

## TWORZENIE ELEKTRONICZNYCH MAP NAWIGACYJNYCH DLA ŻEGLUGI ŚRÓDLĄDOWEJ W POLSCE

### DEVELOPMENT OF ELECTRONIC NAVIGATION CHARTS FOR INLAND SHIPPING IN POLAND

Andrzej Stateczny<sup>1</sup>, Jacek Łubczonek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Geoinformatyki, Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska w Szczecinie

<sup>2</sup> Zakład Bezpieczeństwa Nawigacyjnego, Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska w Szczecinie

**Słowa kluczowe:** mapa elektroniczna, żegluga śródlądowa, nawigacja  
Keywords: electronic chart, inland shipping, navigation

### Wprowadzenie

Mapy nawigacyjne zawierają podstawowe informacje wykorzystywane przez nawigatora. W Europie mapy elektroniczne dla żeglugi śródlądowej (ang. *Inland Electronic Navigational Chart, Inland, IENC*, tłumaczenie własne) udostępniane są z reguły nieodpłatnie, co umożliwia ich stosowanie przez szerokie grono użytkowników. Pokrycie komórkami map elektronicznych obejmuje już większość najważniejszych żeglownych rzek europejskich na terytorium następujących państw: Austrii, Belgii, Chorwacji, Czech, Francji, Holandii, Niemiec, Węgier, Rumunii, Rosji, Serbii, Słowacji, Szwajcarii i Ukrainy. Powołując się na informacje zawarte w opracowaniu grupy zajmującej się standaryzacją map elektronicznych dla żeglugi śródlądowej (ang. *Inland ENC Harmonization Group, IEHG*, tłumaczenie własne) (IEHG, 2010a), począwszy od roku 2005 wyprodukowano komórki map nawigacyjnych pokrywających ponad 4000 km śródlądowych szlaków wodnych, wliczając w to rzekę Dunaj, Ren, Neckar, Main, Scheldt, Garonne i inne. Na samych wodach rosyjskich wyprodukowano ponad 270 komórek IENC pokrywających 2600 km tamtejszych wód śródlądowych. Obecnie szacuje się, że z map elektronicznych w Europie korzysta więcej niż 2500 statków. Podobnie sytuacja wygląda w USA, gdzie 45 komórek map pokrywa ok. 6200 km szlaków wodnych.

Zgodnie z założeniami dyrektywy 2005/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie zharmonizowanych usług informacji rzecznej (RIS) na śródlądowych drogach wodnych we Wspólnocie (Dyrektywa, 2005) i ustawy o zmianie ustawy o żegludzie śródlądowej (Ustawa, 2008) dokonującej w zakresie swojej regulacji jej wdrożenia, mapy takie powinien udostęp-

niać przyszły Rzeczny System Informacyjny (ang. *River Information Services*, *RIS*, tłumaczenie własne) obejmujący swoim zasięgiem akwatorium dolnej Odry, Odry zachodniej, wschodniej i jeziora Dąbie. W Polsce komórki map elektronicznych dla potrzeb nawigacji morskiej produkuje Biuro Hydrograficzne Marynarki Wojennej (BHMW), które zapewniło pełne pokrycie polskich wód morskich mapami elektronicznymi, w tym pokrycie toru wodnego Szczecin-Świnoujście. Komórkami łączącymi wody morskie i wody śródlądowe, objęte obowiązkiem wdrożenia RIS są: mapa drogowa o numerze 38 (PL4MAP38) i komórka portowa Szczecina (PL5SZCE). Obszar przyszłego wdrożenia RIS nie jest objęty żadnymi autoryzowanymi mapami nawigacyjnymi spełniającymi standard Inland ECDIS.

W artykule przedstawiono produkcję map elektronicznych realizowaną przez Akademię Morską w Szczecinie i BHMW w Gdyni. Taka realizacja procesu tworzenia map usprawniła etap gromadzenia i opracowania potrzebnych danych przestrzennych oraz kompilacji komórki mapy za pomocą dedykowanego oprogramowania, które wykorzystuje do produkcji komórek BHMW. Efektem współpracy jest opracowanie pełnowartościowych elektronicznych map nawigacyjnych, które można wykorzystywać w standaryzowanych nawigacyjnych systemach ECDIS.

## Mapy elektroniczne dla żeglugi śródlądowej

Komórki map elektronicznych stanowią bazę danych wykorzystywaną w systemie Inland ECDIS. Zgodnie ze specyfikacją techniczną baza ta powinna zapewnić zgodność z systemem ECDIS dla żeglugi morskiej. Kompatybilność elektronicznych map morskich i śródlądowych jest warunkiem koniecznym w celu zapewnienia interoperacyjności systemów nawigacyjnych statków morskich, morsko-rzecznych i rzecznych. W przypadku systemu RIS dolnej Odry, aspekt stosowania jednolitych standardów zapisu danych i standardu wizualizacji jest szczególnie istotny, ze względu na łączenie się w porcie Szczecin wód śródlądowych i morskich. Na wstępie ustalono, że obszar RIS będzie pokryty 8 komórkami map, co stanowi łącznie ok. 100 km szlaków wodnych (rys. 1). Dwie komórki posiadają typowy charakter rzeczno-morski (oznaczone na rysunku jako ENC/IENC) ze względu na łączenie się w ich obrębie wód śródlądowych i wewnętrznych morskich, natomiast pozostałe są komórkami typowo śródlądowymi (oznaczone na rysunku jako IENC).

Sam standard budowy komórek map elektronicznych na potrzeby systemu obrazowania elektronicznych map i informacji nawigacyjnych dla żeglugi śródlądowej (ang. *Inland Electronic Chart Display and Information System*, *Inland ECDIS*) nawiązuje do standardów ustalonych przez Międzynarodową Organizację Hydrograficzną (ang. *International Hydrographic Organization*, *IHO*) opracowanych dla morskich map elektronicznych (IHO, 2000a, 2000b, 2000c, 2002). W celu zachowania interoperacyjności systemów morskich i rzecznych należy stosować oprogramowanie do produkcji map morskich z bibliotekami obiektów i symboli właściwych dla akwenów śródlądowych. Oprogramowanie takie umożliwi tworzenie jednolitych komórek map śródlądowych oraz nakładanie tej informacji na komórki morskie.

Baza danych mapy elektronicznej powinna zawierać obiekty niezbędne do wykorzystania mapy w trybie nawigacyjnym i nie może przekraczać 5 Mb. Aby baza danych tworząca mapę elektroniczną spełniała formalne wymagania, musi być na bieżąco aktualizowana.

Mapa elektroniczna dla żeglugi śródlądowej powinna obowiązkowo zawierać przynajmniej następujące elementy:

- linię brzegową,
- konstrukcje brzegowe (np. falochrony, śluzy) – dotyczy każdej konstrukcji stanowiącej niebezpieczeństwo dla nawigacji,
- kontury śluz i jazów,
- granice torów wodnych, jeżeli są wyznaczone,
- oficjalne pomoce nawigacyjne, np. stawy, pławy, światła, znaki żeglugowe,
- oś toru wodnego z naniesionym kilometrażem lub hektometrażem, bądź jednostkami określonymi w milach rzecznych,
- odosobnione niebezpieczeństwa na torze wodnym powyżej i poniżej poziomu wody, takie jak: przeszkody podwodne, mosty, przewody wysokiego napięcia.

Oprócz wymagań minimalnych, instrukcja kodowania obiektów i ich katalog (IEHG, 2010a; 2010b) zawierają rekomendowane obiekty, atrybuty oraz ich wartości właściwe dla każdej mapy elektronicznej. Każdy kraj lub region może zdecydować, które z rekomendowanych obiektów, atrybutów oraz ich wartości są potrzebne do spełnienia odpowiednich wymagań.

## Dane wykorzystywane w produkcji map

Ze względu na ilość danych i ich rodzaje mapy można podzielić na cztery grupy: topograficzne, batymetryczne, nawigacyjne oraz znaki żeglugowe. Taki podział związany jest również z późniejszymi metodami ich pozyskiwania i opracowania. Część danych źródłowych w postaci wektorowej bądź analogowej, wykorzystanych podczas opracowywania map, udostępniły następujące instytucje w Szczecinie: Urząd Morski, Urząd Miasta, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej, Zarząd Dróg i Transportu Miejskiego oraz PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Etap przygotowania danych jest najbardziej czasochłonny, co jest związane z ich przetwarzaniem (głównie transformacje danych wektorowych i rastrowych związane z rejestracją danych w geograficznym układzie współrzędnych WGS 84), digitalizacją, aktualizacją, weryfikacją czy uzupełnianiem atrybutów. Przygotowane dane powinny charakteryzować się odpowiednią dokładnością sytuacyjno-wysokościową, co w wielu przypadkach pociąga za sobą wykonanie dodatkowych pomiarów polowych czy weryfikacji dokładności danych już posiadanych. W przyjętym zakresie przestrzennym komórek obejmującym zakres RIS obszar opracowania danych wynosi ok. 280 km<sup>2</sup>.

## Dane topograficzne

Mapy nawigacyjne, ze względu na swoje przeznaczenie, zawierają informacje topograficzne użyteczne z punktu widzenia nawigacji. Na podstawie kategoryzacji obiektów zawartych w publikacji (IEHG, 2010b) obiekty topograficzne, które należy uwzględnić w mapie elektronicznej, ograniczono do naturalnych obiektów lądowych takich jak: obszar lądu, region lądu, naturalne wydmy i wały, ściany skalne i linia brzegowa. W związku z tym, że w szerszym ujęciu zadaniem topografii jest przedstawienie na mapie oprócz rzeźby terenu również innych obiektów naturalnych bądź sztucznych znajdujących się na jej powierzchni, dodatkowo należy uwzględnić w tej grupie obiekty lądowe wyszczególnione w pozostałych kategoriach, takie jak: lasy, drogi, obszary zurbanizowane, budynki i wiele innych.

W przypadku danych topograficznych przepisy nie uwzględniają metod pozyskiwania danych, a tylko określają ich dokładność sytuacyjną. Informacje te znajdują się w publikacji (IHO, 2008), w której dokładność sytuacyjna danych topograficznych jest uzależniona od jej znaczenia w nawigacji. W przypadku obiektów topograficznych mających znaczenia dla nawigacji, tj. w obszarach specjalnych 1a i 1b dokładność ta powinna wynosić 2 m, natomiast w obszarze 2 wartość ta wynosi 5 m. Wszystkie dokładności podano dla 95% poziomu ufności. W przypadku pozycjonowania linii brzegowej i topografii mającej mniejsze znaczenia dla nawigacji, dokładność ta wynosi 10 m dla obszaru specjalnego i 20 m dla pozostałych.

Problem w określeniu dokładności danych topograficznych związany jest z brakiem uszczegółowienia dokładności sytuacyjnej konkretnych obiektów, która może być mniejsza bądź większa ze względu na ich znaczenie w nawigacji. Dotyczy to z pewnością zróżnicowanych oczekiwań co do dokładności takich danych jak np. linia brzegowa tranzytowych odcinków dróg wodnych, nabrzeży portowych, mostów czy śluz. W związku z tym, tworząc mapy dla żeglugi śródlądowej, dokładność sytuacyjna obiektów topograficznych powinna być dostosowana do ich znaczenia w nawigacji, jak również dokładności pozycjonowania jednostek śródlądowych z jednoczesnym spełnieniem wymagań zawartych w standardzie IHO S-44.

Dokładność kartowania poszczególnych obiektów określono według ich szczególnego znaczenia dla żeglugi, co również powiązane było z metodą ich pozyskiwania. Jednymi z ważniejszych obiektów są mosty, stąd kartowano je z wykorzystaniem map zasadniczych i dodatkowo weryfikowano dane pomiarami bezpośrednimi techniką RTK zapewniającą centymetrowe dokładności. Uzupełniającymi materiałami były analogowe rysunki techniczne mostów, co wymagało ich digitalizacji i rejestracji w układzie współrzędnych projektu.

W przypadku braku możliwości wykonania pomiarów (mosty kolejowe), wykorzystano do wektoryzacji głównie mapy zasadnicze. W większości przypadków zawodne okazały się ortofotomapy, ze względu na małą rozdzielczość (0,5 oraz 1 m) czy pozorne wychylenie przesł i podpór. Materiały te mogą być wykorzystane w przypadku wektoryzacji mostów nie stanowiących ograniczeń żeglugowych, po weryfikacji danych pomiarami RTK. Kolejnym, równie ważnym obiektem jest linia brzegowa. Do kartowania linii brzegowej wykorzystano obrazy satelitarne i zdjęcia lotnicze, co bardzo przyspieszyło czas ich pozyskania i opracowania. W dodatkowych badaniach określono dokładność sytuacyjną wektoryzowanych danych na podstawie bezpośrednich pomiarów w celu zapewnienia dokładności zawartych w standardzie IHO S-44 (Łubczonek, Włodarczyk, 2009a; 2009b). Do opracowania można było wykorzystywać materiały o terenowej rozdzielczości piksela na poziomie 0,5 jak również 1 m. Jednak dane te nie zawsze są poprawnie opracowane, stąd w przypadku obszarów ważnych dla nawigacji należy dokonać dodatkowych terenowych pomiarów weryfikujących (np. linia brzegowa w pobliżu mostów). Przykładową linię brzegową, wyznaczającą granice obszaru lądu (obiekt LNDARE) przedstawiono na rysunku 2.

Ortofotomapy wykorzystano również do wektoryzacji takich obiektów jak lasy, obszary zadrzewione, obszary zurbanizowane, drogi, linie kolejowe, kominy, maszty kratowe i inne. W przypadku obiektów słabo rozpoznawalnych, takich jak linie kolejowe czy kominy korzystać dodatkowo z rastrowych map topograficznych w skali 1:10 000.

## Dane batymetryczne

Analizując aspekt wykonywania pomiarów batymetrycznych należy wziąć pod uwagę wymagania Międzynarodowej Organizacji Morskiej (ang. *International Maritime Organization, IMO*) w stosunku do dokładności pozycji w nawigacji morskiej, w żegludze przybrzeżnej oraz na podejściach do portów i portowych wodach wewnętrznych. Wymagania przedstawiono w tabeli 1 opracowanej na podstawie rezolucji IMO A 915(22) z 2001 r.

Analizując powyższe dane należy wskazać, że w celu zapewnienia odpowiedniej dokładności sytuacyjnej pomiarów batymetrycznych, na całym obszarze RIS dolnej Odry zaleca się stosowanie DGPS/RTK lub RTK.

Standard IHO S-44 dotyczący pomiarów batymetrycznych definiuje pojęcie „akwen specjalny” dotyczący akwatoriów portowych, miejsc postojowych i krytycznych akwenów kanałów żeglownych. Należy przyjąć, że ze względu na ograniczenie głębokości na całym akwatorium wdrażanego systemu RIS, pomiary hydrograficzne powinny być prowadzone zgodnie ze standardem IHO S-44 z kategorią akwen specjalny, w którym wymagana jest dokładność pozycjonowania 2 m, pełne przeszukanie dna z detekcją obiektów o objętości większej niż 1 m<sup>3</sup>.

Wymagania powyższe wskazują na konieczność stosowania pozycjonowania GPS RTK oraz wykonania przeszukania sonarowego w celu uzyskania pełnego przeszukania dna.

Wizualizacja danych batymetrycznych realizowana jest przez prezentowanie izobat lub/i obszarów głębokości. Wszystkie izobaty muszą być predefiniowane na etapie opracowania danych batymetrycznych, a następnie zapamiętane w bazie danych. Rozmiar komórki zależny jest od liczby izobat, zatem musi być ona ograniczona do optymalnego poziomu, bądź zakres komórki powinien być dostosowany do przewidywanej ilości danych batymetrycznych.

W akwatorium dolnej Odry występują głębokości tranzytowe od 2,5 do 4 m (Stateczny, Trojanowski, 2007). Ze względu na znaczenie nawigacyjne głębokości w zakresie 1-2,5 m zespół autorów sugeruje generowanie izobat w tym zakresie z interwałem 0,1 m (pierwszą izobata byłaby izobata 1 m), zaś powyżej 2,5 m generowanie izobat co 0,5 m. Pomiary na akwencie przeprowadzono wielowiązkową sondą interferometryczną Geoswatch+ i jednowiązkową EA400 o dużym zagęszczeniu punktów. Pomiary były również weryfikowane na podstawie obrazów sonarowych rejestrowanym sonarem MS1000, który może pracować zarówno w trybie sonaru bocznego jak i skanującego. Przykładowe dane batymetryczne przedstawiono na rysunku 3.

Odrębnym problemem jest poziom odniesienia głębokości. Po przeprowadzonej analizie zespół autorów rekomenduje zastosowanie analogicznego jak dla map morskich poziomu od-

**Tabela 1.** Wymagania radionawigacyjne w zależności od faz żeglugi (Stateczny, Trojanowski, 2007).

Fazy nawigacji morskiej	Dokładność pozycji błąd horyzontalny [m]	Dostępność w 30 dni [%]	Ciągłość w 3 h [%]	Zalecany system
Oceaniczna	10	99,8	99,97	GPS
Przybrzeżna	10	99,8	99,97	DGPS
Podejście do portu /akweny ograniczone	10	99,8	99,97	DGPS/RTK
Port	1	99,8	99,97	RTK
Wody śródlądowe	10	99,8	99,97	DGPS/RTK

niesienia, tj. średniego poziomu morza. Na przykład w porcie Szczecin średni poziom morza wynosi +13 cm w stosunku do wodowskazu w Amsterdamie (Amsterdam 500) i taki poziom przyjęto w trakcie produkcji komórek map elektronicznych w Szczecińskim Węźle Wodnym. Dzięki takiemu podejściu nie ma „uskoków” głębokości pomiędzy mapami morskimi i śródlądowymi. Na akwatorium RIS dolnej Odry na obszarach leżących w górę rzeki sugeruje się przyjmowanie średniego poziomu odniesienia według wskazań najbliższych wodowskazów.

## Dane nawigacyjne

Dane nawigacyjne obejmują rzeczywiste obiekty znajdujące się na akwenie (np. pławy), jak również symbole mające charakter czysto informacyjny (np. kierunki ruchu, obszary zwrócenia uwagi). Ich ilość zależy od odcinka akwenu żeglownego. W obszarze opracowania największe zagęszczenie danych występuje w Szczecińskim Węźle Wodnym, na którym znajdują się mosty, odcinki zmiany kierunku ruchu, lokalne wypłyenia, światła, pławy oraz niebezpieczeństwa nawigacyjne. W zakres danych nawigacyjnych w opracowywanych komórkach wchodzi głównie:

- pławy, wyznaczające głównie tory wodne, rozwidlenia torów, pławy kardynalne i odosobnionego niebezpieczeństwa,
- wodowskazy,
- reflektory radarowe,
- światła (znajdujące na mostach),
- obszary zwrócenia uwagi,
- oznaczenia kierunków ruchu
- niebezpieczeństwa nawigacyjne (wraki, sieci rybackie).

Dane te pochodziły głównie z materiałów udostępnionych przez RZGW w Szczecinie, bezpośrednich obserwacji terenowych oraz nanoszono je na podstawie danych informacyjnych zawartych w aktualnych przepisach żeglugowych (Zarządzenie, 2004). Należy przy tym nadmienić, że takie obiekty jak pławy cechuje zmienność położenia uwarunkowana ich sezonowym zdejmowaniem i ponownym stawianiem. Podobna sytuacja dotyczy sieci rybackich, które cechuje dość spora rozbieżność pomiędzy wyznaczoną lokalizacją a rzeczywistym położeniem. Niektóre informacje posiadające istotne znaczenie identyfikowano w trakcie opracowania innych danych, np. podczas analizy batymetrii akwenu wykrywano lokalne wypłyenia. Przykładowy tor wodny z pławami oraz sieci rybackie na jeziorze Dąbie zilustrowano na źródłowych danych zamieszczonych na rysunku 5.

## Znaki żeglugowe

Podstawowe znaki żeglugowe regulujące ruch statków na śródlądowych drogach wodnych to znaki zakazu, nakazu, ograniczenia, zalecenia oraz informacyjne. Znaki te mogą się znajdować na mostach, brzegu i innych obiektach, takich jak np. dalby. Znaki żeglugowe dostarczają istotnych informacji na szlaku żeglownym, dlatego również powinny stanowić ważny element map elektronicznych. Przykładowe znaki nawigacyjne na Odrze zachodniej przedstawiono na rysunku 6.

Dane związane z oznakowaniem akwenów przyszłego RIS są w posiadaniu RZGW w Szczecinie, który odpowiada za wystawianie oraz bieżącą konserwację znaków nawigacyjnych na szlaku żeglownym, a co za tym idzie posiada informacje odnośnie rodzajów i pozycji geograficznych tych znaków. W związku z problemami udostępnienia podstawowych informacji potrzebnych do przedstawienia warstwy na mapie cyfrowej jedynym rozwiązaniem jest pozyskanie danych w terenie. Do określenia pozycji znaków na mostach jak i na brzegu wykorzystano zestaw pomiarowy GPS RTK. Do pomiarów punktów niedostępnych można wykorzystać dalmierz laserowy. Znaki informacyjne niestety cechuje pewna zmienność położenia, stąd wskazana jest ich częsta aktualizacja na mapie nawigacyjnej.

## Kodowanie obiektów w mapie elektronicznej

Informacje, które powinny być zawarte na mapie elektronicznej dla żeglugi śródlądowej (ang. *Inland Electronic Navigational Chart, Inland ENC*), są określone w standardach hydrograficznych wydanych przez Międzynarodową Organizację Hydrograficzną. Tworząc mapy dla żeglugi śródlądowej należy także korzystać ze specjalnie do tego celu opracowanych standardów dotyczących katalogu obiektów (IEHG, 2010b) oraz wytycznych ich kodowania zawartych w specjalnie do tego celu przygotowanym przewodniku (IEHG, 2010a). W przewodniku kodowania obiektów map elektronicznych sklasyfikowano, cztery podstawowe grupy danych: ogólne, geograficzne, hydrograficzne oraz pomoce i usługi. W tych grupach zdefiniowano jest łącznie 19 kategorii obiektów (tłumaczenie własne), oznaczonych odpowiednią literą porządkową:

C – metadane IEN	M – obszary, ograniczenia
D – obiekty geograficzne	N – światła
E – obiekty kulturowe	O – pławy, stawy i znaki dzienne, znaki żeglugowe
F – charakterystyczne obiekty terenowe	P – sygnały mgłowe
G – porty, drogi wodne	Q – radar, systemy radiowe, pozycjonowanie elektroniczne
H – prądy	R – usługi
I – głębokości	S – urządzenia dla małych jednostek
J – skały, wraki, przeszkody	T – czas i postępowanie
K – urządzenia przybrzeżne	U – prawny ECDIS
L – trasy, szlaki	

Natomiast w każdej kategorii znajdują się zestawy obiektów, grupujące klasy obiektów. Klasy obiektów tworzą właściwy zasób informacyjny mapy, stąd posiadają predefiniowane dozwolone atrybuty oraz model przestrzenny. Przykładowe drzewo struktury kategorii obiektów naturalnych składa się z trzech zestawów obiektów (hydrologia, topografia, roślinność) oraz znajdujących się w nich klasy obiektów (kanały, rzeki, nazwy akwenów i inne).

Obiekty geograficzne:	D – obiekty naturalne	
D.1 hydrologia	D.2 topografia	D.3 roślinność
D.1.1 kanały (nienawigacyjne)	D.2.1 obszar lądu	D.3.1 roślinność
D.1.2 rzeki (nienawigacyjne)	D.2.2 region lądu	
D.1.3 nazwy akwenów	D.2.3 naturalne wydmy i wały	
D.1.4 pogłębione jezioro	D.2.4 ściany skalne	
D.1.5 jezioro	D.2.5 linia brzegowa	

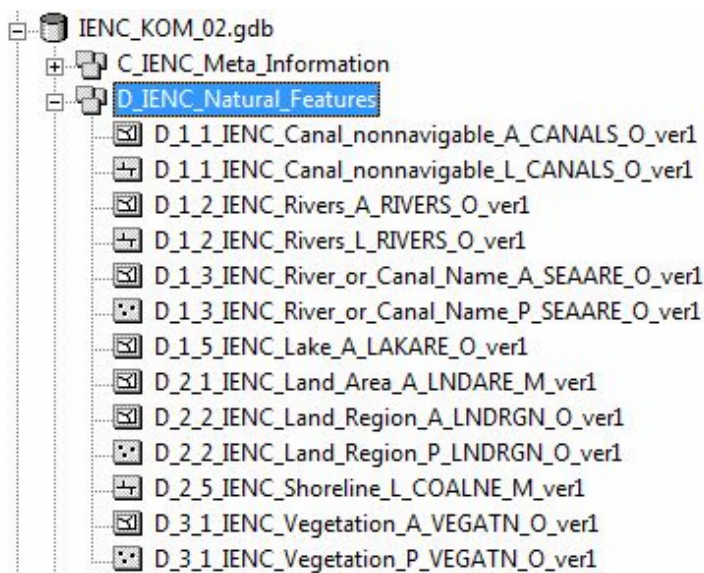
Łącznie przewodnik kodowania obiektów uwzględnia 154 zestawy obiektów, w których może znajdować się od jednego do kilkudziesięciu klas. Należy przy tym nadmienić, że publikacja IEHG (2010b) wyszczególnia więcej obiektów niż przewodnik kodowania, co również należy mieć na uwadze podczas opracowania mapy. Dodatkowo każda klasa może być przedstawiona za pomocą różnych modeli przestrzennych (punkt, linia, obszar) i posiadać od kilku do kilkunastu atrybutów. W związku z tym, w momencie tworzenia obiektu w bazie danych, należy uzupełnić je o wiele innych informacji np. kształt, kolor, rodzaj konstrukcji, nazwa, wysokość, dokładność pionowa wysokości, wzniesienie, a czasami wiele innych wartości atrybutów.

## Opracowanie danych i kompilacja komórki

Dane w Akademii Morskiej opracowywane są w oprogramowaniu ArcGIS Desktop, zgodnie z przyjętą metodyką tworzenia projektu GIS. Podczas opracowywania danych korzystano z następujących aplikacji: ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox i ArcScene. Ostatnia aplikacja była wykorzystywana do przestrzennej weryfikacji danych batymetrycznych. Do opracowywania tak zróżnicowanej i dużej liczby danych stworzono geobazę danych, która umożliwiła:

- utworzenie podstawowej struktury danych zgodne z przewodnikiem kodowania mapy,
- scentralizowane zarządzanie danymi,
- tworzenie, edycję oraz modyfikację danych, w tym edycję topologiczną,
- wykorzystanie opcji redukujących wprowadzanie błędnych danych, przez tworzenie podtypów i domen obiektów.

W celu sprawnej identyfikacji klas obiektów w nazwie klasy stosowano umowy kod drzewa obiektów składający się z: litery oraz liczb porządkowych (np. D\_1\_1), pełnej nazwy klasy (np. Canal\_nonnavigable), typu geometrii (A – obszar, L – linia, P – punkt), standaryzowanej nazwy atrybutu (np. CANALS), statusu atrybutu (M – obowiązkowy, C – warunkowy, O – opcjonalny) i wersji opracowania (rys. 4).



**Rys. 4.** Przykładowa organizacja danych w geobazie: zestawy obiektów, klasy obiektów i kodowane nazwy klas danych



W zakresie zarządzania danymi podobną funkcjonalność oferował ArcMap, który umożliwił z kolei stworzenie identycznej struktury danych w tabeli zawartości (Table of Contents) oraz ich selektywną wizualizację. Zarządzanie tą samą kategorią w ArcMap oraz opracowane dane dla wybranych klas obiektów zilustrowano na rysunku 7.

Tak przygotowane dane były eksportowane w formacie pliku shp i przekazywane do BHMW. Dane te były dalej wprowadzane do oprogramowania, za pomocą którego po ich kompilacji otrzymywano gotową komórkę mapy. Do kompilacji danych wykorzystano pakiet oprogramowania hydrograficznego CARIS - S-57 Composer. Program ten umożliwia produkcję morskich (ENC) i śródlądowych map elektronicznych (IENC) oraz dodatkowych warstw wojskowych (AML). Aplikacja wspiera następujące wersje produktów ENC 3.1 oraz 3.1.1, AML 1.0 oraz 2.1, IENC 2.0 oraz 2.1 i IENC 4.0 na wody USA. W końcowym etapie, dane tworzące wersję ostateczną komórkę mapy są weryfikowane pod kątem zgodności geometrii i atrybutów wg specyfikacji S-57. Finalnym produktem jest pełnowartościowa komórka mapy elektronicznej. Na poniższych rysunkach przedstawiono opracowane komórki map elektronicznych. Na rysunku 8 zilustrowano fragment rzeki Odry Zachodniej z mostem Długim. Na rysunku znajdują się również takie dane jak izobaty, znaki żeglugowe, światła, drogi, wodowskaz, dalby odbojowe, strzałki kierunku ruchu oraz obszar zwrócenia uwagi.

Kolejny przykład to ujście Regalicy do jeziora Dąbie. Za ujściem zaczyna się tor wodny, którego granice wyznaczają pławy. Na akwenie zaznaczono również miejsca sieci rybackich (rys. 9).

Na ostatnim rysunku (rys. 10) przedstawiono zakres pierwszej opracowanej komórki, na której wewnętrzne wody morskie łączą się z wodami śródlądowymi. Mapa ta wyświetlana jest w systemie Inland ECDIS podczas rejsu jednostką hydrograficzną Akademii Morskiej w Szczecinie – Hydrograf XXI. Pierwsze użytkowanie opracowanej mapy połączone jest również z jej weryfikacją w warunkach rzeczywistych, co jest dodatkowym atutem przyjętej strategii produkcji map.

## Podsumowanie

Tworzenie map elektronicznych dla żeglugi śródlądowej wymaga dużego nakładu pracy i odpowiedniego oprogramowania. Spowodowane jest to ilością obiektów, sposobem ich pozyskiwania oraz kodowania. Podczas opracowywania danych wykorzystano różne materiały kartograficzne i teledetekcyjne, takie jak mapy zasadnicze, topograficzne, zdjęcia lotnicze, obrazy satelitarne czy rysunki techniczne mostów. Odrębną częścią opracowania były dane batymetryczne, które wymagały wykorzystania dedykowanego oprogramowania do obróbki danych oraz generowania izobat. Dodatkowym aspektem pracy była weryfikacja danych oraz ocena ich zakresu użyteczności w produkcji map elektronicznych, tak jak miało to miejsce w przypadku zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych. Przedstawione rozwiązanie, realizowane przez dwie różne instytucje, umożliwiło produkcję komórek map elektronicznych, gotowych do użycia w systemie ECDIS.

Mapy elektroniczne na polskie wody, pomimo uruchomienia ich produkcji, niestety na chwilę obecną nie mogą być prawnie wykorzystywane. Stan taki spowodowany jest brakiem powołania odpowiedniego ośrodka RIS, który ustawowo powinien już być powołany i takie mapy udostępniać. W związku z tym, pomimo opracowania gotowych map, w dalszym ciągu problem stanowi kwestia ich udostępnienia.

### Literatura

- Dyrektywa 2005/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 7 września 2005 r. w sprawie zharmonizowania usług informacji rzecznej (RIS) na śródlądowych drogach wodnych we Wspólnocie (Dz.Urz.UE L 255 2005).
- IEHG 2010a: Inland ENC Harmonization Group, Inland Electronic Navigational Chart Encoding Guide, Edition 2, version 2.0.
- IEHG 2010b: Inland ENC Harmonization Group, Inland ENC Feature Catalogue, Edition 2.2.
- IHO, 1996: Specification for Chart Content and Display Aspects of ECDIS Ed.5.0. Special Publication No. 52.
- IHO, 2000a: Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, Ed.3.1. Special Publication No. 57.
- IHO, 2000b: Standard S-57, Ed. 3.1, ENC Product Specification (Appendix B1).
- IHO, 2000c: Standard S-57, Ed. 3.1, IHO Object Catalogue (Appendix A).
- IHO, 2002: Standard S-57, Ed. 3.1, Use of Object Catalogue for ENC (Appendix B.1., Annex A).
- IHO, 2008: Standards for Hydrographic Surveys, 5th Edition, February 2008. Special Publication N° 44.
- Kreft A., Kolanda Ł., Iwicki S., Jędrzychowski H., 2009: Informator nawigacyjny śródlądowych dróg wodnych granicznego i dolnego odcinka rzeki Odry, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej oraz Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Szczecinie, Szczecin.
- Lubczonek J., Włodarczyk M. 2009a: Tworzenie i aktualizacja map elektronicznych dla żeglugi śródlądowej z wykorzystaniem cyfrowych obrazów teledetekcyjnych. V Sympozjum Geoinformacyjne, Kraków, *Archiwum Fotogrametrii Kartografii i Teledetekcji* (w druku).
- Lubczonek J., Włodarczyk M. 2009b: Kartowanie linii brzegowej wód śródlądowych z wykorzystaniem zobrazowań teledetekcyjnych. Zeszyty Naukowe, Akademia Morska Szczecin (w druku).
- Stateczny A., Trojanowski J. 2007: Aspects of Cells Production of Standard Electronic Charts for RIS Dolna Odra Aquatories. *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol.16, No.6B.
- Ustawa z dnia 4 września 2008 r. o zmianie ustawy o żegludze śródlądowej (Dz.U. 2008 nr 171 poz. 1057).
- Zarządzenie Dyrektora Urzędu Żeglugi Śródlądowej w Szczecinie z dnia 7 czerwca 2004 r. w sprawie prawa miejscowego na śródlądowych drogach wodnych (Dz.Urz. woj. zachodniopomorskiego nr 41, poz. 785).

### Abstract

*Nowadays the use of electronic navigation charts (ENC) of European inland waterways has been constantly increasing. Navigational charts are indispensable information source for vessels to be navigated. Together with the precise position from a GPS receiver and appropriate software, they create a basic system of electronic charts. The aim of using charts is to raise safety and effectiveness of inland shipping as well as protection of natural environment. At present, majority of important navigable rivers in Europe within the territory of following countries: Austria, Belgium, Croatia, Czech Republic, France, Germany, Hungary, Netherlands, Romania, Russia, Serbia, Slovakia, Switzerland and Ukraine are covered by electronic charts. Thanks to development of such systems as Inland AIS, DGPS and radars, European navigation undoubtedly has reached the modern status, technologically matching the solutions of 21<sup>st</sup> century.*

*Unfortunately, formal need of inland shipping development in Poland is insignificant and currently we cannot boast about the implementation of various information systems on inland waters, including those related to electronic charts. The only research in this area is conducted by the Maritime Academy in Szczecin, where inland electronic charts are developed in cooperation with the Hydrographic Bureau of Navy. Finally, these charts can be used by people directly or indirectly involved in inland shipping.*

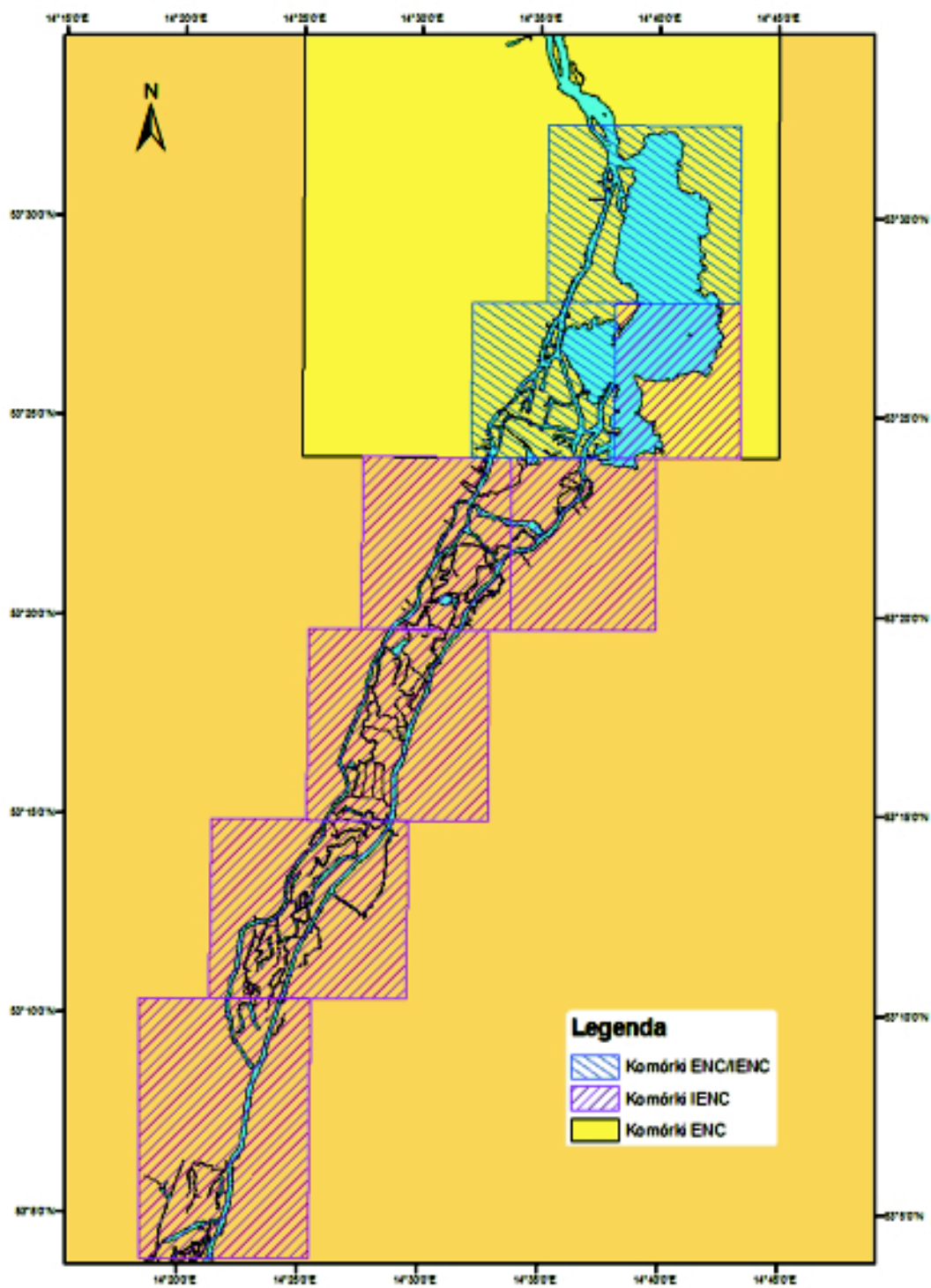
*Chart production is carried out in two stages. The first stage includes data acquisition and preparation, which is done by the Maritime Academy in Szczecin. Data preparation phase generally covers charting of map elements, their coding and attribute filling. In this process, the initial shape of electronic charts is obtained. At this stage, charting is possible by applying appropriate tools of ArcGIS environment, which enable the realization of map projects and elaboration of geodatabase. The second stage of map production is realized in the Hydrographic Bureau of Navy in Gdynia, where all*

*data is passed on. This stage is completed by compilation of electronic navigational charts to a usable form created in hydrographic CARIS software.*

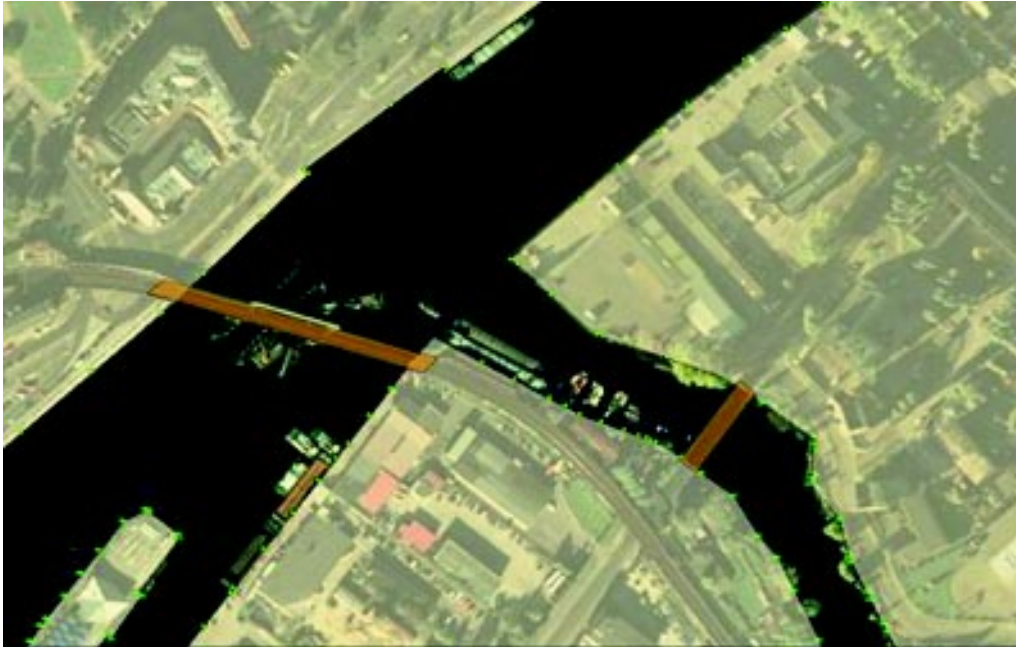
*The range of data used for ENC production is very wide. It covers 19 thematic categories, in which 152 objects are predefined. Additionally, each object can have from few to a dozen or so attributes. Objects can be classified as topographical, navigational and bathymetric elements or notice marks. Depending on the data type, the methods of data acquisition significantly differ. Topographic objects are usually elaborated on the basis of satellite or aerial orthophotomaps, topographic and basic maps and only additionally by field measurements (especially of shoreline). To acquire bathymetric and navigational data or information about notice marks placement, direct data acquisition is necessary. For on-land data collection GPS/RTK set is used, whereas water depth measurements are made using swath bathymetry systems and single beam echo sounder. Additionally, sonar images are registered, which provide valuable information about underwater navigation threats. The equipment available enables registration with high accuracy, which fulfills the precision requirements of hydrographic standards. The complete method of electronic charts production realized in the cooperation of two institutions: the Maritime Academy of Szczecin and the Hydrographic Bureau of Navy in Gdynia is presented in this paper. The method of map production described covers data acquisition, elaboration and management together with the final compilation in dedicated software. Problems connected with inland chart mapping and encountered in our work were also highlighted.*

prof. dr hab. Andrzej Stateczny  
a.stateczny@am.szczecin.pl

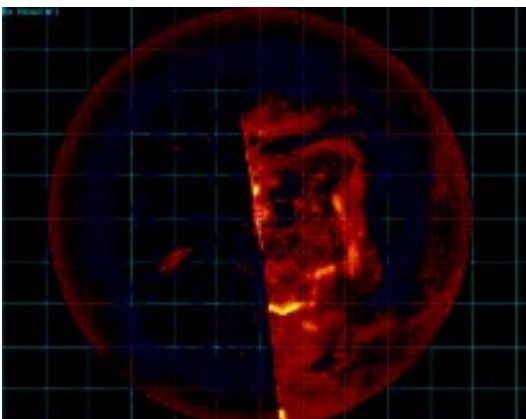
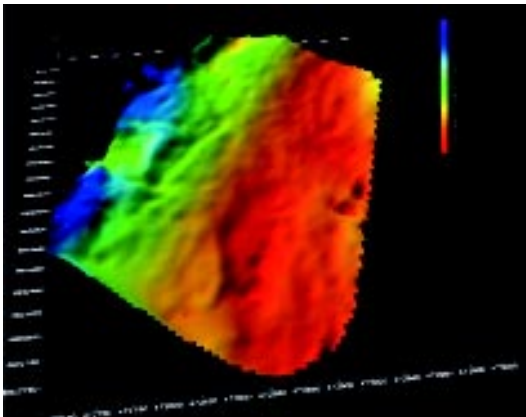
dr inż. Jacek Łubczonek  
j.lubczonek@am.szczecin.pl



Rys. 1. Pokrycie komórkami obszaru RIS w Polsce

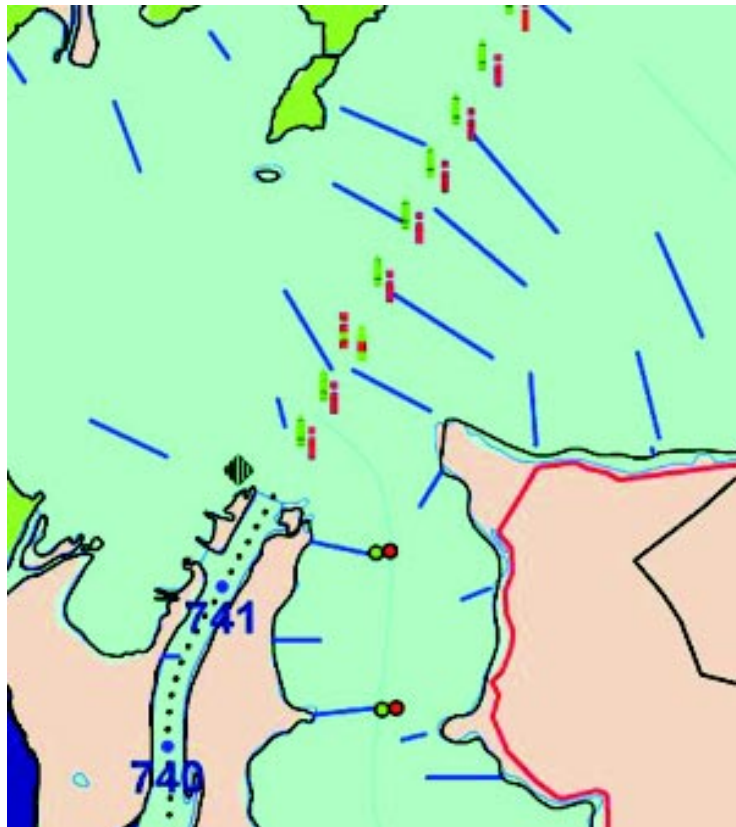


**Rys. 2.** Kartowanie linii brzegowej z wykorzystaniem ortofotomapy (zdjęcie lotnicze, piksel terenowy 0,5 m)



**Rys. 3.** Przetworzone dane batymetryczne rejestrowane przez sondę wielowiązkową oraz obraz rejestrowany sonarem bocznym

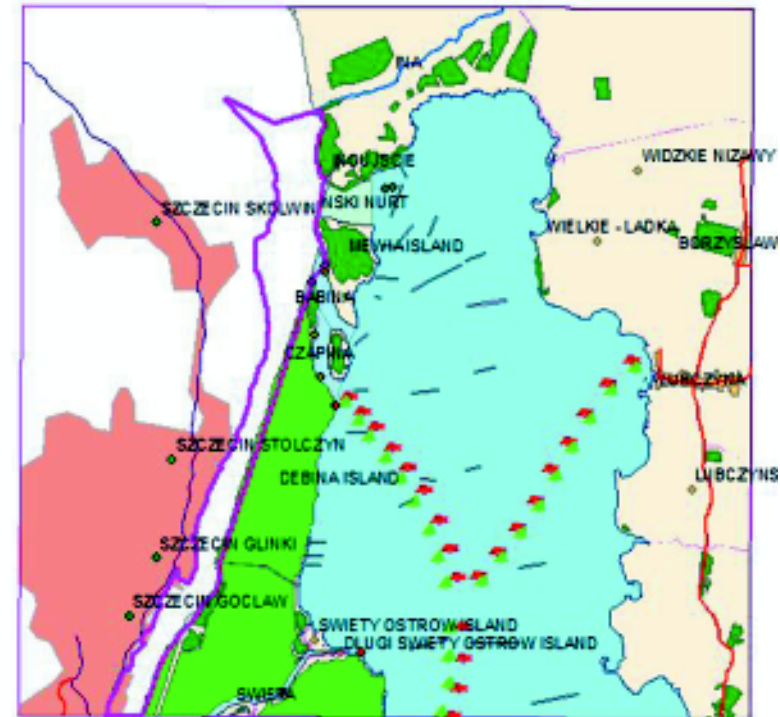
**Rys. 5.** Fragment toru wodnego i stanowiska sieci rybackich na jeziorze Dąbie, ujście rzeki Regalicy (źródło: Kreft i in., 2009)



**Rys. 6.** Znaki żeglugowe na Odrze zachodniej i Parnicy (źródło: Kreft i in., 2009)



- E\_3\_1\_JENC\_Silo\_Storage\_Tank\_P\_SILTNIK\_O\_ver1
- E\_2\_2\_JENC\_Railway\_L\_RAILWAY\_O\_ver1
- E\_2\_3\_JENC\_Road\_L\_ROADWY\_O\_ver1
- E\_1\_1\_JENC\_Built\_up\_Areas\_A\_BUAARE\_O\_ver1
- E\_1\_2\_JENC\_Buildings\_of\_Navigational\_Significance\_A\_BUISGL
- E\_3\_1\_JENC\_Silo\_Storage\_Tank\_A\_SILTNIK\_O\_ver1
- D - JENC Natural Features
  - D.3 Vegetation
    - D\_3\_1\_JENC\_Vegetation\_A\_VEGATN\_O\_ver1
    - D\_3\_1\_JENC\_Vegetation\_P\_VEGATN\_O\_ver1
  - D.1 Hydrology
    - D\_1\_3\_JENC\_River\_or\_Canal\_Name\_P\_SEAARE\_O\_ver1
    - D\_1\_1\_JENC\_Canal\_nonnavigable\_L\_CANALS\_O\_ver1
    - D\_1\_2\_JENC\_Rivers\_L\_RIVERS\_O\_ver1
    - D\_1\_1\_JENC\_Canal\_nonnavigable\_A\_CANALS\_O\_ver1
    - D\_1\_2\_JENC\_Rivers\_A\_RIVERS\_O\_ver1
    - D\_1\_5\_JENC\_Lake\_A\_LAKARE\_O\_ver1
    - D\_1\_3\_JENC\_River\_or\_Canal\_Name\_A\_SEAARE\_O\_ver1
  - D.2 Topography
    - D\_2\_1\_JENC\_Land\_Area\_A\_LNDARE\_M\_ver2
    - D\_2\_5\_JENC\_Shoreline\_L\_COALNE\_M\_ver1
    - D\_2\_2\_JENC\_Land\_Region\_P\_LNDRGN\_O\_ver1
    - D\_2\_2\_JENC\_Land\_Region\_A\_LNDRGN\_O\_ver1
- C - JENC Meta Information
  - C\_1\_7\_JENC\_Survey\_Reliability\_for\_Detailed\_Depth\_Information
  - C\_1\_1\_JENC\_Data\_Coverage\_A\_M\_COVR\_M\_ver1
  - C\_1\_2\_JENC\_Data\_Quality\_A\_M\_QUAL\_C\_ver1
  - C\_1\_3\_JENC\_Navigation\_System\_of\_Marks\_A\_M\_NSYS\_M\_ver1



Rys. 7. Przykładowe opracowanie warstw w ArcMap dla pojedynczej komórki wraz z tabelą zawartości

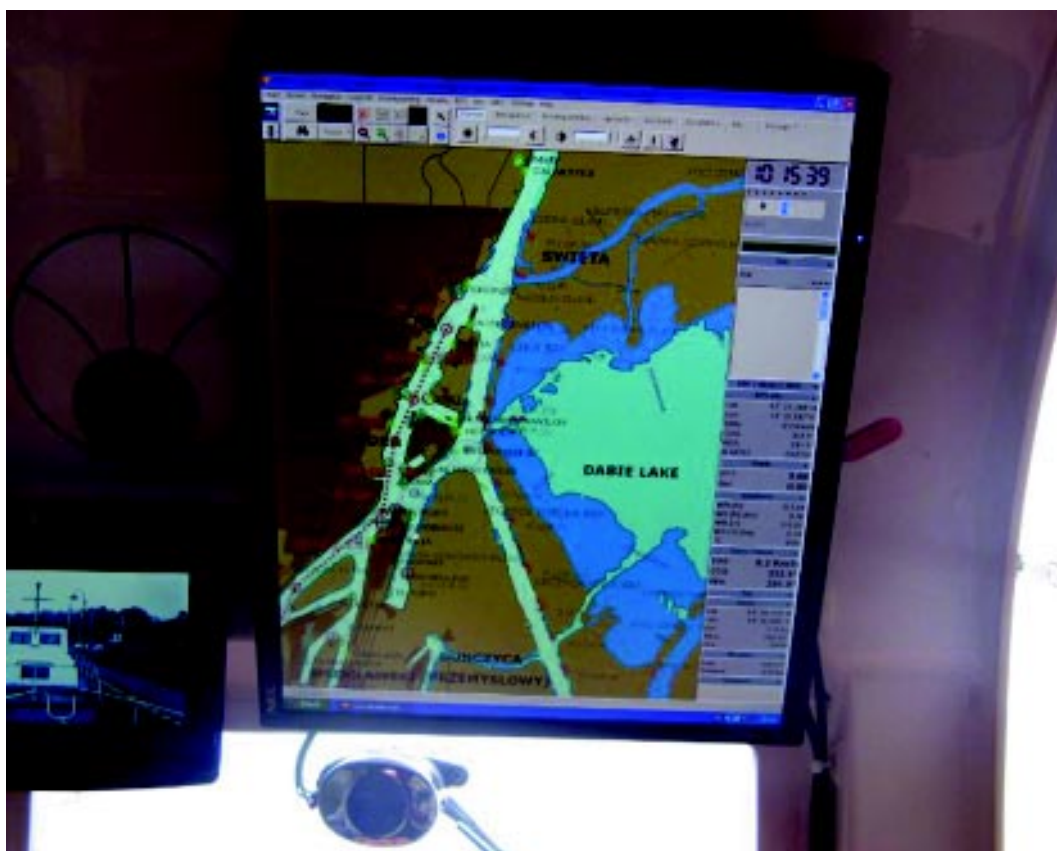


Rys. 8. Komórka IENC – fragment rzeki Odry zachodniej z mostem Długim



Rys 9. Komórka IENC – ujście Regalicy do jeziora Dąbie





Rys. 10. Wizualizacja komórki w systemie Inland ECDIS na jednostce szkolnej Hydrograf XXI