

## Kartografia 4D w strefie brzegowej południowego Bałtyku – zadanie państwowej służby geologicznej

Grzegorz Uścińowicz<sup>1</sup>



**Integrated geological mapping of the coastal zone of the southern Baltic Sea – task of the Polish Geological Survey.** Prz. Geol., 71: 138–144.

*Abstract.* The research task Geological integrated coastal zone mapping concerns the recognition and visualization of the geological structure of the Polish coastal zone, enriched with the modelling of erosion-accumulation processes, including prediction of changes in the position of the shoreline and identification of geohazards. It has been running since 2012 and implements multi-instrumental research methods. To date, a total length of about 155 km of the Polish coastal zone has been studied in an area of about 621 km<sup>2</sup>. The main results of the work are presented in the form of maps (e.g., lithogenetic, hydrogeological, geohazard), models (e.g., morpho-geological, hydrodynamic, predictive) and specialized analyses (e.g., morphodynamical, slope stability). In general, the work carried out is done for a utilitarian purpose, i.e. aimed at the practical use of environmental information. According to the standards of the Polish Geological Survey, most of the geological data acquired can be geoprocessed.

**Keywords:** Baltic Sea, coastal zone, land-sea interactions, geological mapping

Strefa brzegowa Bałtyku od zawsze pełniła szczególną rolę w krajowej gospodarce – ze względów ekonomicznych, społecznych i politycznych. Zwłaszcza współcześnie kwestie związane z przestrzennym zagospodarowaniem tej strefy i lokalizowaniem dużych inwestycji infrastrukturalnych na wybrzeżu zyskują na znaczeniu. Powoduje to konieczność przykładania wyjątkowej wagi do procesów zachodzących w obrębie brzegu morskiego i zagrożeń wynikających ze specyficznego kontaktu środowiska morskiego i lądowego.

Działalność morza, ale także procesy zachodzące w strefie przyległej do brzegu morskiego od strony lądu (np. ruchy masowe) są głównymi czynnikami geodynamicznymi, kształtującymi brzeg morski. Niemniej jednak pozornie prosta zależność pomiędzy erozją morską, a przeobrażeniami strefy brzegowej jest w rzeczywistości o wiele bardziej złożona. Geodynamika brzegów morskich jest generowana przez wiele współdziałających czynników, wśród których najistotniejszymi wydają się te powiązane z budową geologiczną i geomorfologią, warunkami hydrogeologicznymi, hydrodynamiką akwenu czy wreszcie zjawiskami klimatycznymi. Czynniki te prowadzą do przemian systemu wybrzeża morskiego o różnej intensywności oraz w różnej skali przestrzennej i czasowej. Niektóre z tych zmian są postrzegane jako negatywne, a poprzez stałe pogłębianie się ich skutków zaczynają stanowić istotny problem. Przewidywanie miejsc występowania i rozwoju negatywnych zmian jest niezwykle trudne. Zmienny w czasie trend może być trudny do interpretacji nawet wtedy, gdy dysponujemy wynikami obserwacji długoterminowych.

Dotychczas przedstawiany na mapach geologicznych obraz budowy geologicznej styku morza i lądu był wyraźnie rozgraniczany i różnicowany, zarówno pod względem metodyki opracowania mapy, jak i skali. Dlatego też, podstawowym założeniem realizacji opisywanego zadania państwowej służby geologicznej jest jednakowe rozpoznanie i wizualizacja budowy geologicznej polskiego wybrzeża,

wzbogacone o modelowanie procesów erozyjno-akumulacyjnych, w tym prognozowanie zmian pozycji linii brzegowej. Prace obejmują również określenie i modelowanie warunków hydrogeologicznych oraz identyfikację i ocenę geozagrożeń.

Prognozowanie i modelowanie zmian linii brzegowej Bałtyku ma zasadnicze znaczenie dla zarządzania strefą brzegową, planowania przestrzennego, lokalizacji dużych inwestycji infrastrukturalnych oraz ochrony brzegu morskiego.

Podstawą prac jest integracja danych rozproszonych po różnych ośrodkach badawczych oraz prace badawcze prowadzone na polskim wybrzeżu (w tym na obszarach morskich). Kompilacja danych (zebranych, pomierzonych i przetworzonych) umożliwiła poszerzenie bazy wiedzy stanowiącej element wyjściowy do utworzenia modelu zmian linii brzegowej. Wyniki prac badawczych umożliwiają natomiast rozpoznanie zmian morfologii brzegu, budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych w strefie brzegowej Bałtyku. W konsekwencji prowadzonych działań powstają serie tematycznych map geologicznych oraz modele prognostyczne zmian linii brzegowej.

Całość zadania można opisać poprzez umieszczenie go w szerokich ramach zawierających się w trzech punktach:

- rekonstrukcja – czyli rozpoznanie procesów i trendów zmian zachodzących na wybrzeżu w przeszłości;
- teraźniejszość – czyli możliwie wierne zobrazowanie strefy brzegowej w jej obecnym kształcie;
- prognoza – czyli sformułowanie przypuszczalnych kierunków rozwoju strefy brzegowej.

### ZAKRES ORAZ SPECYFIKA OBSZARU PRAC

Ścisłe granice obszaru określanego mianem strefy brzegowej morza są trudne do zdefiniowania. Powszechnie przyjmuje się, że obejmuje ona obszar, w którym środowi-

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza, ul. Kościarska 5, 80–328 Gdańsk; grzegorz.uscinowicz@pgi.gov.pl

sko lądowe oddziałuje na morskie i odwrotnie lub, inaczej mówiąc, jest to obszar wzajemnych interakcji procesów lądowych i morskich (Morales, 2022). Nie inaczej jest w przypadku polskiej strefy brzegowej Morza Bałtyckiego. Rozpoznanie tej strefy, z uwagi na umowność jej granic, zdecydowano się prowadzić w pasie o szerokości 4 km, z których 2 km przypadają na obszar morski, a 2 km na część lądową. Prace są prowadzone od 2012 r. Wstępny etap zadania zrealizowano w ciągu dwóch lat. Prace pilotażowe obejmowały odcinek wybrzeża o długości 4 km (obszar 16 km<sup>2</sup>), zlokalizowany w rejonie Jastrzębiej Góry, a ich efektem było wypracowanie metodyki prowadzenia prac.

W latach 2015–2018 zrealizowano etap I zadania (ryc. 1). Prace obejmowały obszar o powierzchni ok. 140 km<sup>2</sup> pomiędzy miejscowościami Władysławowo i Lubiawo (woj. pomorskie). Długość linii brzegowej badanego obszaru wynosiła 33 km, w tym ok. 5 km przypadało na brzeg klifowy, a 28 km na brzeg wydmy. Badany odcinek wybrzeża znajdował się pomiędzy 127,0 a 165,0 km wybrzeża, z wyłączeniem obszaru zbadanego w etapie pilotażowym (kilometraż polskiego wybrzeża wg Urzędu Morskiego).

W latach 2019–2022 przeprowadzono II etap badań wybrzeża na odcinku od Ustki po rejon miejscowości Dąbki (woj. pomorskie i zachodniopomorskie). Długość odcinka wynosiła ok. 50 km, z czego ok. 2,5 km przypadało na brzeg klifowy (rejon miejscowości Jarosławiec), a 47,5 km na brzeg mierzejowy. Powierzchnia obszaru badań wynosiła ok. 190 km<sup>2</sup>. Obszar badań był usytuowany pomiędzy 233,6 a 282,4 km wybrzeża.

W bieżącym roku przystąpiono do realizacji kolejnego, 4-letniego cyklu badawczego (2023–2026). Trzeci etap badań będzie prowadzony na odcinku wybrzeża pomiędzy Lubiawoem i Ustką (woj. pomorskie). Obszar badań o dłu-

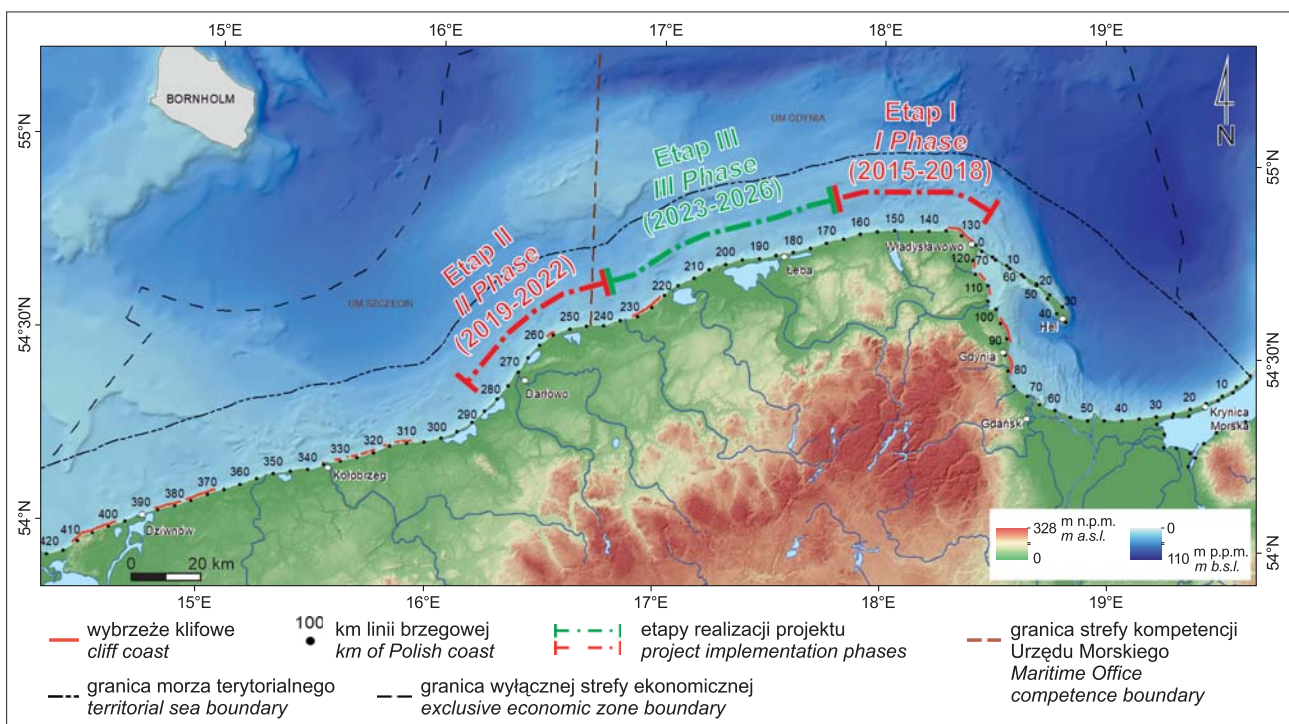
gości ok. 68,5 km i powierzchni ok. 274 km<sup>2</sup> jest usytuowany pomiędzy 165,0 a 233,6 km wybrzeża.

Jak łatwo zauważyć, prace realizowane w III etapie łączą przestrzennie wyniki dwóch wcześniejszych etapów prac, co w konsekwencji doprowadzi do powstania spójnego obrazu budowy geologicznej i procesów geodynamicznych na odcinku wybrzeża o długości ok. 155,4 km i powierzchni ok. 621,6 km<sup>2</sup>. Docelowo całe polskie wybrzeże będzie objęte badaniami, a kolejne jego odcinki będą wyznaczane do rozpoznania z uwzględnieniem priorytetów wynikających z planowanego zagospodarowania strefy brzegowej. Tak obszerny zakres prac kartograficznych, prowadzonych w obrębie morskiej strefy brzegowej (tab. 1), nie znajduje analogii wśród zadań wykonywanych przez inne służby geologiczne krajów nadbałtyckich.

## METODYKA BADAŃ

Badania strefy brzegowej, z uwagi na jej specyfikę, są prowadzone dwutorowo – z rozróżnieniem na część morską i lądową. Wstępnym etapem prac była kwerenda danych, polegająca na pozyskiwaniu informacji z instytucji zewnętrznych i porządkowaniu danych własnych. Dane te służą jako wstępny i podstawowy zasób informacji niezbędnych do realizacji zadania oraz stanowią bazę wszelkich prac projektowych. Zbiór ten jest porządkowany tematycznie w bazach danych Neptun, GeoEcho, GeoMorze oraz Repozytorium plików, działających w ramach Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG).

Na lądzie prace i roboty geologiczne są prowadzone w sposób standardowy dla kartografii geologicznej, natomiast w rozpoznaniu obszaru morskiego dużą rolę odgrywają metody pośrednie – geofizyczne. Rozpoznanie geologiczne brzegu morskiego i obszaru lądowego w za-



Ryc. 1. Lokalizacja prac wykonanych i jeszcze realizowanych w ramach rozpoznawania strefy brzegowej Bałtyku

Fig. 1. Location of completed and ongoing coastal recognition works as part of the exploration of the coastal zone of the Baltic Sea

**Tab. 1.** Prace geologiczne wykonane w ramach realizacji I i II etapu zadania  
**Table 1.** Geological works performed as part of the implementation of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> stage of the task

Rodzaj prac <i>Type of works</i>		Etap pilotażowy <i>Pilot stage</i>	Etap I <i>Stage I</i>	Etap II <i>Stage II</i>	Łącznie <i>Total</i>
Wiercenia – część lądowa <i>Drilling – onshore</i>	liczba <i>number</i>	20	71	70	161
	długość [mb] <i>length [m]</i>	186,0	1432,5	1399,2	3017,7
Wiercenia – część morska <i>Drilling – offshore</i>	liczba <i>number</i>	23	150	215	388
	długość [mb] <i>length [m]</i>	56,3	493,7	659,6	1209,6
Geofizyka lądowa – tomografia elektrooporowa <i>Terrestrial geophysics – resistivity tomography</i>	długość [km] <i>length [km]</i>	6,0	26,2	15,4	47,6
Geofizyka morska – profilowanie sejsmoakustyczne <i>Marine geophysics – seismoacoustic profiling</i>	długość [km] <i>length [km]</i>	44,0	360,0	530,0	934,0

sadniczej części polega na robotach geologicznych (ryc. 2), tj. wierceniach wykonywanych głównie przez podwykonawców, ale również na badaniach własnych, obejmujących weryfikację dotychczasowego rozpoznania budowy geologicznej, opróbowanie osadów, badania geofizyczne metodą ERT oraz monitoring teledetekcyjny wybrzeża z użyciem drona i skaningu laserowego (pomiar własny oraz wykorzystanie danych pozyskanych z instytucji zewnętrznych). Wykonywane jest także rozpoznanie warunków hydrogeologicznych strefy nadmorskiej poprzez opisanie układu hydrostrukturalnego i systemu obiegu wód podziemnych.

Rozpoznanie geologiczne obszaru morskiego obejmuje wykonanie możliwie szczegółowej mapy – modelu batymetrycznego, przeprowadzenie sondowania sejsmoakustycznego po zadanych profilach tak, aby uzyskać obraz budowy geologicznej do głębokości ok. 20 m, oraz zobrazowanie dna morskiego przy użyciu sonaru bocznego. Wszystkie te prace są prowadzone z wykorzystaniem specjalistycznej łodzi badawczej *GeoLog* (ryc. 3), stanowiącej własność państwowej służby geologicznej. Łódź ta jest przystosowana do prowadzenia pomiarów w płytkiej strefie przybrzeżnej. Uzupełnieniem opisanych prac są roboty geologiczne (prace podwykonawców) polegające na poborze rdzeni osadów oraz próbek powierzchniowych dna.

Duże znaczenie dla realizacji zadania mają prace zmierzające do konstrukcji zespołu modeli opisujących m.in. ogólną strukturę wybranych obszarów klifowych, co jest punktem wyjścia do wykonania prac modelowych określających potencjalną stateczność zbroczy. Praca ta jest wykonywana z zastosowaniem dedykowanego oprogramowania wykorzystującego metodę elementów skończonych (Dąbrowski i in., 2008), stworzonego w Centrum Modelowania Procesów Geologicznych PIG-PIB. Wykonywane są także prognostyczne modele zmian linii brzegowej wybrzeża mierzejowego (w skali dekad) oraz modele morfologiczno-geologiczne obrazujące ukształtowanie zgeneralizowanych wydzielen geologicznych i mor-



**Ryc. 2.** Wiercenia geologiczne w strefie brzegowej. Fot G. Uścińowicz  
**Fig. 2.** Geological drillings in the coastal zone. Photo by G. Uścińowicz



**Ryc. 3.** Łódź motorowa *GeoLog* przystosowana do pracy w płytkiej strefie przybrzeżnej. Fot. M. Olkowicz

**Fig. 3.** *GeoLog* motorboat adapted for shallow coastal operations. Photo by M. Olkowicz

fologię terenu. W ramach prac kooperacyjnych są także wykonywane modele warunków hydro- i litodynamicznych wskazujących na tempo i kierunek przemieszczania się osadu na dnie morskim.

## EFEKTY PRAC I ICH UDOSTĘPNIANIE

W rezultacie rozpoznawania strefy brzegowej Bałtyku powstaje bardzo obszerny zbiór informacji przydatnych do tworzenia zarówno opracowań specjalistycznych (dokumentacje, publikacje naukowe itp.), jak również opra-

cować przeznaczonych dla szerszego grona odbiorców (np. artykuły popularnonaukowe itp.). Niemniej jednak zasadnicze efekty pracy są prezentowane w formie podstawowych map w skali 1: 10 000 (ryc. 4), których wspólną cechą jest prezentacja łącznego obrazu strefy brzegowej, bez rozróżniania na część morską i lądową. Do map tych należą:

1) mapa dokumentacyjna – obrazuje zestawienie wszystkich wykonanych robót oraz wykorzystanych materiałów archiwalnych;

2) mapa parametrów wysokościowych – jest to mapa bazująca na numerycznym modelu terenu oraz modelu batymetrycznym, obrazująca ukształtowanie powierzchni terenu i dna morskiego;

3) mapa litogenetyczna – prezentuje zintegrowany obraz budowy geologicznej strefy brzegowej z uwzględnieniem wydzielen geologicznych w powiązaniu z genezą osadu;

4) mapa hydrogeologiczna – ilustruje warunki hydrogeologiczne strefy brzegowej. Odzwierciedlono na niej jednostki pierwszego poziomu wodonośnego, głębokość ich występowania, a także bilans obiegu wód w tych jednostkach;

5) mapa geozagrożeń – ukazuje zbiorczy obraz zagrożeń naturalnych zidentyfikowanych na polskim wybrzeżu. Mogą to być ruchy masowe, erozja wybrzeża, erozja dna morskiego, zalania, podtopienia nisko położonych obszarów itp.

Obraz kartograficzny jest uzupełniany serią map tematycznych (ryc. 5), m.in. takich jak:

1) mapa morfodynamiczna wybrzeża – prezentuje rekonstrukcję zmian wybrzeża na podstawie najstarszych, dostępnych i wiarygodnych danych kartograficznych oraz analiz bazujących na współczesnych, seryjnych pomiarach LIDAR;

2) mapa miąższości morskiej pokrywy piaszczystej – ilustruje grubość piasków morskich, które mogą być przemieszczane w wyniku działania prądów i falowania;

3) mapa parametrów litologicznych osadów dna morskiego – prezentuje ich podstawowe parametry litologiczne, takie jak średnia średnica ziarna i wysortowanie;

4) mapa rozkładu frakcji – dostarcza informacji o procentowym udziale różnych frakcji w osadach na dnie morskim, w przedziałach: 0,063–0,125 mm; 0,125–0,25 mm; 0,25–0,5 mm; 0,5–1,0 mm; 1,0–2,0 mm i >2,0 mm.

Wgłębną budowę geologiczną ukazują przekroje wzdłuż i w szerz strefy brzegowej, przekroje sejsmoakustyczne odzwierciedlające budowę dna morskiego, a także modele geomorfologiczne wybranych odcinków wybrzeża, łączące informację przestrzenną w trzech wymiarach z informacją geologiczną.

Ważnym aspektem prac jest niewątpliwie tworzenie produktów specjalistycznych. Są to m.in.:

1) modele prognostyczne zmian wybrzeża – prezentujące krótkoterminową projekcję zmian linii brzegowej, w horyzoncie 10 i 20 lat;

2) syntetyczne modele strukturalne oraz numeryczne modele stanu mechanicznego klifów – ukazujące główne typy klifów nadmorskich na danym obszarze wraz z analizą symulacji numerycznych pod kątem ich mechanicznej stateczności;

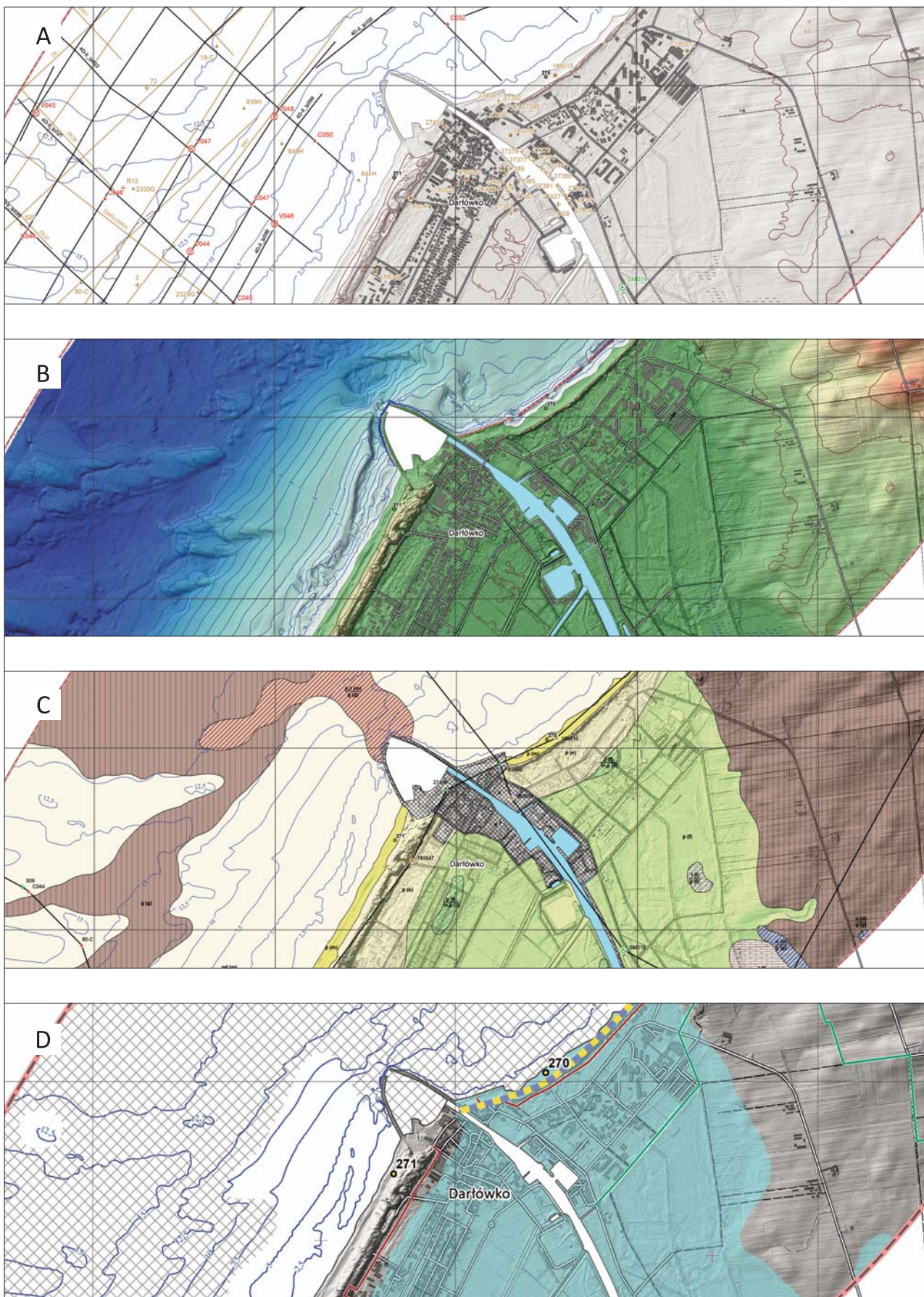
3) model warunków hydrodynamicznych – określający parametry pola falowo-prądowego, tj. transformacji falowania w strefie brzegowej oraz wielkość i kierunek ruchu (transport) osadu na dnie morskim.

Wymienione efekty prac są częściowo udostępniane szerszemu gronu odbiorców za pośrednictwem stron i platform mapowych geologia.pgi.gov.pl oraz ecudo.pgi.gov.pl, a podstawowe informacje o projekcie są zawarte na stronie www.pgi.gov.pl/kartografia-4d. Niebagatelną rolę w upowszechnianiu wyników projektu odgrywają także specjalistyczne artykuły naukowe i komunikaty konferencyjne, wyjaśniające nadzwyczaj ciekawe zagadnienia ujawnione w czasie prac. Można do nich zaliczyć pracę o rozwoju wybrzeży klifowych w skałach o niskim stopniu diagenety (Uścińowicz i in., 2017), wyniki badań hydrogeologicznych wybrzeża klifowego w kontekście diagnozowania i prognozowania geozagrożeń (Lidzbarski, Tarnawska, 2015), prognozę rozwoju wybrzeża mierzejowego (Uścińowicz, Szarafin, 2018), rozwój i aktywność osuwisk powstających na wybrzeżu klifowym (Uścińowicz i in., 2019), syntetyczne ujęcie geozagrożeń występujących na polskim wybrzeżu (Uścińowicz i in., 2021) oraz wiele pomniejszych, ale równie ważnych i cennych prac poszerzających wiedzę o strefie brzegowej (Dąbrowski i in., 2016; Jasiński i in., 2018; Maszloch i in., 2019; Pączek i in., 2019).

## PODSUMOWANIE

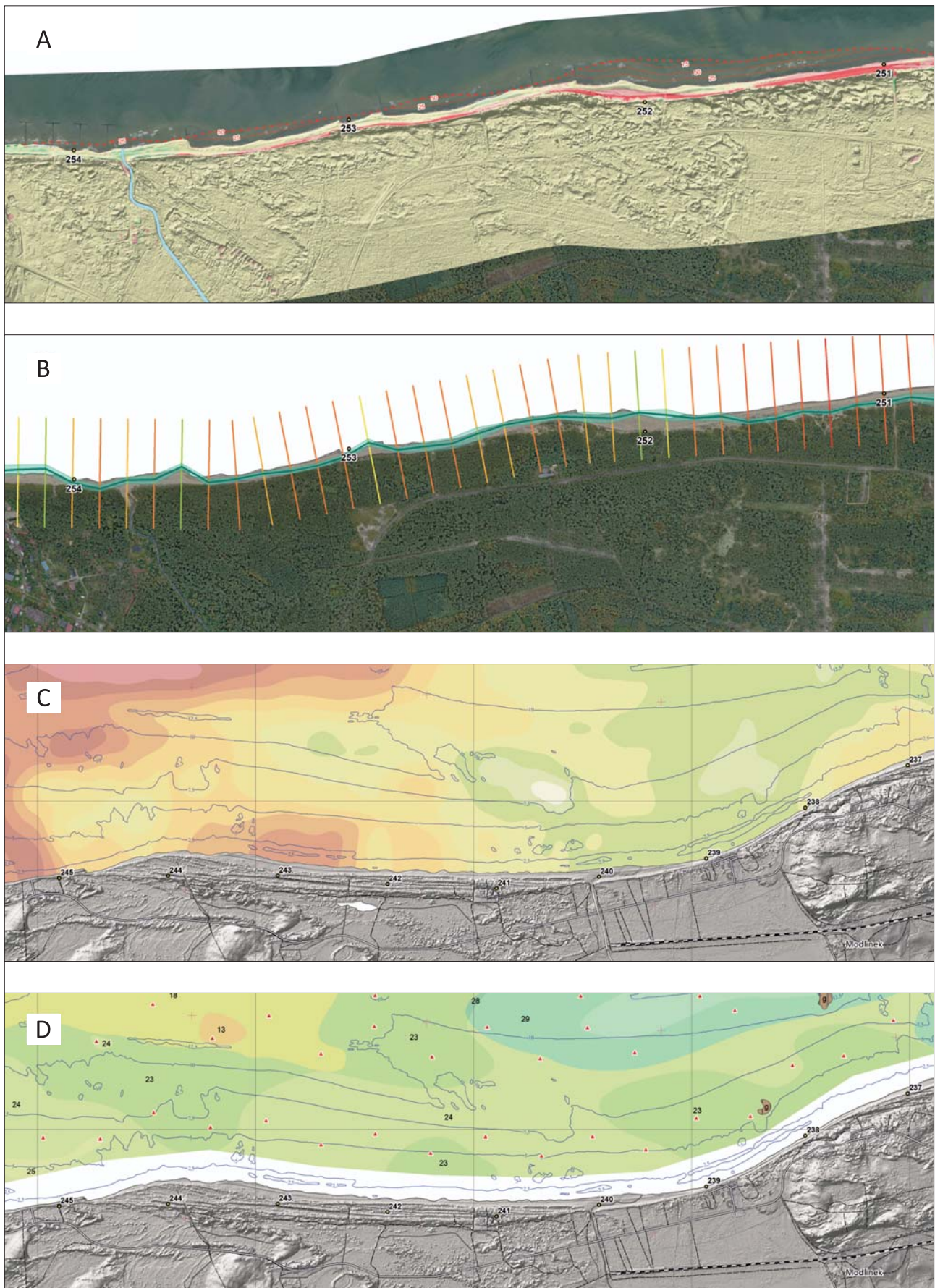
*Kartografia 4D w strefie brzegowej południowego Bałtyku* jest prowadzona wieloetapowo, z zastosowaniem zróżnicowanych metod badań zarówno na obszarze lądu, jak i morza. Prace zmierzają do odtworzenia możliwie wiernego obrazu budowy geologicznej strefy brzegowej południowego Bałtyku oraz zachodzących w niej procesów. Wyniki prac są podstawą analiz skutków, jakie procesy brzegowe powodują w obszarach istotnych dla społeczeństwa i gospodarki (ryc. 6), siedliskach organizmów roślinnych i zwierzęcych oraz w głównych zbiornikach wód słodkich. Rozpoznanie strefy brzegowej południowego Bałtyku jest prowadzone w celu użytkowym, czyli zmierzającym do praktycznego wykorzystania informacji środowiskowych. Zgodnie ze standardami państwowej służby geologicznej większość pozyskanych danych geologicznych jest geoprzetwarzalna i gromadzona w podsystemach CBDG. Oznacza to, że dane te mogą być wtórnie wykorzystywane i adaptowane do stosownych potrzeb, jak również udostępniane potencjalnym interesariuszom. Rezultaty tych prac mogą służyć instytucjom odpowiedzialnym za ochronę brzegu i pasa technicznego, realizację miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, ochronę przyrody i zarządzanie gospodarką wodną, a także użytkownikom wód podziemnych. Na podstawie wyników prowadzonych badań można będzie podejmować odpowiednie działania adaptacyjne, polegające na optymalizacji zagospodarowania i ochrony strefy wybrzeża. Wyniki tych badań są pierwszym źródłem wiedzy o budowie geologicznej i dynamice strefy brzegowej, dlatego nie bez znaczenia jest fakt, że ich odbiorcami mogą być także inwestorzy lokalizujący na wybrzeżu przedsięwzięcia infrastrukturalne.

Zadanie *Kartografia 4D w strefie brzegowej południowego Bałtyku*, które co do zasady jest realizowane w ramach opisanych w artykule, z uwagi na rozwój metod badawczych i koncepcji dotyczących funkcjonowania systemu strefy brzegowej jest także dynamicznie rozwijane.



**Ryc. 4.** Przykłady głównych map wykonanych w ramach realizacji zadania: **A** – mapa dokumentacyjna; **B** – mapa wysokościowa; **C** – mapa litogenetyczna; **D** – mapa geozagrożeń

**Fig. 4.** Examples of main maps – effects of the task: **A** – documentation map; **B** – elevation map; **C** – lithogenetic map; **D** – geohazard map



**Ryc. 5.** Przykłady map tematycznych i specjalistycznych: **A** – mapa morfodynamiczna; **B** – model prognostyczny zmian wybrzeża; **C** – mapa miąższości morskiej pokrywy piaszczystej; **D** – mapa parametrów litologicznych osadów dna morskiego  
**Fig. 5.** Examples of thematic and specialized maps: **A** – morphodynamic map; **B** – predictive model of coastal change; **C** – map of marine sand thickness; **D** – map of lithological parameters



**Ryc. 6.** Przykłady interakcji ląd–morze i skutki ich oddziaływania na infrastrukturę: **A** – zasypane schody i przejście turystyczne; **B** – wzmożona erozja brzegu tuż za konstrukcją ochronną; **C** – uszkodzony fundament infrastruktury nawigacyjnej; **D** – osuwiska w bezpośredniej bliskości zabudowań. A i C – fot. G. Uściniowicz, B i D – fot. M. Olkowicz

**Fig. 6.** Examples of land–sea interactions and their effects on infrastructure: **A** – buried steps and tourist passage; **B** – increased shoreline erosion just behind the protective structure; **C** – damaged foundation of navigation infrastructure; **D** – landslides in close proximity to buildings. A and C – photo by G. Uściniowicz, B and D – photo by M. Olkowicz

Oznacza to, że są adaptowane nowe metody, które umożliwiają udoskonalanie prac i prezentacji wyników.

Zadanie badawcze *Kartografia 4D w strefie brzegowej południowego Bałtyku* jest realizowane na podstawie umowy o dofinansowanie w formie dotacji zawartej pomiędzy Państwowym Instytutem Geologicznym – Państwowym Instytutem Badawczym a Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Jest ono wykonywane przez duży zespół pracowników PIG-PIB. Bez ich udziału niemożliwe byłoby rzetelne, terminowe i wnikliwe realizowanie poszczególnych etapów zadania, za co autor składa im serdeczne podziękowania. Jednocześnie podziękowania kieruję do Redakcji oraz recenzenta, Pana Bogusława Przybylskiego, za cenne uwagi, które przyczyniły się do poprawy artykułu.

## LITERATURA

DĄBROWSKI M., KROTKIEWSKI M., SCHMID D.W. 2008 – MILAMIN: MATLAB-based finite element method solver for large problems. *Geochem. Geophys.*, 9: Q04030  
 DĄBROWSKI M., BADURA J., PACUŁA J. 2016 – Modelowanie procesów geologicznych aktywnych w pasie brzegu klifowego. [W:] Witak M. (red.), *Procesy geologiczne w strefie brzegowej morza – GEOST II*, Gdańsk: 33.  
 JASIŃSKI Ł., PACUŁA J., DĄBROWSKI M., BADURA J., UŚCINOWICZ G., SZARAFIN T., JURYS L., FRYDEL J. 2018 – Modelowanie dynamiki klifów południowego wybrzeża Bałtyku. [W:] Witak M.,

Pędziński J., Trzcńska K. (red.), *Procesy geologiczne w strefie brzegowej morza – GEOST III*, Gdańsk: 21.  
 LIDZBARSKI M., TARNAWSKA E. 2015 – Badania hydrogeologiczne na wybrzeżu klifowym w diagnozowaniu i prognozowaniu geozagrożeń. *Prz. Geol.*, 63 (10/2): 901–907.  
 MASZLOCH E., TOBOJKO L., WIRKUS K. 2019 – Budowa geologiczna podbrzeża na odcinku Jastrzębia Góra – Lubiatowo. [W:] Surosz W., Mańko M. (red.), *II Konferencja Naukowa Polskich Badaczy Morza – Stan i trendy zmian w morzach i oceanach*, Gdynia: 170.  
 MORALES J.A. 2022 – *Coastal Geology*. Springer Cham: 455.  
 PĄCZEK U., UŚCINOWICZ S., SZARAFIN T., SZMYTKIEWICZ P., UŚCINOWICZ G., MORAWSKI M. 2019 – Offshore large scale bed-forms and related shoreline changes on southern Baltic. *Baltic Sea Science Congress*. Sztokholm.  
 UŚCINOWICZ G., SZARAFIN T. 2018 – Short-term prognosis of development of barrier-type coasts (Southern Baltic Sea). *Ocean. Coast. Manag.* 165: 258–267.  
 UŚCINOWICZ G., JURYS L., SZARAFIN T. 2017 – The development of unconsolidated sedimentary coastal cliffs (Pobrzeże Kaszubskie, Northern Poland). *Geol. Quart.*, 61 (2): 491–501.  
 UŚCINOWICZ G., SZARAFIN T., JURYS L. 2019 – Tracking cliff activity based on multi-temporal digital terrain models – an example from the southern Baltic Sea coast. *Baltica*, 32 (1): 10–21.  
 UŚCINOWICZ G., SZARAFIN T., PĄCZEK U., LIDZBARSKI M., TARNAWSKA E. 2021 – Geohazard assessment of the coastal zone – the case of the southern Baltic Sea. *Geol. Quart.*, 65: 5.  
[www.pgi.gov.pl/kartografia-4d](http://www.pgi.gov.pl/kartografia-4d)

Praca wpłynęła do redakcji 27.02.2023 r.  
 Akceptowano do druku 23.03.2023 r.