrowych na akwenach ograniczonych np.: dokładna linia brzegowa, pozycje polerów, odbijaczy czy świateł nawigacyjnych. PortENC powinny również być stale aktualizowane pod kątem informacji batymetrycznych i topograficznych. Próbę porównania mapy elektronicznej wg standardu S-57 i precyzyjnej mapy elektronicznej podjęto w ramach projektu Effective Operations In Ports (<http://www.efforts-project.org/index.html>) WP.1.3. Port ECDIS, realizowanego w Szóstym Programie Ramowym UE w 2008.

W artykule przedstawiono metodę opracowania precyzyjnej komórki portowej przy aplikacji istniejących standardów, implementacji nowych obiektów oraz próbie ich zstandaryzowania.

## 2. OGÓLNE O MAPACH NAWIGACYJNYCH

Mapa nawigacyjna jest podstawowym źródłem informacji dla nawigatora. Obecnie mapy analogowe coraz częściej ustępują miejsca mapom cyfrowym, które w lepszy sposób zapewniają bezpieczeństwo nawigacji statku. Dzięki nim nawigator może między innymi szybko uzyskać dostęp do interesującej go informacji, ocenić sytuację w oparciu o stale wyświetlaną pozycję statku oraz kontrolować i monitorować drogę statku. W nawigacji można korzystać ze standaryzowanych lub niestandaryzowanych opracowań map elektronicznych. W pierwszym przypadku są one elementem systemu zobrazowania informacji nawigacyjnej, natomiast w drugim – elementem pozostałych systemów map elektronicznych (ang. *Electronic Chart System, ECS*) (Łubczonek, Włodarczyk, 2009).

W zależności od przeznaczenia, producentów obowiązują określone standardy produkcji map elektronicznych. Wyróżnić należy w szczególności komercyjne mapy, wykorzystywane przez nawigatorów w transporcie morskim, i ściśle określający je standard IHO S-57 oraz standard Digest C – standard do produkcji map dla potrzeb militarnych. Oba standardy definiują mapy elektroniczne, jako dwa różne produkty.

Elementy, jakie powinny znaleźć się na elektronicznej mapie nawigacyjnej zdefiniowane zostały przez katalog obiektów i ich atrybutów w specyfikacji ENC i IENC. Mapa ENC(S-57) zawiera nie tylko informacje zawarte tradycyjnie na mapie papierowej, ale również ze Spisu Światła i Sygnałów Nawigacyjnych, Spisu Radiostacji Nautycznych oraz część informacji z Locji. Obie specyfikacje przenikają się wzajemnie, a IENC zawiera dodatkowe istotne elementy związane z nawigacją śródlądową. Poziom szczegółowości, dokładności oraz rozmiar skali przeznaczone dla produkcji komórek ENC i IENC nie odpowiada potrzebom stawianym przez użytkowników wąskich przejść czy kanałów. Dla przykładu mapa portu Szczecin wyprodukowana jest w skali 1:10 000, co generuje jedynie ogólny pogląd na rozkład basenów portowych, stwarzając bezpośrednio niebezpieczeństwo w trakcie manewrów jednostek o maksymalnych dopuszczalnych wymiarach. Ponadto port znajduje się na styku wód morskich i śródlądowych, co dodatkowo wpływa na jakość mapy, bowiem to co interesuje nawigatora morskiego, dla kapitana statku śródlądowego może być niewystarczające lub zupełnie bez znaczenia. Mapy elektroniczne produkowane wg IHO S-57 obciążone są dość dużymi niedokładnościami, wynikającymi z ustalonych w standardzie marginesów błędów danych źródłowych, z których mapa zostaje opracowana. Błędy poszczególnych obiektów składają się w jeden wspólny mianownik jakim jest precyzja mapy.

DIGEST C (ang. *Digital Geographic Information Exchange Standard*) jest standardem wymiany cyfrowej informacji geoprzestrzennej dla celów wojskowych, który definiuje wszystkie aspekty związane z wymianą danych geograficznych, umożliwia wymianę danych rastrowych, macierzowych oraz wektorowych DGI (wraz z informacją opisową), wspiera struktury zarówno nie topologiczne jak i posiadające pełną topologię. Na podstawie tego standardu, między innymi dla potrzeb nawigacyjnego zabezpieczenia działań Marynarki Wojennej USA, opracowano specyfikację produkcji „Cyfrowej Mapy Nautycznej” (ang. *Digital Nautical Chart, DNC*) (Pietrzak, 2008).

Mapy DNC są wektorowymi produktami cyfrowymi, opisującymi wybrane aspekty świata rzeczywistego, pod kątem prowadzenia bezpiecznej nawigacji. Format danych umożliwia prowadzenie żeglugi i operacji wojskowych. W DNC istnieje również możliwość przedstawienia pewnej liczby obiektów nie nautycznych. Dane DNC są wykorzystywane w różnych zastosowaniach włączając w to planowanie strategiczne i taktyczne oraz

zabezpieczenie logistyczne i nawigacyjne. DNC posiada szeroki zbiór obiektów związanych z informacją o lądzie; jednakże obecnie produkt ten powstaje głównie na podstawie nautycznych map morskich (Pietrzak, 2008).

Stały popyt na przewóz towarów drogą morską powoduje konieczność produkcji coraz doskonalszych systemów wspomagających procedury nawigacji. Nie bez znaczenia pozostaje więc produkcja elektronicznych map prezentujących wysokogęstościową batymetrię, nierzadko również model 3D kanału oraz dane topograficzne z wysoką dokładnością wertykalną i horyzontalną. Nowy standard IHO S-100 dotyczący modelu danych, zakłada wymianę danych batymetrycznych, nawigacyjnych, topograficznych i innych, umożliwiając jednocześnie na produkcję mapy ze znacznie większą liczbą informacji niż mapa nawigacyjna produkowana wg S-57. Jednakże S-100 w aspekcie map ENC w dużej mierze czerpie z S-57, a tym samym nie dokonuje zmian w kontekście precyzji. Obecnie trwają prace nad nowym standardem IHO S-101. Zakłada on produkcję precyzyjnych elektronicznych map nawigacyjnych z podziałem na:

- ogólne – dla celów planowania tras,
- podejściowe – z większym poziomem szczegółowości,
- portowe zapewniające bezpieczną nawigację od punktu pilotowego do miejsca cumowania.

Implementacja standardu odbędzie się w 2012 roku.

### 3. WYKORZYSTYWANE STANDARDY, ŹRÓDŁA ORAZ ICH DOKŁADNOŚCI

Precyzyjne elektroniczne mapy nawigacyjne muszą spełniać o wiele większe wymagania co do dokładności reprezentacji danych, niż standardowe mapy ENC. Taka mapa będzie wykorzystywana przez nawigatora podczas wykonywania precyzyjnych manewrów: cumowania, obracania, dokowania i innych. W celu zapewnienia bezpieczeństwa precyzyjna mapa musi zawierać bardzo dokładne dane batymetryczne i topograficzne. Istotne znaczenie posiada również jakość danych, ich dokładność i aktualność oraz skala mapy w jakiej będą prezentowane.

Pierwszym standardem, na którym autorzy oparli swój produkt precyzyjnej mapy nawigacyjnej jest standard IHO S-57 (ang. *International Hydrographic Organization Transfer Standard for Digital Hydrographic Data*). Jest to standard wymiany cyfrowych danych hydrograficznych pomiędzy biurami hydrograficznymi oraz dystrybuowania danymi dla marynarzy i innych użytkowników. Produktem S-57 jest Elektroniczna Mapa Nawigacyjna ENC (IHO S-57, 2000).

Model danych pojedynczego obiektu w standardzie S-57 składa się z dwóch części. Pierwsza to geometria (punkt, linia, obszar) wraz z pozycją geograficzną, druga to atrybuty obiektu, opisujące dany obiekt. Standard definiuje około 170 obiektów oraz około 190 atrybutów, które opisane zostały w załączniku A, omawianego standardu.

Dokładność jaką podaje powyższy standard, opisuje się jako strefę pewności (ang. *zone of confidence*), która wprowadza podział na dokładność danych źródłowych przy tworzeniu mapy i wynikających z tego metod pozyskiwania danych. Poniższa tabela (Tab. 1.) przedstawia dokładności dla najbardziej rygorystycznej kategorii arealu A1, gdzie zachowana powinna być wysoka dokładność pomiaru, wraz z pełnym przeszukaniem dna i oznaczeniem głębokości dla wykrytych obiektów.

Tab. 1. Dokładności mapy dla strefy pewności A1 (IHO S-57, 2009)

Strefa pewności	Dokładność pozycji	Dokładność głębokości	
		Głębokość (m)	Dokładność (m)
A1	± 5m	= 0.50 + 1%d	
		10	± 0.6
		30	± 0.8
		100	± 1.5
		1000	± 10.5

gdzie: d – średnia głębokość na akwenie

Standardem odpowiadającym za dokładność danych batymetrycznych jest *Standard for Hydrographic Surveys* (S-44), powstały przy Międzynarodowej Organizacji Hydrograficznej dla zapewnienia bezpieczeństwa nawigacji. Najnowsza, piąta edycja tej publikacji, została opublikowana w lutym 2008 roku i zastępuje wersję czwartą z roku 1998.

Publikacja S-44 podaje podstawowe metody prowadzenia pomiarów hydrograficznych oraz klasyfikację akwenów pod względem wymagań dokładnościowych dla prac hydrograficznych na nich prowadzonych. Zawarto w niej również szczegółową metodykę oceny dokładności pomiarów głębokości i pozycji podczas prac oraz zdefiniowano wartość dopuszczalnych błędów dla poszczególnych obszarów. Określono także zalecenia co do sposobów prowadzenia pomiarów towarzyszących wykonywaniu sondaży. Standard zawiera również wytyczne w zakresie kontroli danych pomiarowych i ich opracowywania oraz przechowywania w bazach danych.

Standard S-44 stanowi zestaw minimalnych wymagań, które powinny być spełnione podczas prowadzenia prac hydrograficznych, głównie dla celów kartograficznych oraz zapewnienia bezpieczeństwa żeglugi. Krajowe służby hydrograficzne powinny wdrożyć ten lub równoważny standard w swoich narodowych procedurach.

S-44 dzieli pomiary batymetryczne pod względem precyzji na 4 kategorie różniące się wymaganiami dokładnościowymi dla pozycjonowania i batymetrii. Autorzy, dla celów produkcji dokładniejszej mapy, opierali się na Kategorii Specjalnej Standardu S-44, starając się jednocześnie uzyskać jak największą dokładność danych. Jest to najbardziej rygorystyczna kategoria pomiarów batymetrycznych, dotycząca obszarów, gdzie zapas wody pod stępką statku jest krytyczny. W związku z tym, wymagane jest całkowite przeszukanie badanego akwenu pod względem przeszkód nawigacyjnych. Jako akweny objęte Kategorią Specjalną, przyjmuje się: miejsca cumowania, porty oraz kanały. (IHO S-44, 2008). Tabela 2 przedstawia dokładności przyjęte przez Standard S-44 dla tej kategorii.

S-57 zakłada dokładność horyzontalną na poziomie 5m, natomiast według S-44 powinna ona wynosić 2 m. Biorąc pod uwagę przeznaczenie precyzyjnej mapy nawigacyjnej, wymagania te nie są wystarczające.

Opierając się na istniejących standardach, tworzenia elektronicznych map nawigacyjnych, autorzy podczas kolekcjonowania danych topograficznych i batymetrycznych dążyli do minimalizacji błędów dokładności precyzyjnej mapy.

Korzystając z systemu pozycjonowania GPS/RTK (praca w serwisie ASG-EUPOS), zebrano dane pozycji linii brzegowej oraz innych elementów uzbrojenia portowego terenu, takich jak: odbijacze, polery, świtała nawigacyjne i inne. Wszystkie dane pozyskano z błędem średnim poniżej 5cm. Batymetria zebrana została interferometrycznym systemem

batymetrycznym, z pozycjonowaniem także przy pomocy systemu GPS/RTK. Dokładności jakie uzyskano, wahają się w granicach 5–10 cm.

Tab. 2. Dokładności pomiarów na mapie wg Kategorii Specjalnej S-44 (IHO S-44, 2008)

Kategoria	Kategoria Specjalna S-44
Opis akwenów	Akweny, na których zapas wody pod stępką jest krytyczny
Maksymalny dopuszczalny błąd poziomy*	2 m
Maksymalny dopuszczalny błąd pionowy*	$\pm\sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$ a = 0,25 m b = 0,0075
Pozycje środków oznakowania nawigacyjnego i obiektów topograficznych istotnych dla nawigacji*	2 m
Pozycje linii brzegowej i elementów topograficznych o mniejszym znaczeniu dla nawigacji*	10 m
Pływające środki oznakowania nawigacyjnego*	10 m

\*95% poziom ufności

gdzie:

- a – składnik niedokładności, który nie zależy od głębokości;
- b – współczynnik reprezentujący składnik niedokładności zależny od głębokości;
- d – głębokość, w metrach;
- b × d – część niedokładności, która zmienia się z głębokością.

Tab. 3. Porównanie dokładności dla map standaryzowanych oraz map precyzyjnych

	Dokładności dla głębokości (przyjęto 10 m)		
	Standard S-44	Standard S-57	Autorzy artykułu
Dokładność pozycji	2 m	0.6 m	0.05 m
Dokładność głębokości	0.26 m	0.51 m	0.05 m
	Dokładności dla pozycji obiektów topograficznych		
	Standard S-44	Standard S-57	Autorzy artykułu
Dokładność pozycji	2 m	5 m	0.03 m

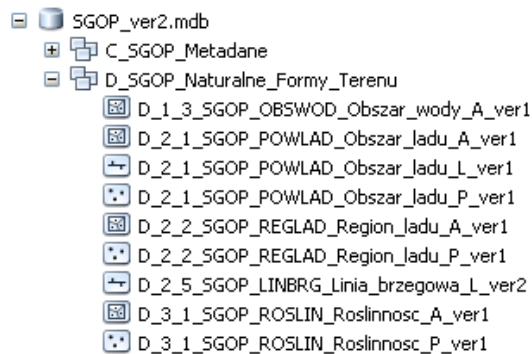
\*95% poziom ufności

Analizując otrzymane wyniki (Tab. 3) można stwierdzić, iż zebrane dane spełniają założenia precyzyjnych map nawigacyjnych. Dokładność elementów mapy w głównej mierze zależy od wykorzystywanego sprzętu pomiarowego oraz danych będących w posiadaniu. Aspektem ekonomiczno-czasowym jest długi proces tworzenia takiej mapy oraz zaangażowanie sporej ilości osób. Dlatego też mapy te powinny być dedykowane obszarom portowym, gdzie natężenie ruchu oraz manewrowanie jednostkami pływającymi stanowi duże niebezpieczeństwo, które z pomocą precyzyjnych map elektronicznych, może zostać skutecznie zminimalizowane.

#### 4. ZASTOSOWANIE GEOBAZY

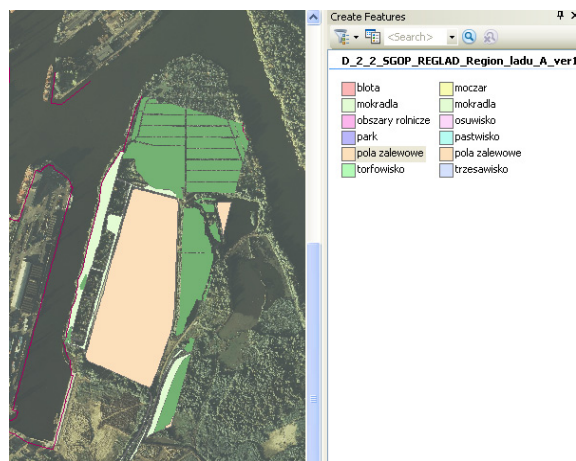
W trakcie pracy z mapą zawierającą tak dużą liczbę danych, pomocne jest zastosowanie geobazy, która usprawni zarządzanie danymi. Opracowana przez autorów geobaza danych została przygotowana w oprogramowaniu ArcGIS Desktop. Składa się z zestawów

danych (ang. *FeatureDataset*) oraz poszczególnych klas obiektów (ang. *Feature Class*). Zestawy danych odpowiadają strukturze tematycznych kategorii, natomiast klasy obiektów – warstwom tworzącym mapę nawigacyjną. Istnieje możliwość ustalenia odniesienia przestrzennego dla zestawów danych, w tym układu współrzędnych, zakresu czy precyzji danych. W tym przypadku przypisano układ WGS-84, który jest stosowany w nawigacji.



Rys. 2. Klasy obiektów dla zestawu *naturalne formy terenu*

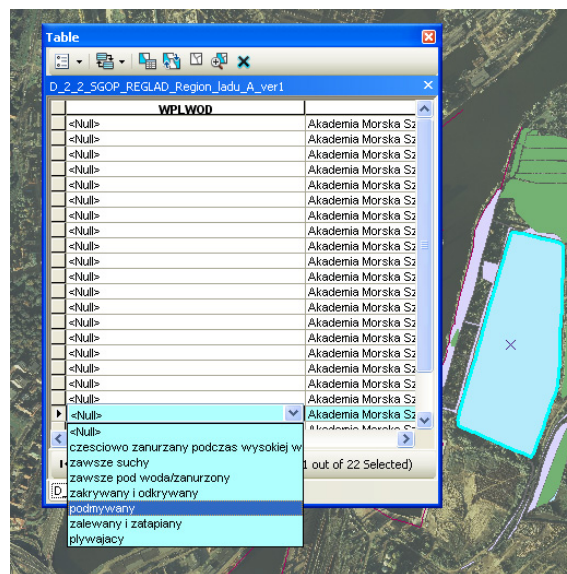
Klasy obiektów posiadają odpowiednie atrybuty, a każda z nich może być przedstawiana za pomocą geometrii różnego typu (punkt, linia, obszar). W celu zabezpieczenia przed wprowadzeniem do geobazy błędnych danych, zdefiniowano podtypy oraz domeny obiektów. Usprawniło to zarządzanie danymi oraz ich tworzenie czy modyfikację. Przykładowo dla klasy *region łądu* stworzono następujące podtypy: mokradła, moczary, trzęsawisko, torfowisko, pola zalewowe, obszary rolnicze, pastwisko, park, błota oraz osuwisko. Są one zgodne z wartościami atrybutu *kategoria łądu*. Stworzenie ich podniosło efektywność opracowywania obiektów – dało możliwość bezpośredniego wyboru kategorii łądu, który chcemy w danym momencie utworzyć.



Rys. 3. Podtypy dla warstwy *kategoria łądu*

W celu ułatwienia pracy przy wypełnianiu tabeli atrybutów opracowano dla nich odpowiednie domeny. Ograniczają one możliwość popełnienia błędów oraz określają ich dopuszczalne wartości. Dla przykładu atrybut *wpływ wody*, przyjmuje następujące wartości:

1. częściowo zanurzany podczas wysokiej wody,
2. zawsze suchy,
3. zawsze pod wodą/zanurzony,
4. zakrywany i odkrywany,
5. podmywany,
6. zalewany i zatapiający,
7. pływający.



Rys. 4. Edycja atrybutu *wpływ wody*

Dzięki domenom w trakcie uzupełniania atrybutów istnieje możliwość bezpośredniego wyboru wartości atrybutu. Korzystając z opracowanej w ramach projektu geobazy możliwe jest utworzenie struktury danych, będących finalnie precyzyjną mapą elektroniczną.

## 5. PODSUMOWANIE

W artykule zaproponowano metodę tworzenia precyzyjnych map nawigacyjnych w oparciu o najnowsze technologie pomiarowe. Autorzy zaproponowali aspekty opracowania precyzyjnej mapy elektronicznej, zawierającej dane topograficzne i batymetryczne o znacznie wyższej dokładności niż sugerowane w standardach. Jest to możliwe dzięki aparaturze pomiarowej o wysokiej rozdzielczości oraz małym błędzie pomiaru.

Poddając analizie obowiązujące standardy do produkcji map elektronicznych (S-57, Digest C), autorzy wypracowali prototypową metodę połączenia wszystkich standardów w trakcie produkcji precyzyjnej mapy elektronicznej dla obszaru portowego. Metoda ta pozwoliła na adaptację obiektów i migrację ich atrybutów, opisywanych w wyżej wymie-



nionych standardach oraz połączenie ich w jeden zestaw danych jakim jest mapa numeryczna. Dodatkowo, wyodrębniono nowe obiekty i opisujące je atrybuty, np.: koła ratunkowe, monitoring wizyjny czy oświetlenie budynków. W rezultacie, powstała propozycja zestawu obiektów i ich atrybutów, dedykowanych produkcji mapy elektronicznej dla obszaru portowego.

Autorzy przedstawili wykorzystanie geobazy danych do tworzenia precyzyjnych elektronicznych map nawigacyjnych. Ze względu na jej funkcjonalność, można ją wykorzystywać do tworzenia, modyfikacji oraz zarządzania dużą ilością danych. Istotną zaletą jest możliwość zastosowania podtypów atrybutów oraz ich domen, co znacznie redukuje ilość błędów i ułatwia pracę z danymi.

Poniżej przedstawiono wynik pracy zespołu autorów opracowania – porównanie fragmentu typowej elektronicznej mapy nawigacyjnej z precyzyjnym produktem mapowym.



Rys. 5. Fragment typowej mapy Standardu S-57 (po lewej) oraz precyzyjnej elektronicznej mapy nawigacyjnej (po prawej)

## LITERATURA

Odwołanie do artykułów:

Łubczonek J., Włodarczyk M., 2009. Tworzenie i aktualizacja map elektronicznych dla żeglugi śródlądowej z wykorzystaniem cyfrowych obrazów teledetekcyjnych, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, s. 261–274.

Pietrzak S. (kmdr por.), 2008. Porównanie cyfrowych map morskich wykonanych w standardzie ENC/S-57 i DNC/VPF w kontekście ich wykorzystania w systemach ECDIS, BHMW Gdynia.

Odwołanie do standardów:

IHO, 1996. *Specification for Chart Content and Display Aspects of ECDIS Ed.5.0.Special Publication No. 52*

IHO, 2000. *Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, Ed.3.1.Special Publication No. 57.*

IHO, 2007. *Annex A to Circular Letter 108/2007.IHB File No. S3/8151/CHRIS.*

IHO, 2008. *Standards for Hydrographic Surveys, 5th Edition, February 2008. Special Publication N<sup>o</sup>44.*

Inland ENC Harmonization Group, 2008a. *Inland Electronic Navigational Chart Encoding Guide, Edition 1, version 3.1.*

Inland ENC Harmonization Group, 2008b. *Inland ENC Feature Catalogue, Edition 2.1.*

IHO, 2009. *Transfer Standard For Digital Hydrographic Data. Supplementary Information for the Encoding of S-57 Edition 3.1 ENC Data (S-57 Supplement No. 2).*

IHO, 2010. *IHO Universal Hydrographic Data Model, Edition 1.0.0.*

Odwołanie do stron internetowych:

<http://www.efforts-project.org>

### **ASPECTS OF CREATION PRECISE ELECTRONIC NAVIGATIONAL CHARTS**

KEY WORDS: electronic navigational charts, navigation, geodatabase

SUMMARY: Nowadays, while maritime expedition is still in big progress, the requirements for maritime harbours and sea-river ports are to carry out the larger vessels. It is the harbour manager obligation to ensure the safe depth for entering vessels and the master of the vessel or pilot, to maintain safety of navigation during maneuvering in harbour basins. Used, so far, paper maps are gradually replaced by the electronic navigational charts (ENC), which are corresponding with the standards described in detail by International Hydrographic Organization (IHO). In its publication: S-57 and S-52, the Organization shows the ENCs encoding format and presentation of data on the screen. S-44 Standard describes the bathymetric measurement accuracy. The bathymetry is the essential element of typical ENC charts. Creating the ENC chart requires data from various sources, such as terrestrial measurements, ortophotos, satellite images, historical information and bathymetric surveying. Each of these data has its own precision and therefore has a different accuracy. Mapping of the coastline depends on the accuracy of the raster and usually requires the verification on the land, with usage of surveying tools or GPS-RTK. Precision in bathymetric surveying generates a potential errors of accuracy, due to the use of the acoustic equipment and also bathymetric systems peripherals sensors, such a position from the GPS antenna. In this article, the authors are presenting an analysis of standards and their application in production of the precise navigational charts ENC. Within the framework of this study, the extended with additional mapping objects geodatabase were described and prepared.

Prof. hab. dr inż. Andrzej Stateczny  
e-mail: [a.stateczny@am.szczecin.pl](mailto:a.stateczny@am.szczecin.pl)

mgr inż. Izabela Bodus-Olkowska  
e-mail: [i.olkowska@am.szczecin.pl](mailto:i.olkowska@am.szczecin.pl)

mgr inż. Marta Włodarczyk-Sielicka  
e-mail: [m.wlodarczyk@am.szczecin.pl](mailto:m.wlodarczyk@am.szczecin.pl)

mgr inż. Grzegorz Zaniewicz  
e-mail: [g.zaniewicz@am.szczecin.pl](mailto:g.zaniewicz@am.szczecin.pl)  
telefon: 91 4877177