



Rozwój wybrzeża mierzejowego we wschodniej części Zatoki Pomorskiej

Paweł Sydor¹



Development of the barrier coast in the eastern part of Pomeranian Bay. *Prz. Geol.*, 69: 21–32; doi: 10.7306/2021.2

Abstract. The studies were conducted on the barrier coast located in the eastern part of Pomeranian Bay. The main study goal was to present the development of the barrier coast between Niechorze and Kołobrzeg, with particular emphasis on the impact of sea level changes in the Baltic Sea. Based on collected data, three basic groups of deposits were identified in the study area: barrier basement deposits, barrier deposits, and Rega River outlet cone deposits. To recreate the barrier development stages, sea level changes in the eastern part of Pomeranian Bay for the last 8,500 years were reconstructed. At that time, the coast migrated to the south. The first barriers in the study area appeared around 7,500 years b2k. The main factors conditioning the barrier coast development in were climate changes, sea level changes, barrier basement morphology and lithology, as well as the amount of supplied sedimentary material. The reconstructed stages of barrier development show that there are sections of different barrier types (landward-migrating to accreted barrier, landward-migrating barrier through accreted barrier to landward-migrating barrier) in the study area.

Keywords: barrier coast, Pomeranian Bay, sea-level changes, palaeogeography

Współczesne wybrzeże południowego Bałtyku cechuje się występowaniem wielu akumulacyjnych form rzeźby typu mierzei. Mierzeje te powstały w wyniku sedymentacji piasku i żwiru dostarczonego przez prądy wzdłużbrzegowe lub przetransportowanego z dna morskiego przez prądy płynące prostopadle do brzegu albo osadzonego przez napływy fal w postaci plaży. Na skutek obfitej dostawy materiału detrytycznego i działalności wiatru na zapleczu plaż południowego Bałtyku utworzyły się wydmy (Schwartz, 1973; Goldsmith, 1985; Bird, 2003). Główną przyczyną powstania opisanych form było podniesienie się poziomu wód Bałtyku, któremu towarzyszyła intensywna abrazja brzegu. Następstwem owej abrazji było uwolnienie dużej ilości materiału piaszczystego, który posłużył do usypania mierzei na przedpolu nizin (Wypych, 1973; Tomczak, 1995).

Według Uścińowicza (2003) na południowym wybrzeżu Bałtyku występują dwa główne typy mierzei wraz z typami pośrednimi. Pierwszy typ to mierzeje progradujące, tj. przyrastające w stronę morza. Cechują się one znaczną szerokością i dobrze rozwiniętymi wydmami. Mierzeje progradujące powstały w miejscach, gdzie występowała duża dostawa materiału piaszczystego. Przykładem form tego typu są mierzeje Bramy Świny i Mierzeja Wiślana. Drugi typ to mierzeje transgredujące, tj. migrujące w kierunku lądu, które cechują się słabo rozwiniętymi wydmami. Często towarzyszy im tylko jeden wał wydmy przedniej. Mierzeje te rozwinęły się na obszarach, gdzie dostawa materiału była niewielka. Wędrowały one w stronę lądu, wkraczając na obszary nizin i lagun. Do tego typu możemy zaliczyć m.in. mierzeje jezior Jamno i Bukowo. W zachodniej części Zatoki Pomorskiej jedną z najlepiej zbadanych form jest mierzeja Bramy Świny w okolicy

Świnoujścia (Keilhack, 1912, 1914; Prusinkiewicz, Noryśkiewicz, 1966; Wypych, 1980; Borówka i in., 1999, 2001, 2002, 2005, 2017; Piotrowski, 1999; Osadczuk, 2004, 2005; Borówka, Osadczuk, 2005; Reimann i in., 2011).

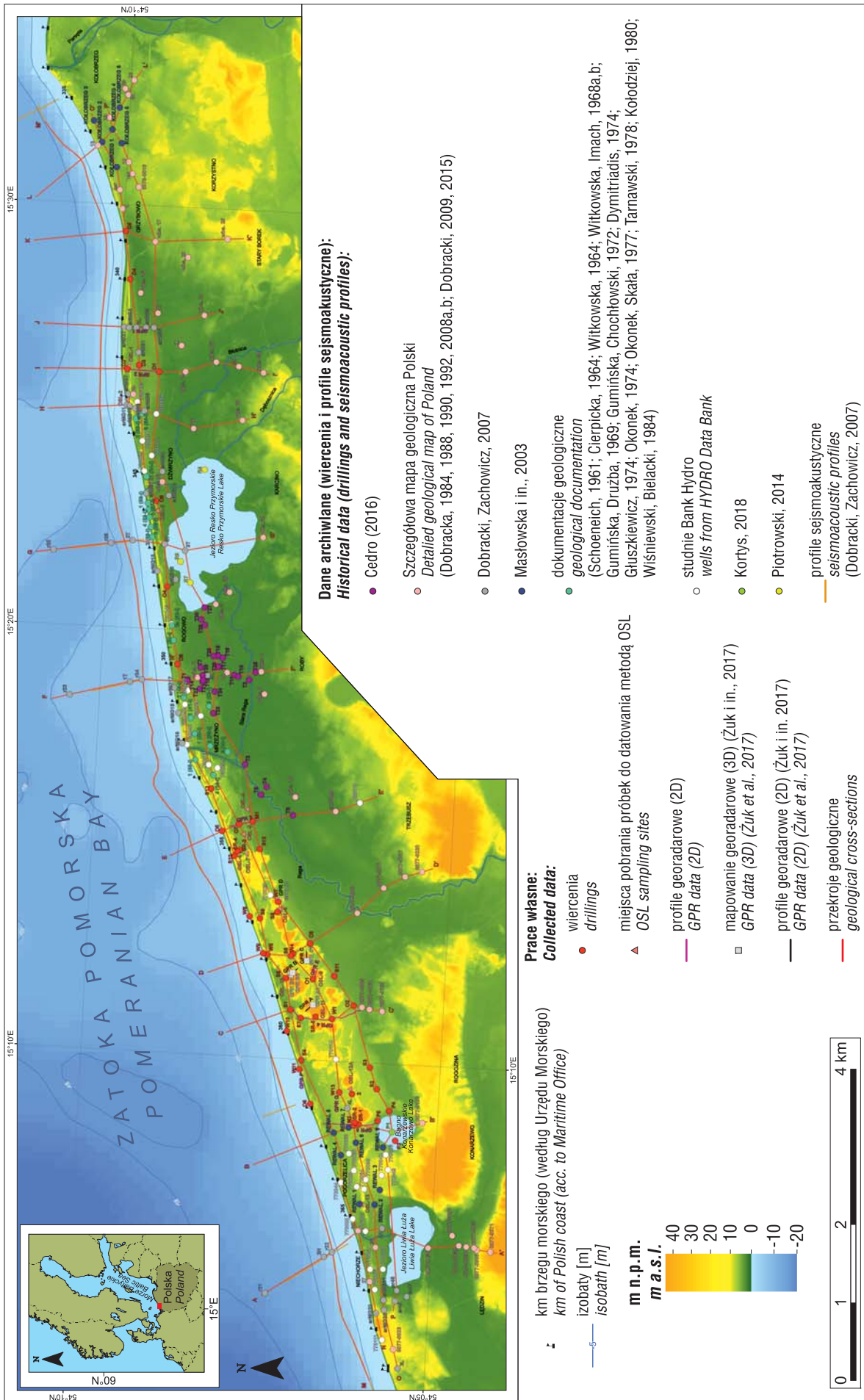
CEL I OBSZAR BADAŃ

Znaczna część wschodniego wybrzeża Zatoki Pomorskiej należała do niedawna do wojska i była przez to niedostępna dla badaczy, dlatego jest to jeden z najslabiej rozpoznanych odcinków polskiego wybrzeża. Budowę geologiczną tego obszaru obrazują przekroje geologiczne dołączone do arkuszy *Mapy geodynamicznej polskiej strefy brzegowej Bałtyku Południowego* (Dobrcki, Zachowicz, 2007) oraz wyniki prac z doliny Regi (Cedro, 2003, 2004a, b, 2005, 2008, 2010, 2012, 2016; Borówka, Cedro, 2011; Mianowicz, Cedro, 2013), jednak do tej pory nie przeprowadzono szczegółowego rozpoznania geologicznego tego wybrzeża z zastosowaniem szerokiego spektrum metod badawczych.

Celem badań opisanych w niniejszym artykule było rozpoznanie procesów geologicznych zachodzących na wschodnim wybrzeżu Zatoki Pomorskiej, pomiędzy Niechorzem i Kołobrzegiem (ryc. 1), ze szczególnym uwzględnieniem wpływu zmian poziomu Morza Bałtyckiego na ich przebieg. Aby osiągnąć założony cel badawczy, wykonano następujące zadania cząstkowe:

- rozpoznano budowę geologiczną wschodniej części Zatoki Pomorskiej;
- zrekonstruowano historię zmian poziomu morza we wschodniej części Zatoki Pomorskiej;
- opracowano model rozwoju wybrzeża mierzejowego na obszarze badań.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Pomorski, ul. Wieniawskiego 20, 71-130 Szczecin; pawel.sydor@pgi.gov.pl



Ryc. 1. Obszar badań wraz z lokalizacją: wykonanych i archiwalnych wierceń, miejsc poboru próbek do datowań OSL, transektów i mapowań georadarowych, profili sejsmoakustycznych oraz przekrojów geologicznych. Wysokość na podstawie danych LIDAR

Fig. 1. Study area with location of collected and historical data (drillings, OSL sites, GPR profiles, seismoacoustic profiles and geological cross-sections). Elevation according to LIDAR data

MATERIAŁY I METODY

W celu rozpoznania etapów rozwoju wybrzeża mierzejowego we wschodniej części Zatoki Pomorskiej zebrano dane geologiczne pochodzące z wybrzeża i dna tej zatoki oraz Zalewu Szczecińskiego, na podstawie których skonstruowano krzywą dokumentującą względne zmiany poziomu wód Morza Bałtyckiego w ciągu ostatnich 8,5 tys. lat. W okresie tym następował ciągły wzrost poziomu morza. Wykorzystując dane dotyczące budowy geologicznej oraz zmian poziomu morza na obszarze badań odtworzono historię rozwoju wybrzeża mierzejowego na odcinku od Niechorza do Kołobrzegu w czasie ostatnich 8 tys. lat.

Rozpoznanie obszaru badań rozpoczęto od pozyskania archiwalnych opisów profili otworów wiertniczych na wschodnim wybrzeżu Zatoki Pomorskiej (ryc. 1). W wyniku kwerendy uzyskano makroskopowe opisy 185 profili wiertniczych oraz wyniki laboratoryjnych analiz próbek skał pochodzących z 40 otworów wiertniczych (Schoeneich, 1961; Cierpicka, 1964; Witkowska, 1964; Witkowska, Imach, 1968a, b; Gumińska, Druźba, 1969; Gumińska, Chochłowski, 1972; Dymitriadis, 1974; Głuszkiewicz, 1974; Okonek, 1974; Okonek, Skała, 1977; Tarnawski, 1978; Kołodziej, 1980; Dobracka, 1984, 1988, 1990, 1992, 2008a, b; Wiśniewski, Bielacki, 1984; Krzywińska, 1996; Witkowski, 1997; Dobracki, Zachowicz, 2007; Dobracki, 2009, 2015; Masłowska i in., 2003; Piotrowski, 2014 Cedro, 2016; Centralny Bank Danych Hydrogeologicznych – Bank HYDRO, Kotrys, 2018;). Wykorzystano również 5 profili sejsmoakustycznych o łącznej długości 40 525 m, wykonanych na potrzeby *Mapy geodynamicznej polskiej strefy brzegowej Bałtyku południowego* (Dobracki, Zachowicz, 2007).

W ramach badań terenowych wykonano 47 wierceń do głębokości 15,6 m oraz 13 wkopów na stokach dowietrznych wydmy w celu pobrania próbek do datowań OSL, badania georadarowe, w tym profilowania o łącznej długości 7,1 km oraz mapowania 4 pól, z których największe miało wymiary 20 × 40 m (ryc. 1).

Próbki osadu zebrane w terenie poddano następującym analizom:

- uziarnienia (922 próbki – analizę wykonał autor niniejszego artykułu);
- diatomologicznej (56 próbek – analizę wykonała Monika Rzodkiewicz z Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu);
- malakologicznej i ostrakodologicznej (111 próbek – analizę wykonała Jarmila Krzywińska z Oddziału Geologii Morza PIG-PIB);
- palinologicznej (24 próbki – analizę wykonał Bartosz Kotrys z Oddziału Pomorskiego PIG-PIB).

Datowania radiowęglowe metodą AMS (5 próbek) i LSC (42 próbki) wykonano w Laboratorium Datowań Bezwzględnych w Cianowicach oraz w Poznańskim Laboratorium Radiowęglowym. Wszystkie daty wykalibrowano w programie *OxCal* ver. 4.3 (Bronk Ramsey, 2009) z wykorzystaniem krzywej kalibracyjnej *IntCal13* (Reimer i in., 2013). W oznaczeniach wieku muszli małży bałtyckich (muszli mięczaków słodkowodnych nie datowano) podczas kalibracji uwzględniono efekt rezerwuarowy, który dla strefy przybrzeżnej południowego Bałtyku wynosi 356 ± 50 lat (Lougheed i in., 2013). Datowanie metodą OSL

13 próbek osadów piaszczystych pochodzących z wydmy wykonano w laboratorium *LumiDatis* w Toruniu.

W celu odtworzenia etapów rozwoju wybrzeża mierzejowego na obszarze badań zrekonstruowano historię zmian poziomu morza we wschodniej części Zatoki Pomorskiej. Zebrano 412 dat radiowęglowych pochodzących z wybrzeża i dna Zatoki Pomorskiej oraz Zalewu Szczecińskiego. Dane te przeanalizowano i wyeliminowano spośród nich daty starsze niż 10 tys. lat (jako nie mające związku z rozwojem Morza Bałtyckiego), pochodzące z redepozycji oraz daty pochodzące z warstw zaburzonych (np. na skutek działalności człowieka). W wyniku selekcji odrzucono 119 dat. Na podstawie pozostałych 293 dat radiowęglowych skonstruowano krzywą dokumentującą zmiany poziomu Bałtyku w ciągu ostatnich 8,5 tys. lat. Wykorzystując dane dotyczące budowy geologicznej oraz zmian poziomu morza na obszarze badań odtworzono historię rozwoju mierzejowego wybrzeża Bałtyku w ciągu ostatnich 8 tys. lat.

WYNIKI BADAŃ

Budowa geologiczna mierzei we wschodniej części Zatoki Pomorskiej i jej podłoża

Na wybrzeżu Bałtyku od Niechorza do Kołobrzegu wydzielono trzy podstawowe sukcesje osadowe: osady bezpośredniego podłoża mierzei, osady mierzei oraz osady stożka ujściowego Regi (ryc. 2 i 3).

Osady bezpośredniego podłoża mierzei. W podłożu mierzei wydzielono (ryc. 2): plejstocenyjskie osady lodowcowe; osady interstadialu grudziądzkiego (MIS 3) – rzeczno-jeziorne, a miejscami morskie; późnoglacialne osady wodnolodowcowe i zastoiskowe oraz holocenyjskie osady rzeczne, jeziorne, lagunowe i torfy bazalne (wg Lange, Menke, 1967).

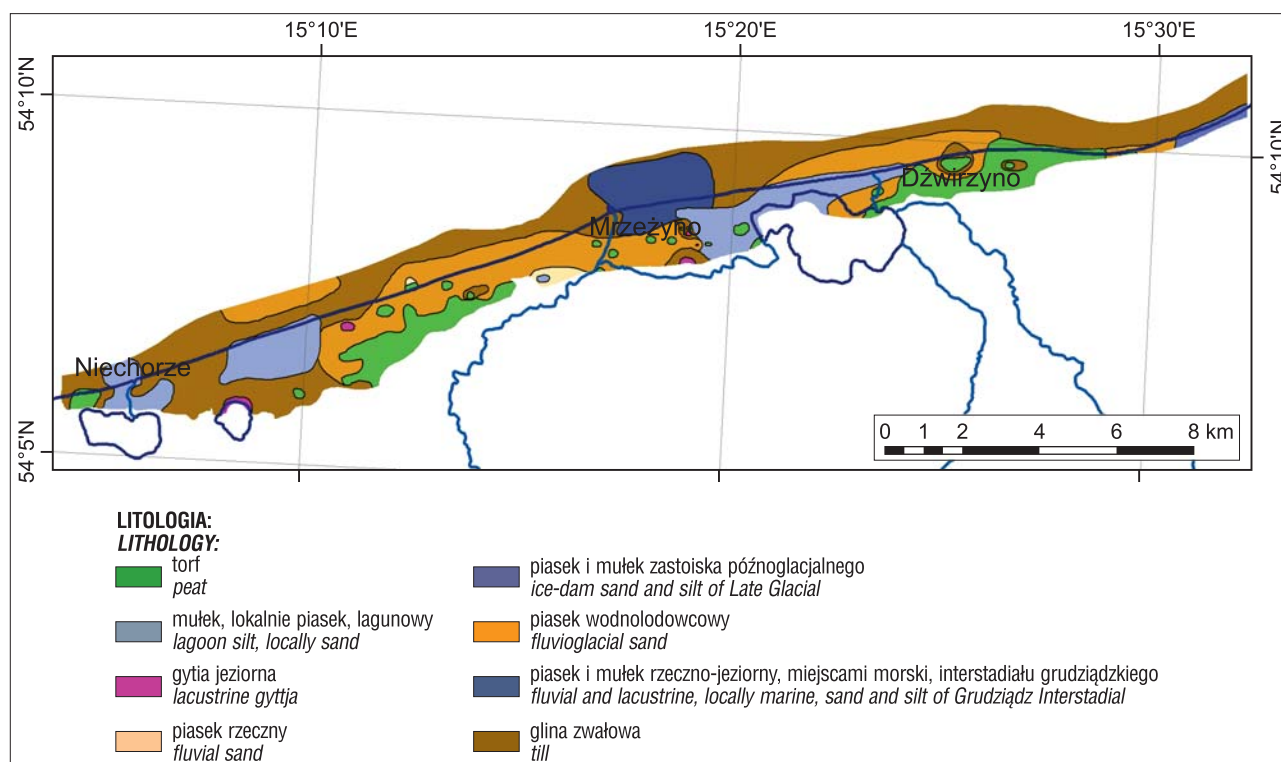
Osady lodowcowe, wykształcone w postaci glin lodowcowych, rozpoznano na obszarze podwodnego skłonu brzegowego oraz w części lądowej w rejonie Niechorza, Pogorzeli, Mrzeżyna i Kołobrzegu.

Osady rzeczno-jeziorne, miejscami morskie, interstadialu grudziądzkiego (MIS 3) występują w bezpośrednim podłożu mierzei w rejonie Mrzeżyna. Tworzą je mułki ilasto-piaszczyste z laminami organicznymi i nagromadzeniami muszli oraz piaski różnoziarniste ze żwirem, zailone, ze zwęglonymi szczątkami organicznymi. Miejscami w osadach tych zaznaczały się ślady wpływów morza w postaci muszli *Cerastoderma glaucum*.

Osady wodnolodowcowe, występujące w rejonie na zachód i południe od Mrzeżyna oraz w okolicy Dźwirzyna, składają się z piasków drobno-, średnio- i gruboziarnistych z domieszką żwiru. Wyniki badań georadarowych wskazują, iż w rejonie na zachód od Mrzeżyna osady te cechują się wielkoskalowym warstwowaniem przekątnym z nachyleniem warstw ku południowi.

Osady zastoiska późnoglacialnego stanowią bezpośrednie podłożo mierzei w rejonie Kołobrzegu. Seria tych osadów składa się z piasku drobnoziarnistego i pylastego z domieszką materii organicznej.

Osady rzeczne występujące na południowy zachód od Mrzeżyna to piaski drobno- i średnioziarniste, niekiedy



Ryc. 2. Osady bezpośredniego podłoża mierzei na wybrzeżu Zatoki Pomorskiej
 Fig. 2. Lithology of barrier basement deposits of the Pomeranian Bay coast

z fragmentami muszli oraz przewarstwieniami gyttii zawierających słodkowodną faunę mięczaków i małżoraczków.

Osady jeziorne w bezpośrednim podłożu mierzei rozpoznano w rejonach na południowy wschód i wschód od Pogorzeliczy oraz w okolicy Mrzeżyna. Są one wykształcone w postaci piasków drobno- i bardzo drobnoziarnistych oraz gyttii. Ich akumulacja zachodziła w grenlandianie i northgrippianie, na co wskazują daty radiowęglowe pochodzące ze stropu tych osadów nawierconych w otw. T15 – 8389 lat temu (Cedro, 2016) oraz S7 – 7283 lata temu.

Osady lagunowe rozpoznane na wschód od Niechorza i Pogorzeliczy oraz w rejonie Mrzeżyna, Rogowa i Dzwirzyna są wykształcone w postaci mułku, niekiedy z muszlami. W osadach tych występują słodkowodne i słonolubne gatunki małżoraczków, mięczaków i okrzemek. Akumulacja osadów lagunowych rozpoczęła się na początku northgrippianu. Koniec akumulacji tej serii, występującej obecnie w stanie kopalnym pod osadami mierzei, nastąpił na początku meghalayanu.

Torfy bazalne (wg Lange, Menke, 1967) występują w podłożu mierzei w sąsiedztwie doliny Regi na obszarze między Pogorzelicą i Mrzeżynem oraz w okolicy Dzwirzyna. Na obszarze badań akumulacja torfów bazalnych rozpoczęła się na początku northgrippianu. Najmłodsze torfy rozpoznano w sąsiedztwie dolin Regi i Błotnicy. Wiek stropu warstwy torfów w tych rejonach określono na drugą połowę meghalayanu.

Osady mierzei. W osadach mierzei wyróżniono: piaski morskie mierzei, piaski eoliczne i torfy międzywydmowe.

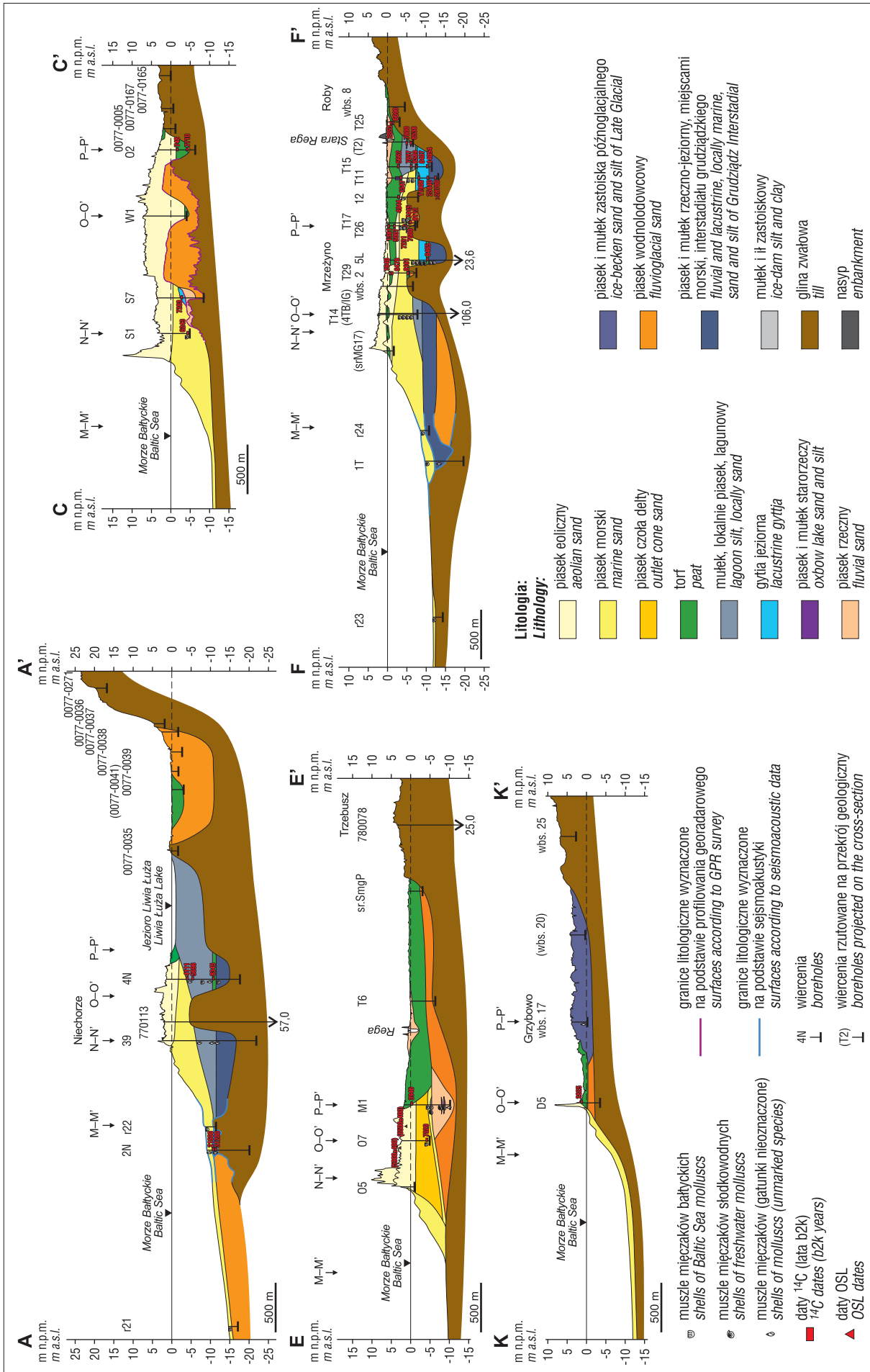
Piaski morskie występują w części mierzei usytuowanej poniżej linii wód Bałtyku i tuż nad ich poziomem, w strefie oddziaływania fal morskich. Piaski te występują od podłoża skłonu brzegowego, poprzez strefę rew, plażę i dalej,

aż do 2 km w głąb lądu, gdzie zalegają pod osadami eolicznymi i lokalnie torfami (ryc. 3). Są to piaski średnio- i drobnoziarniste, niekiedy z domieszką żwiru i piasku bardzo drobnoziarnistego oraz muszli mięczaków morskich, takich jak *Cerastoderma glaucum* i *Macoma baltica*. Akumulacja tej serii trwała od pierwszej połowy northgrippianu do współczesności.

Piaski eoliczne tworzą część mierzei występującą nad poziomem morza, które zostały uformowane przez procesy związane z oddziaływaniem wiatru. Zaliczono do nich również piaski o cechach uziarnienia wskazujących na ich eoliczną genezę, lecz obecnie występujące poniżej współczesnego poziomu morza, których akumulacja następowała przy stanie morza niższym niż obecnie. Piaski eoliczne, drobno- i średnioziarniste, występują na powierzchni mierzei w postaci wydmy (ryc. 1), a także pokryw eolicznych. Na wydmach występujących dzisiaj w głąbi lądu procesy eoliczne zachodziły od northgrippianu do drugiej połowy XIX w. (ryc. 3 i 4). Obecnie poza niewielkimi poletkami w głąbi lądu oraz obszarem wydmy przedniej i plaży procesy eoliczne na wybrzeżu Zatoki Pomorskiej już nie występują na skutek zalesienia terenu.

Torfy międzywydmowe, rozpoznane jedynie w formie kopalnej, występują w rejonie Niechorza, Mrzeżyna oraz Dzwirzyna. Zalegają one na piaskach morskich mierzei i są przykryte przez piaski eoliczne (ryc. 3). Rozwój torfów międzywydmowych rozpoczął się w drugiej połowie northgrippianu i zakończył się tysiąc lat temu, kiedy to zostały one przysypane przez piaski eoliczne.

Osady stożka ujściowego Regi. Dawny stożek ujściowy Regi został rozpoznany w rzeźbie terenu w rejonie Mrzeżyna na zachód od obecnego ujścia Regi (ryc. 4). Ma on 2 km długości (kierunek E–W) i 0,5 km szerokości



Ryc. 3. Przekroje geologiczne przez wybrzeże Bałtyku we wschodniej części Zatoki Pomorskiej – lokalizacja na ryc. 1
 Fig. 3. Cross-sections across the Baltic Sea coast in the eastern part of Pomeranian Bay – for location see Fig. 1

(kierunek N–S). Osadami tego stożka są piaski średnio- i drobnoziarniste, niekiedy z domieszką pojedynczych ziaren żwiru oraz z muszlami mięczaków morskich *Cerastoderma glaucum* i *Macoma baltica*. Na powierzchni zachodniej części stożka uformowały się ciągi wydym wałowych, łukowato wygiętych ku południowemu wschodowi. Wiek tych wydym określono metodą OSL na 5,9–6,5 tys. lat, tj. na drugą połowę northgrippianu.

Zmiany poziomu morza w holocenie

Na podstawie przebiegu krzywej dokumentującej zmiany poziomu Morza Bałtyckiego w ciągu ostatnich 8,5 tys. lat stwierdzono, że w okresie od 8,5 do 7 tys. lat temu poziom morza wzrósł z 17 m do 5 m poniżej współczesnego poziomu (ryc. 5). Średnie tempo wzrostu poziomu morza wynosiło w tym czasie ok. 8,0 mm/rok. Następnie 7–6 tys. lat temu poziom morza podniósł się z 5 do 3,5 m poniżej współczesnego poziomu, tj. wzrastał w średnim tempie 1,5 mm/rok. W ciągu ostatnich 6 tys. lat poziom morza podniósł się o ok. 3,5 m. Średnie roczne tempo wzrostu w tym okresie wynosiło ok. 0,6 mm/rok.

Paleogeografia obszaru badań w holocenie

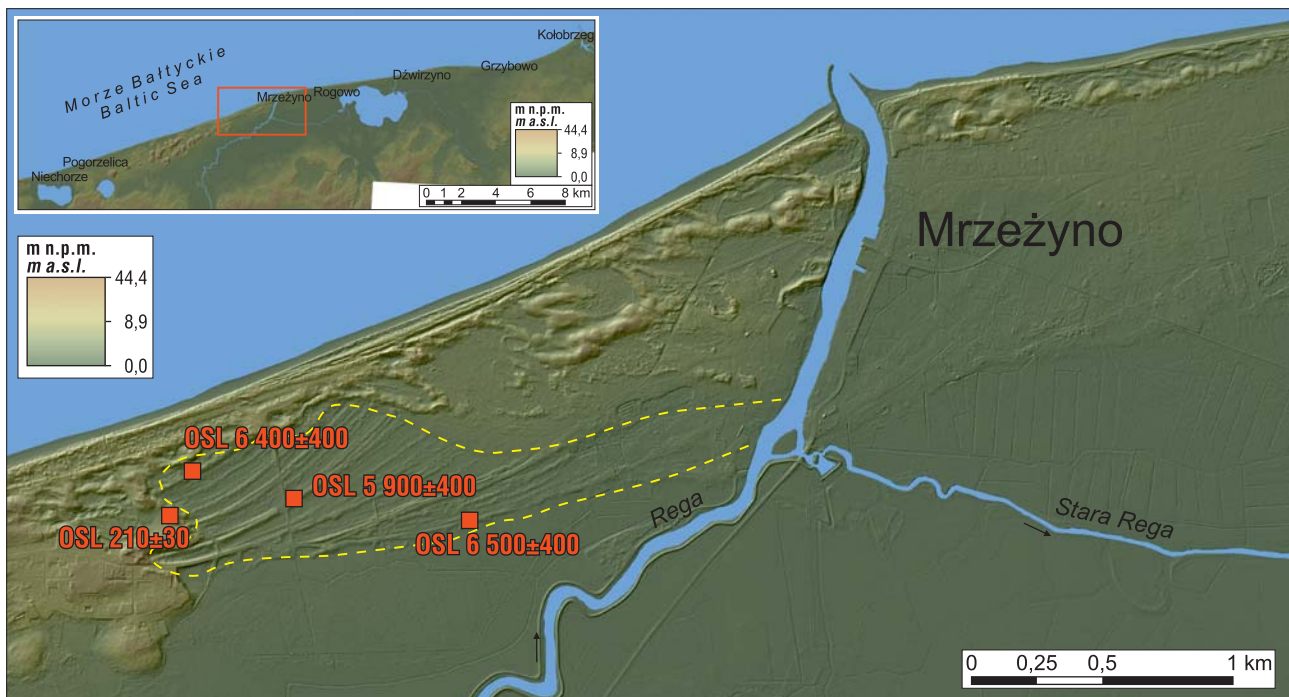
Od schyłku ostatniego glaciału do początku northgrippianu (11,7–8,2 tys. lat temu) na obszarze dzisiejszej Zatoki Pomorskiej panowały warunki lądowe (ryc. 6). W ówczesnym krajobrazie dominowały jeziora oraz torfowiska, a w zachodniej części tego obszaru rozwijało się ujście Odry (Jurowska, Kramarska, 1990; Kramarska, Jurowska, 1991; Kramarska, 1998; Kramarska i in., 2016; Borówka i in., 2017).

Okolo 8 tys. lat temu, gdy poziom morza był niższy o 12 m od obecnego, większość terenu badań nadal była wynu-

rzona, a na obszarze Ławicy Odrzanej występowała bariera, która ciągnęła się ku południowemu wschodowi aż do dzisiejszego Kołobrzegu (Kramarska, 1998; Uścińowicz, 2003; Kramarska i in., 2016). Brzeg morza znajdował się od 2,3 km do 12 km na północ od współczesnego. Wyniesienie dna Bałtyku pomiędzy Ławicą Odrzańską i Kołobrzegiem sugeruje, że znaczną część ówczesnego wybrzeża mogła zajmować mierzeja (Uścińowicz, 1989, 1991; Jurowska, Kramarska, 1990; Kramarska, Jurowska, 1991; Kramarska, 1998; Uścińowicz, 2003; Kramarska i in., 2016).

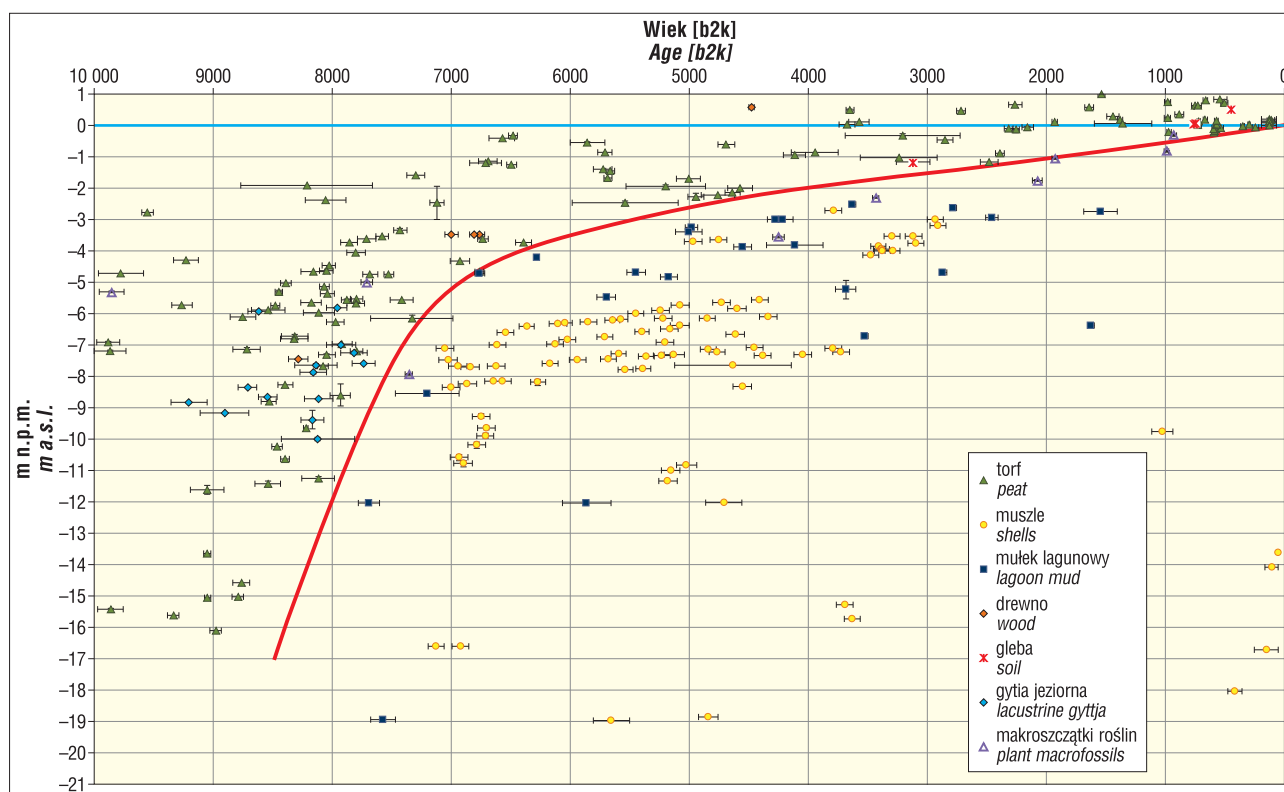
W okresie 8–7,5 tys. lat temu w środkowej części wschodniego wybrzeża Zatoki Pomorskiej linia brzegowa przesunęła się 11 km na południe. W pozostałej części obszaru badań brzeg przemieścił się ku południowi o ok. 2–3 km. Na wielu odcinkach występowało wybrzeże klifowe. Jedynie w rejonie Niechorza i Mrzeżyna zaczęły się formować mierzeje, na zapleczu których powstały laguny. W pierwszej połowie northgrippianu (7,5 tys. lat temu) poziom morza był niższy o ok. 7,5 m od współczesnego. Linia brzegowa znajdowała się wówczas 1,0–1,5 km na północ od współczesnej. Transgresja morska doprowadziła w tym czasie do skrócenia długości rzek, w tym Regi, która najprawdopodobniej zaczęła sypać stożek ujściowy w rejonie na północ od Mrzeżyna.

W drugiej połowie northgrippianu nastąpił koniec transgresji litorynowej. Około 6 tys. lat temu poziom morza był o 3,5 m niższy od współczesnego. Wzdłuż linii brzegowej Zatoki Pomorskiej zaczęło przeważać wybrzeże mierzejowe. W rejonie Niechorza znajdowało się ono w miejscu dzisiejszego brzegu, a w okolicy Mrzeżyna przekraczało na południe dzisiejszą linię wybrzeża. Na odcinkach wybrzeży klifowych, w rejonie na zachód i północny wschód od Niechorza, na zachód od Mrzeżyna oraz w rejonie Dźwirzyna i Kołobrzegu, ówczesny brzeg znajdował się od 250 do 500 m na północ od współczesnego.



Ryc. 4. Morfologia i wiek wydym w rejonie stożka ujściowego Regi. Żółtą linią oznaczono widoczną w rzeźbie terenu część stożka ujściowego. Wysokość na podstawie danych LIDAR

Fig. 4. Morphology and age of dunes in the Rega outlet cone area. The yellow line marks the part of the outlet cone visible in the relief. Elevation according to LIDAR data



Ryc. 5. Krzywa zmian poziomu morza we wschodniej części Zatoki Pomorskiej
 Fig. 5. The relative sea-level changes in the eastern part of Pomeranian Bay

W okresie od 6 do 4 tys. lat temu wybrzeże mierzejowe przesunęło się na przeważającej długości o ok. 140–440 m w stronę lądu. Jedynie w rejonie Mrzeżyna mierzeja zaczęła przrastać w stronę morza. Na odcinku klifowym brzeg cofnął się średnio o 200 m. Prądy wzdłużbrzegowe, które 6–4 tys. lat temu miały najprawdopodobniej podobny kierunek jak obecnie, powodowały stopniowe przemieszczanie się ujścia Regi w kierunku wschodnim, a na zachodnią część stożka zaczęła wkraczać mierzeja.

Na początku megalayanu (ok. 4 tys. lat temu) poziom morza był niższy o ok. 2 m od obecnego. Na obszarze badań dominowało wybrzeże mierzejowe, a niewielkie odcinki brzegu klifowego znajdowały się w okolicy Niechorza oraz w rejonie Kołobrzegu. Linia brzegowa morza znajdowała się już w pobliżu dzisiejszej. Jedynie w rejonie Niechorza i Mrzeżyna była przesunięta nieco dalej na południe.

W wyniku rozbudowy mierzei 4–2 tys. lat temu na odcinku od Niechorza do Dźwirzyna brzeg przesunął się ku północy od ok. 120 m w rejonie ujścia Regi do ok. 470 m w rejonie na wschód od Mrzeżyna. Abrazja brzegu występowała na odcinku wybrzeża klifowego w rejonie Niechorza, gdzie brzeg cofnął się o ok. 60 m. Na odcinku wybrzeża mierzejowego w rejonie Dźwirzyna brzeg cofnął się o ok. 100 m.

Przed 2 tys. lat poziom Bałtyku był niższy o 1 m od współczesnego. W tym czasie na prawie całym odcinku badanego wybrzeża występowały już mierzeje. Niewielki odcinek brzegu klifowego zachował się jedynie w rejonie Niechorza. Przez cały ten czas dominowały procesy abrazji. W ciągu 2 tys. lat cofnął się on od 60 m do 200 m.

W megalayanie na obszarze badań nastąpił okres intensywnej działalności eolicznej, prowadzący do ufor-

mowania się rozległych pokryw eolicznych i wydym, które wkroczyły na okoliczne obszary – wysoczyznę polodowcową, jeziora przybrzeżne, dolinę Regi i Błotnicy. Laguna w rejonie na północny wschód od Niechorza została całkowicie zasypana. W okolicy dzisiejszego Mrzeżyna zostało również zasypane ujście Regi, która skierowała swe wody w stronę jeziora Resko Przymorskie.

Wiek radiowęglowy torfów podścielających osady eoliczne, a także daty OSL osadów wydymowych wskazują, że aktywność eoliczna występowała również w czasie małej epoki lodowej i zakończyła się w XIX w. Daty radiowęglowe uzyskane z kopalnej gleby występującej w osadach eolicznych świadczą o tym, iż zmniejszenie intensywności procesów eolicznych (przynajmniej na pewnych obszarach) nastąpiło w czasie średniowiecznego ocieplenia klimatu epoki wikingów, tj. od 1160 do 452 lat temu.

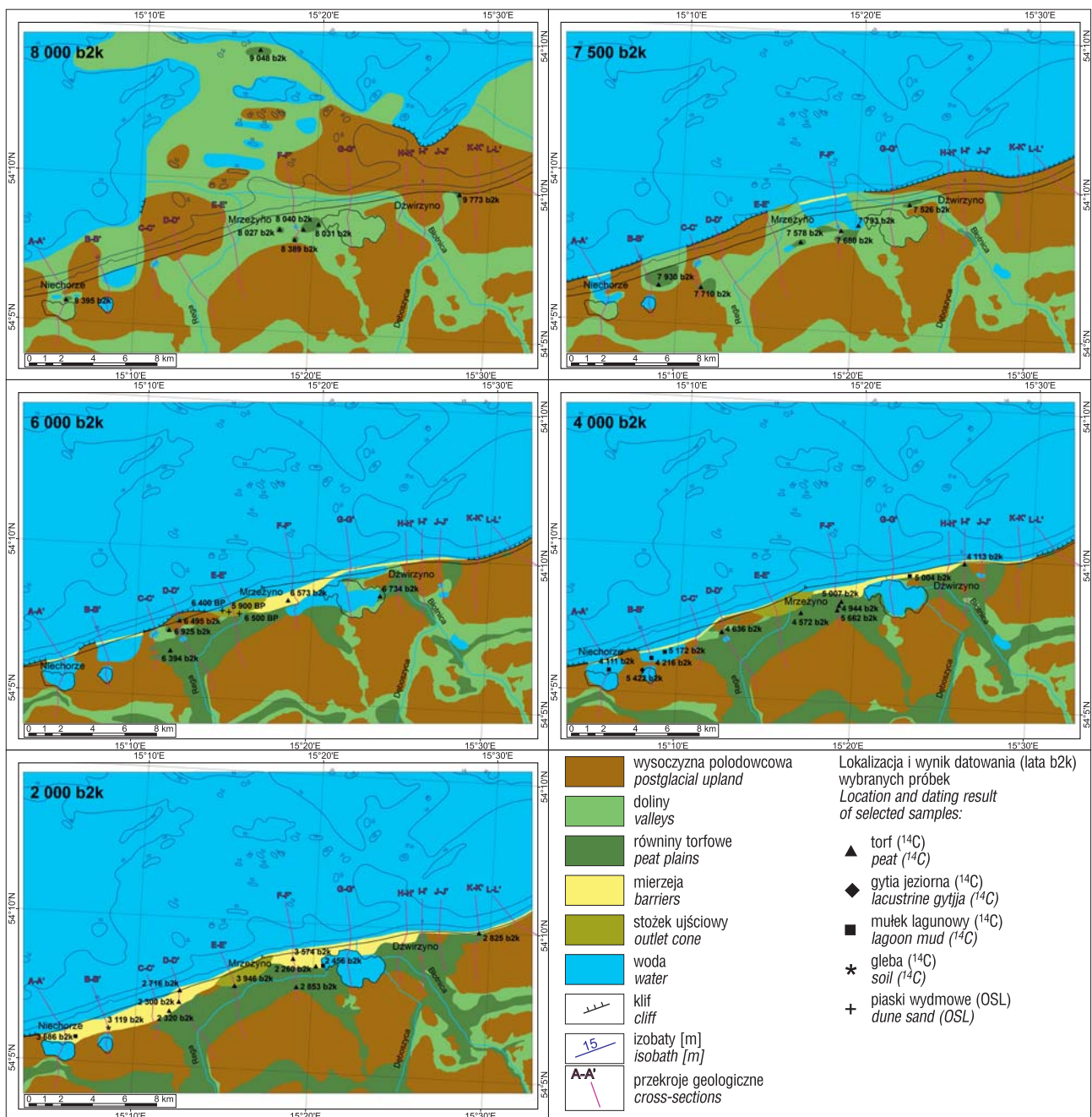
PODSUMOWANIE

Na rozwój wybrzeża we wschodniej części Zatoki Pomorskiej podstawowy wpływ miały: zmiany klimatu, zmiany poziomu morza, ukształtowanie paleopowierzchni podłoża mierzei, ilość dostarczanego materiału osadowego oraz działalność człowieka.

Zmiany klimatu miały zasadniczy wpływ na poziom morza, zwłaszcza w pierwszej połowie holocenu, kiedy to doszło do regresji lądolodów w Eurazji i Ameryce Północnej (Dyke, 2004; Stroeven i in., 2016; Patton i in., 2017). W wyniku wytapiania się lądolodu następował szybki wzrost poziomu morza, w rejonie Morza Bałtyckiego – nazywany transgresją lityrnową. Skutkowało to tym, że procesy erozji dominowały na całym badanym obszarze, a linia brzegowa szybko się cofała. Około 6 tys. lat

temu, wraz z wytopieniem się ostatnich fragmentów lodu w Ameryce Północnej (Dyke, 2004), nastąpiło spowolnienie tempa wzrostu poziomu morza. Po zakończeniu transgresji lityrynowej znaczenia nabrały oscylacje klimatyczne, szczególnie w czasie ochłodzenia późnoholoceńskiego, cechującego się niestabilnym klimatem, tj. w okresie ostatnich 4,5 tys. lat (Borzenkova i in., 2015). Występowanie na przemian okresów cieplejszych i chłodniejszych (Bond i in., 1997; McDermott i in., 2001) miało duży wpływ na zróżnicowanie częstotliwości i siły sztormów oraz zróżnicowanie natężenia procesów eolicznych. Wzmocniona aktywność eoliczna na obszarze badań koreluje się z ochłodzeniem i osuszeniem klimatu 4,5 tys. lat temu (Bond i in., 1997; McDermott i in., 2001; Borzenkova i in., 2015). Zmiany te nastąpiły na początku megalayanu (Walker i in., 2018). Ślady wzmoczonej aktywności eolicz-

nej w tym okresie odnotowano również na wybrzeżu Danii (Clemmensen i in., 2001, 2006; 2009; Pedersen, Clemmensen, 2005) i Wielkiej Brytanii (Wilson i in., 2001; Sommerville i in., 2007). Na polskim wybrzeżu fazy wzmoczonej aktywności eolicznej oraz szybkiego poszerzenia się mierzei zarejestrowano w okolicy mierzei Bramy Świny – seria eoliczna Troszyn II (Borówka i in., 1986; Reimann i in., 2011). Na podstawie wyników datowań TL oraz analizy cyfrowego modelu rzeźby terenu Mierzei Wiślanej Fedorowicz i in. (2012) uznali, że intensywna aktywność eoliczna nastąpiła w drugiej połowie northgrippianu (6–5 tys. lat temu). Bazując na wynikach dat ^{14}C muszli występujących w piaskach morskich mierzei oraz dat OSL osadów wydmowych, Miotk-Szpiganowicz in. (2013) oraz Jegliński i Uścińowicz (2016) okres intensywnego rozwoju mierzei określili na przełom northgrip-



Ryc. 6. Paleogeografia wybrzeża we wschodniej części Zatoki Pomorskiej
 Fig. 6. Palaeogeography of the coast in the eastern part of Pomeranian Bay

pianu i meghalayanu oraz pierwszą połowę meghalayanu (4–2 tys. lat temu), który koreluje się z okresem intensywnej działalności eolicznej na obszarze badań oraz w innych częściach Europy. Wyniki badań wydm w północnej i zachodniej Europie (Clemmensen i in., 2001, 2006, 2009; Wilson i in., 2001, 2004; Clarke i in., 2002; Ballarini i in., 2003; Aagaard i in., 2007; Sommerville i in., 2007; Clarke, Rendell, 2009) wskazują, iż okresy ochłodzenia klimatu cechowały się mniejszą ilością opadów, silniejszymi wiatrami oraz większą częstotliwością występowania i siłą śpiętrzeń sztormowych (np. chłodny okres epoki wędrowki ludów, mała epoka lodowa). Mniejsza wilgotność powietrza i silniejsze wiatry sprzyjały intensyfikacji procesów eolicznych, a silniejsze i częstsze sztormy powodowały intensywną abrazję wybrzeża, szczególnie klifowego, z którego materiał był transportowany przez prądy wzdłużbrzegowe i osadzany na mierzei. W okresach cieplejszych, cechujących się większą ilością opadów i większą wilgotnością powietrza oraz mniejszą częstotliwością występowania i siłą sztormów (np. ocieplenie w czasach epoki rzymskiej, ocieplenie średniowieczne epoki wikingów), następowało spowolnienie tempa procesów eolicznych lub nawet ich zanik oraz spowolnienie tempa abrazji brzegu i zmniejszenie ilości materiału transportowanego przez prądy wzdłużbrzegowe, który służył do budowy mierzei.

Rozwój wybrzeża mierzejowego w dużej mierze jest uzależniony od ilości dostarczanego materiału detrytycznego (Racinowski, Pozlewicz, 2001; Deng i in., 2017; Zhang i in., 2017). Na obszarze badań dostawy tego typu materiału pochodziły głównie z erozji klifu i były dostarczane przez Regę. Materiał ten był przenoszony przez prądy wzdłużbrzegowe i odkładany w podbrzeżu, na brzegu i na wydmach nadbrzeżnych.

Działalność człowieka wpływa na intensywność procesów eolicznych, od których zależy rozwój mierzei. Dane palinologiczne (Brykczyńska, 1976, 1978; Brykczyńska, Więclawek, 1983; Latałowa, 1982, 1992, 1994; Obremśka, Cedro, 2012) wskazują, iż pierwsze ślady działalności ludzkiej przypadają na przełom northgrippianu i meghalayanu. Od tego okresu rozpoczęło się wypalanie i wycinka lasów pod uprawę zbóż i wypas bydła, co sprzyjało intensyfikacji procesów eolicznych. W połowie XIX w. działalność człowieka spowodowała z kolei wyhamowanie procesów eolicznych. W okresie tym w wielu rejonach wybrzeża południowego Bałtyku na bezleśne wydmy wprowadzono, w celu ich stabilizacji, drzewostan sosny zwyczajnej (Piotrowska, 1984). Równie istotnym czynnikiem, wpływającym na przebieg rozwoju wybrzeża, jest ukształtowanie i litologia paleopowierzchni dyspozycyjnej.

WNIOSKI

Między Niechorzem i Kołobrzegiem na południowym wybrzeżu Bałtyku występują trzy podstawowe sukcesje osadowe: osady bezpośredniego podłoża mierzei, osady mierzei oraz osady stożka ujściowego Regi. Na obszarze tym występują mierzeje o zróżnicowanej historii rozwoju, które w czasie swojego istnienia przeszły kilka etapów: od mierzei transgredującej do progradującej, od mierzei transgredującej poprzez etap mierzei progradującej do mierzei transgredującej oraz występują mierzeje, które w czasie całego swojego istnienia były mierzejami transgredującymi. Głównymi czynnikami, mającymi wpływ na roz-

wój wybrzeża na obszarze badań, były zmiany klimatu, zmiany poziomu morza oraz ukształtowanie i litologia paleopowierzchni podłoża mierze, a także ilość dostarczanego materiału osadowego.

W zachodniej części obszaru badań – w rejonie Niechorza – występuje mierzeja, która przeszła etap od mierzei transgredującej (wędrującej w stronę lądu) do progradującej (przyrastającej w stronę morza). Etap mierzei transgredującej występował od 8 do 4 tys. lat temu. Przed ok. 4 tys. lat mierzeja ewoluowała w mierzeję progradującą. Zmiana ta została spowodowana przez intensywną działalność procesów eolicznych w tym rejonie, zainicjowanych na skutek oscylacji klimatycznych.

W środkowej części obszaru badań – na odcinku od Mrzeżyna do Dźwirzyna – występuje mierzeja, która w northgrippianie ewoluowała od mierzei transgredującej do progradującej. W rejonie Mrzeżyna zmiana ta nastąpiła 7,5–6 tys. lat temu, a w okolicy Dźwirzyna 7–4 tys. lat temu. Następnie ok. 2 tys. lat temu mierzeja ta ponownie przekształciła się w mierzeję transgredującą. Przejście z typu mierzei transgredującej do progradującej ok. 6 tys. lat temu było spowodowane zwiększeniem dostaw materiału przez Regę, która uchodziła wówczas bezpośrednio do Bałtyku i najprawdopodobniej miała większą objętość przepływu niż obecnie. Jednocześnie wyraźnie zmniejszyło się tempo wzrostu poziomu morza. W rejonie Dźwirzyna zmiana typu mierzei była dodatkowo związana z intensywną działalnością eoliczną. Ponowna zmiana typu, która nastąpiła ok. 2 tys. lat temu, była spowodowana zmianą lokalizacji ujścia Regi, która przerzuciła swoje koryto do jeziora Resko Przymorskie. Tym samym ustała dostawa materiału służącego do budowy mierzei.

Na wschodzie, na odcinku od Dźwirzyna do Kołobrzegu oraz na niewielkim odcinku brzegu w rejonie na zachód od Mrzeżyna, występują mierzeje, które pojawiły się dopiero 6 do 2 tys. lat temu, tj. później niż na pozostałych odcinkach badanego wybrzeża. Mierzeje te przez cały czas transgreduwały na południe. Przyczyną tak późnego pojawienia się mierzei w tych rejonach było usytuowanie podłoża, na którym mogła powstać mierzeja, na rzędnej powyżej –5 m n.p.m.

W rejonie Niechorza i Mrzeżyna, na obszarach o niskim usytuowanej paleopowierzchni, tj. na rzędnej poniżej –5 m n.p.m., mierzeja pojawiła się najwcześniej, tj. około 7,5 tys. lat temu. Na jej zapleczu uformowały się laguny, na które wkraczała mierzeja wędrująca w stronę lądu. W podłożu mierzei występują w tych rejonach zatem głównie osady lagunowe. Na odcinkach wybrzeża, gdzie paleopowierzchnia występowała wyżej niż –5 m n.p.m. – tj. na zachód i północny wschód od Niechorza, między Niechorzem i Mrzeżynem oraz między Dźwirzynem i Kołobrzegiem – przez dłuższy czas dominowały klify. Pierwsze mierzeje pojawiły się w tych rejonach ok. 6 tys. lat temu. Migrowały one w stronę lądu, a na ich zapleczu występowały doliny rzeczne wypełnione torfami i piaskami. W związku z tym na wymienionych odcinkach wybrzeża w podłożu mierzei występują głównie osady wodnolodowcowe, rzeczne i torfy.

Autor niniejszego artykułu składa podziękowania Recenzentom – prof. dr. hab. Stanisławowi Musielakowi oraz dr. Andrzejowi Piotrowskiemu za konstruktywne uwagi. W artykule przedstawiono w skróconej formie wyniki badań zawarte w rozprawie doktorskiej pt. *Rozwój wybrzeża mierzejowego we*

wschodniej części Zatoki Pomorskiej, napisanej pod kierunkiem prof. dr hab. Szymona Uścińciewicza i obronionej w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym (PIG-PIB). Rozprawa ta powstała jako efekt realizacji trzech zadań wykonywanych w ramach działalności statutowej PIG-PIB: *Geneza i zmiany linii brzegowej Wybrzeża Trzebiatowskiego u schyłku glacjału i w holocenie w świetle badań paleogeograficznych* (temat nr 61.2701.1101.00.0, realizowany w latach 2010–2013); *Wyznaczanie osadów i ewolucja wydm w rejonie Mrzeżyna–Pogorzeli w świetle badań georadarowych – badania pilotażowe* (temat nr 61.9101.1401.00.0, realizowany w latach 2014–2015); *Rozwój wybrzeża mierzejowego we wschodniej części Zatoki Pomorskiej* (temat nr 61.2701.1601.00.0, realizowany w latach 2016–2019).

LITERATURA

- AAGAARD T., ORFORD J., MURRAY A.S. 2007 – Environmental controls on the coastal dune formation; Skallingen Spit, Denmark. *Geomorphology*, 83: 29–47.
- BALLARINI M., WALLINGA J., MURRAY A.S., VAN HETEREN S., OOST A.P., BOS A.J.J., VAN EIJK C.W.E. 2003 – Optical dating of young coastal dunes on a decadal time scale. *Quatern. Sci. Rev.*, 22: 1011–1017.
- BIRD E. 2003 – Coastal Geomorphology. An Introduction. Wiley, Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.
- BOND G., SHOWERS W., CHESEBY M., LOTTI R., ALMASI P., DEMENOCAL P., PRIORE P., CULLEN H., HAJDAS I., BONANI G. 1997 – A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and Glacial climates. *Science*, 278: 1257–1266.
- BANK Danych Hydrogeologicznych HYDRO – <http://spd.pgi.gov.pl/PSHv8/Psh.html>
- BORÓWKA R.K., CEDRO B. 2011 – Holocene marine incursions in the coastal zone of the Pomeranian Bay based on radiocarbon assays. *Geochronometria*, 38 (1): 85–92.
- BORÓWKA R.K., GONERA P., KOSTRZEWSKI A., NOWACZYK B., ZWOLIŃSKI Z. 1986 – Stratigraphy of eolian deposits in Wolin Island and the surrounding area, North-West Poland. *Boreas*, 15: 301–309.
- BORÓWKA R.K., OSADCZUK A., OSADCZUK K., WITKOWSKI A., SKOWRONEK A., LATAŁOWA M., MIANOWICZ K. 2017 – Postglacial Evolution of the Odra River Mouth, Poland–Germany. [W:] Harff J., Furmańczyk K., von Storch H. (red.), *Coastline Changes of the Baltic Sea from South to East*. *Coast. Res. h Libr.*, 19: 193–216.
- BORÓWKA R.K., OSADCZUK A., WITKOWSKI A. 2001 – Late Glacial and Holocene stages of the Szczecin Lagoon development. 15 *Treffen Deutschsprachiger Diatomologen*: 6–12.
- BORÓWKA R.K., OSADCZUK A., WITKOWSKI A., WAWRZYŃIAK-WYDROWSKA B., DUDA T. 2005 – Late Glacial and Holocene depositional history in the eastern part of the Szczecin Lagoon (Great Lagoon) basin – NW Poland. *Quatern. Intern.*, 130: 87–96.
- BORÓWKA R.K., LATAŁOWA M., OSADCZUK A., ŚWIĘTA J., WITKOWSKI A. 2002 – Palaeogeography and palaeoecology of Szczecin Lagoon. [W:] Lampe E. (red.), *Holocene evolution of the South-Western Baltic Coast – Geological, archeological and paleoenvironmental aspects*. *Greifswalder Geograph. Arb.*, 27: 107–113.
- BORÓWKA R.K., OSADCZUK K. 2005 – Morfologia i budowa geologiczna delty wstecznej Świny. [W:] Florek W. (red.), *Geologia i geomorfologia Półwyspu i południowego Bałtyku*, cz. 6, Akad. Pedagog., Słupsk: 201–208.
- BORÓWKA R.K., WITKOWSKI A., TOMKOWIAK J., OLAS M., GUSAR K., LISZKIEWICZ E. 1999 – Stratygraficzna i przestrzenna zmienność litologiczna i geochemiczna osadów wypełniających Zalew Szczeciński i baseny przyległe. [W:] Borówka R.K., Młynarczyk Z., Wojciechowski A. (red.), *Ewolucja geosystemów nadmorskich Południowego Bałtyku*. *Bogucki Wyd. Nauk.*, Poznań: 55–62.
- BORZENKOVA I., ZORITA E., BORISOVA O., KALNINA L., KISIELIENĖ D., KOFF T., KUZNETSOV D., LEMDAHL G., SAPELKO T., STANČIKAITĖ M., SUBETTO D. 2015 – Climate Change During the Holocene (Past 12,000 Years). [W:] Bolle H.-J., Menenti S., Rasool S.I. (red.), *Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin*. *Regional Climate Stud.*: 25–49.
- BRONK RAMSEY C. 2009 – Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51 (1): 337–360.
- BRYKCYŃSKA E. 1976 – Wyniki analizy palinologicznej osadów wiercenia Niechorze 6a. *Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*
- BRYKCYŃSKA E. 1978 – Próba odtworzenia rozwoju roślinności w późnym glacjału i holocenie w okolicach Niechorza na Pomorzu Zachodnim. *Kwart. Geol.*, 22 (2): 361–377.
- BRYKCYŃSKA E., WIĘCŁAWEK A.I. 1983 – Holocenska sukcesja roślinności w profilach Niechorze III i IVa (Pomorze Zachodnie). *Kwart. Geol.*, 27 (3): 581–594.
- CEDRO B. 2003 – Postglacialne i holocenske osady fluwialne, jezioro-bagienne i morskie w dolinie Regi koło Mrzeżyna. [W:] Borówka R.K., Witkowski A. (red.), *Człowiek i środowisko przyrodnicze Pomorza Zachodniego. II Środowisko abiotyczne*. *Oficyna InPlus, Szczecin*: 47–49.
- CEDRO B. 2004a – Rekonstrukcja zmian środowiskowych zapisanych w vistuliańskich i holocenskich osadach doliny Regi w okolicy Mrzeżyna. [W:] Błaszkiwicz M., Gierszewski P. (red.), *Rekonstrukcja i prognoza zmian środowiska przyrodniczego w badaniach geograficznych*. *Pr. Geograf.*, 200: 59–67.
- CEDRO B. 2004b – Rekonstrukcja sedimentacji postglacialnych i holocenskich osadów fluwialnych, morskich i jezioro-bagiennych doliny Regi w rejonie Mrzeżyna. *Dokument. Geograf.*, 31: 29–30.
- CEDRO B. 2005 – Wstępne uwagi o wieku osadów wypełniających dolinę Regi w rejonie Łobza oraz jej ujściowym odcinku w rejonie Mrzeżyna. [W:] Borówka R.K. (red.), *Plejstocenske i holocenske przemiany środowiska przyrodniczego Polski*. *Oficyna InPlus, Szczecin*: 13–16.
- CEDRO B. 2008 – Zapis zmian południowego Bałtyku w okolicy Mrzeżyna. Holocenske przemiany wybrzeży i wód południowego Bałtyku – przyczyny, uwarunkowania i skutki, *Smoldzino 6–9.05.2008*: 47.
- CEDRO B. 2010 – Influence of Baltic Sea level on sedimentation in coastal area near Mrzeżyno (Poland). [W:] Szczerbakow S.W. (red.), *The Baltic Sea Geology – 10. The 10th International Marine Geological Conference*, 24–28 August 2010, Sankt Petersburg, Russia: 14–16.
- CEDRO B. 2012 – Litologia i wiek osadów z profilu T28 (okolice Mrzeżyna). [W:] Cedro B. (red.), *Późnoglacialne i holocenske przemiany środowiska przyrodniczego zarejestrowane w osadach profilu T28 z okolic Mrzeżyna na podstawie badań wielodyscyplinarnych*. *Wyd. ZAPOL, Szczecin*: 19–30.
- CEDRO B. 2016 – Późnoglacialna i holocenska historia zmian południowego Bałtyku zapisana w osadach zbiorników sedimentacyjnych okolic Mrzeżyna. *Uniw. Szczec.*
- CIERPICKA G. 1964 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska do założeń projektowych budowy osiedla mieszkaniowego w Rogowie, pow. Gryfice. *Geoprojekt–Szczecin*.
- CLARKE M.L., RENDELL H.M. 2009 – The impact of North Atlantic storminess on western European coasts: a review. *Quatern. Intern.*, 195: 31–41.
- CLARKE M., RENDELL H., TASTET J.-P., CLAVE B., MASSE L. 2002 – Late-Holocene sand invasion and North Atlantic storminess along the Aquitaine Coast, southwest France. *The Holocene*, 12: 231–238.
- CLEMMENSEN L.B., MURRAY A., BECK J.H., CLAUSEN A. 2001 – Large-scale aeolian sand movement on the west coast of Jutland, Denmark in late Subboreal to early Subatlantic time – a record of climate change or cultural impact? *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 123: 193–203.
- CLEMMENSEN L.B., MURRAY A. 2006 – The termination of the last major phase of Aeolian sand movement, coastal dunefields, Denmark. *Earth Surface Proc. Landforms*, 31: 795–808.
- CLEMMENSEN L.B., MURRAY A., HEINEMEIER J., DE JONG R. 2009 – The evolution of Holocene coastal dunefields, Jutland, Denmark: a record of climate change over the past 5000 years. *Geomorphology*, 105: 303–313.
- DENG J., HARFF J., ZHANG W., SCHNEIDER R., DUDZIŃSKA-NOWAK J., GIZA A., TEREFENKO P., FURMAŃCZYK K. 2017 – The Dynamic Equilibrium Shore model for the Reconstruction and Future projection of Coastal Morphodynamics. [W:] Harff J., Furmańczyk K., von Storch H. (red.), *Coastline Changes of the Baltic Sea from South to East. Past and Future Projection*. *Springer*: 87–106.
- DOBRACKA E. 1984 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Kołobrzeg (43). *Inst. Geol.*
- DOBRACKA E. 1988 – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusze Kołobrzeg (43) i Ustronie Morskie (44). *Państw. Inst. Geol.*
- DOBRACKA E. 1990 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Trzebiatów (78). *Państw. Inst. Geol.*
- DOBRACKA E. 1992 – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, ark. Trzebiatów (78). *Państw. Inst. Geol.*
- DOBRACKA E. 2008a – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Niechorze (77) – reambulacja. *Państw. Inst. Geol.*
- DOBRACKA E. 2008b – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, ark. Niechorze (77) – reambulacja. *Państw. Inst. Geol.*
- DOBRACKI R. 2009 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Gościno (79). *Państw. Inst. Geol.* – PIB.
- DOBRACKI R., 2015 – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000 arkusz Gościno (79). *Państw. Inst. Geol.* – PIB.

- DOBRAKCI R., ZACHOWICZ J. 2007 – Mapa geodynamiczna polskiej strefy brzegowej Bałtyku Południowego, arkusze: Rewal (8), Pogorzeli- ca (9), Mrzeżyno (10), Dźwirzyno (11), Kołobrzeg (12), Mielno (16), Unieście (17), Łazy (18), Dąbki (19). Państw. Inst. Geol.
- DYKES A.S. 2004 – An outline of North American Deglaciation with emphasis on central and northern Canada. Geol. Sur. Canada.
- DYMITRIADIS S. 1974 – Dokumentacja badań technicznych podłoża gruntowego do projektu technicznego ośrodka wypoczynkowego C.Z.H. – Katowice w Mrzeżynie. Geoprojekt-Szczecin.
- FEDOROWICZ S., ZIELIŃSKI P., WYSIECKA G., HOŁUB B. 2012 – Phases of aeolian accumulation on the Vistula Spit (Southern Baltic Sea) in the light of TL dating and analysis of a digital elevation model. Geol. Quart., 56 (2): 345–352.
- GLUSZKIEWICZ H. 1974 – Dokumentacja technicznych badań podłoża gruntowego do projektu technicznego budynków ośrodka czasowego Wojewódzkiego Zarządu Dróg Lokalnych – Szczecin przy ul. Tysiąclecia w Mrzeżynie. Geoprojekt-Szczecin.
- GOLDSMITH V. 1985 – Coastal Dunes. [W:] Davis Jr. R.A. (red.), Coastal Sedimentary Environments. Second Revised, Expanded Edition. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokio: 303–378.
- GUMIŃSKA A., CHOCHŁOWSKI J. 1972 – Dokumentacja technicznych badań podłoża gruntowego do założeń techniczno-ekonomicznych budowy ośrodka czasowego Łódzkiego Zjednoczenia Budownictwa w Dźwirzynie. Geoprojekt-Koszalin.
- GUMIŃSKA A., DRUŻBA E. 1969 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla projektu wstępnego i podstawowego Ośrodka Wczasowo-Turystycznego WKKFiT *Motel* w Dźwirzynie. Geoprojekt-Koszalin.
- JEGLIŃSKI W., UŚCINOWICZ S. 2016 – Age of dunes on Vistula Spit as indicated by OSL dating. [W:] Abstract Volume & Filed Trip Guidebook. The 13th Colloquium on Baltic Sea Marine Geology, September 12–16, 2016, Gdańsk, Poland: 122–124.
- JUROWSKA Z., KRAMARSKA R. 1990 – Mapa geologiczna dna Bałtyku w skali 1 : 200 000, arkusz Dziwnów, Szczecin. Państw. Inst. Geol.
- KEILHACK K. 1912 – Die Verlandung der Swinepforte. Jahrbuch der Königlich Preussischen Geologischen Landesanstalt. Bd. XXXII, t. 2, Berlin: 209–244.
- KEILHACK K. 1914 – Erluterungen zur Geologischen Karten von Preussen und benachbarten Bundesstaaten Blatt Swinemünde, Berlin.
- KOŁODZIEJ L. 1980 – Dokumentacja technicznych badań podłoża gruntowego do założeń techniczno-ekonomicznych oczyszczalni ścieków w Mrzeżynie. Geoprojekt-Szczecin.
- KOTRYS B. 2018 – Raport z realizacji zadania: Okresy letnie holocenu nad Bałtykiem – rekonstrukcja średnich temperatur lipca na podstawie analizy subfosylnych szczątków Chironomidae z Bagna Konarzewo (NW Polska); nr zad. 61.2608.1601.00.0. Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. – PIB, Szczecin.
- KRAMARSKA R. 1998 – Origin and development of the Odra Bank in the light of the geologic structure and radiocarbon dating. Geol. Quart., 42 (3): 277–288.
- KRAMARSKA R., JUROWSKA Z. 1991 – Objasnienia do mapy geologicznej dna Bałtyku w skali 1 : 200 000, ark. Dziwnów, Szczecin. Państw. Inst. Geol.
- KRAMARSKA R., JEGLIŃSKI W., KAULBARSZ D., PĄCZEK U., PRZEZDZIECKI P., BOJAKOWSKA I., KOSZKA-MAROŃ D., RELISKO-RYBAK J., UŚCINOWICZ S. 2016 – Czwartorzęd Zatoki Pomorskiej i perspektywy surowcowe. Prz. Geol., 64 (8): 552–563.
- KRZYMIŃSKA J. 1996 – Ekspertyza mikrofauny i malakofauny z osadów strefy brzegowej – część zachodnia. Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.
- LANGE W., MENKE B. 1967 – Beiträge zur frühpostglazialen erd- und vegetationsgeschichtlichen Entwicklung im Eidergebiet, insbesondere zur Flussgeschichte und zur Genese des sogenannten Basistorfes. Meyniana, 17: 29–44.
- LATAŁOWA M. 1982 – Postglacial vegetational changes in the eastern Baltic coastal zone of Poland. Acta Palaeobot., 22 (2): 179–249.
- LATAŁOWA M. 1992 – Man and vegetation in the pollen diagrams from Wolin Island (NW Poland). Acta Paleobot., 32 (1): 123–249.
- LATAŁOWA M. 1994 – Gospodarka mezolityczna i początki rolnictwa na obszarze polskiego Pobrzeża Bałtyku w świetle danych palinologicznych. Polish Botanical Stud., Guidebook Series, 11: 135–153.
- LOUGHEED B.C., FILIPSSON H.L., SNOWBALL I. 2013 – Large spatial variations in coastal ¹⁴C reservoir age – a case study from the Baltic Sea. Climate of the Past, 9: 1015–1028.
- MASŁOWSKA M., MICHAŁOWSKA M., ZACHOWICZ J., KRZYMIŃSKA J. 2003 – Badania wystąpień bursztynu w pasie pobrzeża Bałtyku. Wyniki badań litologicznych osadów oraz badań faunistycznych i palinologicznych. Państw. Inst. Geol.
- MCDERMOTT F., MATTEY D.P., HAWKESWORTH C. 2001 – Centennial-scale Holocene climate variability revealed by a high-resolution speleothem ¹⁸O record from SW Ireland. Science, 294: 1328–1331.
- MIANOWICZ K., CEDRO B. 2013 – Holoceneskie zdarzenia paleohydrologiczne zarejestrowane w subfosylnych osadach z okolic Mrzeżyna (środkowa część Wybrzeża Trzebiatowskiego), na podstawie analizy szczątków makroskopowych roślin i zwierząt z profilu T28. [W:] Florek W. (red.), Geologia i geomorfologia Pobrzeża i południowego Bałtyku, cz. 10. Akad. Pomorska w Słupsku: 99–117.
- MIOTK-SZPIGANOWICZ G., JEGLIŃSKI W., KOSZKA-MAROŃ D., UŚCINOWICZ S. 2013 – Paleogeograficzny model rozwoju Zalewu Wiślanego i Mierzei Wiślanej – transgraniczna korelacja informacyjno-geologicznych polskich i z okręgu kaliningradzkiego. Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. – PIB.
- OBREMSKA M., CEDRO B. 2012 – Rekonstrukcja zmian roślinności w okolicy Mrzeżyna na podstawie analizy pyłkowej osadów z kopalnej części ryzny Samowa (profil T28). [W:] Cedro B. (red.), Późnoglacialne i holoceneskie przemiany środowiska przyrodniczego zarejestrowane w osadach profilu T28 z okolic Mrzeżyna na podstawie badań wielodyscyplinarnych. Uniw. Szczeciński: 73–88.
- OKONEK M. 1974 – Dokumentacja technicznych badań podłoża gruntowego do projektu technicznego kotłowni c.o. w miejscowości Rogowo. Geoprojekt-Szczecin.
- OKONEK M., SKAŁA F.T. 1977 – Dokumentacja technicznych badań podłoża gruntowego do projektu technicznego ośrodka szkoleniowo-wypoczynkowego P.B. Rol. Gryfice w Mrzeżynie. Geoprojekt-Szczecin.
- OSADCZUK K. 2004 – Geneza i rozwój wałów piaszczystych Bramy Świny w świetle badań morfometrycznych i sedimentologicznych. Uniw. Szczeciński. Rozpr. Stud., t. (DCXXVI) 552.
- OSADCZUK K. 2005 – Wydmy Bramy Świny i ich wymowa paleogeograficzna. [W:] Borówka R.K., Musielak S. (red.), Środowisko przyrodnicze wybrzeży Zatoki Pomorskiej i Zalewu Szczecińskiego. Oficyna InPlus, Szczecin: 43–53.
- PATTON H., HUBBARD A., ANDREASSEN K., AURIAC A., WHITEHOUSE P.L., STROEVEN A.P., SHACKLETON C., WINSBORROW M., HEYMAN J., HALL A.M. 2017 – Deglaciation of the Eurasian ice sheet complex. Quatern. Sci. Rev., 169: 148–172.
- PEDERSEN K., CLEMMENSEN L.B. 2005 – Unveiling past aeolian landscapes: a ground penetrating radar survey of a Holocene coastal dunefield system, Thy, Denmark. Sedim. Geol., 177: 57–86.
- PIOTROWSKA H. 1984 – Szata roślinna. [W:] Augustowski B. (red.), Pobrzeże Pomorskie. Ossolineum, Wrocław: 281–317.
- PIOTROWSKI A. 1999 – Etapy rozwoju Bramy Świny. [W:] Borówka R.K., Piotrowski A., Wiśniowski Z. (red.), Problemy geologii, hydrogeologii i ochrony środowiska wybrzeża morskiego Pomorza Zachodniego. LXX Zjazd Naukowy PTG, Międzyzdroje 10–12.06.1999 r.: 215–241.
- PIOTROWSKI A. 2014 – Raport z realizacji zadania: Poszukiwania i badania kopalnych osadów tsunami na polskim wybrzeżu Bałtyku; nr projektu 2011/01/B/ST10/07220. Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. – PIB, Szczecin.
- PRUSINKIEWICZ Z., NORYSKIEWICZ B. 1966 – Zagadnienie wieku bielic na wydmach brunatnych Mierzei Świny w świetle analizy palinologicznej i datowania radiowęglem ¹⁴C. Zesz. Nauk. Uniw. Mikołaja Kopernika w Toruniu, z. 14, Geografia V.
- RACINOWSKI R., POZLEWICZ A. 2001 – Rumowisko strefy brzegowej morza na Wybrzeżu Szczecińskim jako wynik procesów litodynamicznych. [W:] Florek W. (red.), Geologia i geomorfologia pobrzeża i południowego Bałtyku. Pomorska Akad. Pedagog. w Słupsku: 165–174.
- REIMANN T., TSUKAMOTO S., HARFF J., OSADCZUK K., FRECHEN M. 2011 – Reconstruction of Holocene coastal foredune progradation using luminescence dating – An example from the Świna barrier (southern Baltic Sea, NW Poland). Geomorphology, 132: 1–16.
- REIMER P.J., BARD E., BAYLISS A., WARREN BECK J., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUCK C.E., CHENG H., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDERSON T.P., HAFLIDASON H., HAJDAS I., HATTÉ C., HEATON T.J., HOFFMANN D.L., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER A.K., KROMER B., MANNING S.W., NIU M., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SCOTT E.M., SOUTHON J.R., STAFF R.A., TURNEY C.S.M., VAN DER PLICHT J. 2013 – INTCAL13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0–50 000 years cal BP. Radiocarbon, 55: 1869–1887.
- SCHOENEICH K. 1961 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla projektu wstępnego umocnień brzegowych w Rogowie. Geoprojekt-Szczecin.
- SCHWARTZ M.L. (red.) 1973 – Barrier Islands. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pennsylvania.
- SOMMERVILLE A.A., HANSOM J.D., HOUSLEY R.A., SANDERSON D.C.W. 2007 – Optically stimulated luminescence (OSL) dating of coastal aeolian sand accumulation in Sanday, Orkney Islands, Scotland. The Holocene, 17: 627–637.
- STROEVEN A.P., HÄTTESTRAND C., KLEMAN J., HEYMAN J., FABEL D., FREDIN O., GOODFELLOW B.W., HARBOR J.M., JANSEN J.D., OLSEN L., CAFFEE M.W., FINK D., LUNDQVIST J.,

- ROSQVIST G.C., STRÖMBERG B., JANSSON K.N. 2016 – Deglaciation of Fennoscandia. *Quatern. Sci. Rev.*, 147: 91–121.
- TARNAWSKI M. 1978 – Dokumentacja technicznych badań podłoża gruntowego do projektu technicznego magazynu amunicji w Mrzeżynie. Geoprojekt-Szczecin.
- TOMCZAK A. 1995 – Budowa geologiczna polskiej strefy brzegowej. [W:] Mojski J.E. (red.), *Atlas geologiczny południowego Bałtyku w skali 1 : 500 000*. Państw. Inst. Geol.
- UŚCINOWICZ S. 2003 – Relative sea level changes, glacio-isostatic rebound and shoreline displacement in the Southern Baltic. *Polish Geological Institute Sp. Papers*, 10: 1–79.
- UŚCINOWICZ S. 1989 – Mapa geologiczna dna Bałtyku, arkusz Kołobrzeg. Państw. Inst. Geol.
- UŚCINOWICZ S. 1991 – Objasnienia do Mapy geologicznej dna Bałtyku w skali 1 : 200 000, arkusz Kołobrzeg. Państw. Inst. Geol.
- WALKER M.J.C., BERKELHAMMER M., BJÖRCK S., CHENG H., Cwynar L.C., FISHER D.L., GKINIS V., LONG A.J., LOWE J.J., NEWNHAM R.M., RASMUSSEN S.O., WEISS H. 2018 – Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: Three Proposals by a Working Group of INTIMATE (Integration of Ice-core, Marine and Terrestrial Records) members and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy.
- WILSON P., ORFORD J.D., KNIGHT J., BRALEY S.M., WINTLE A.G. 2001 – Late-Holocene (post-4000 years BP) coastal dune development in Northumberland, northeast England. *The Holocene*, 11: 215–229.
- WILSON P., MCGOURTY J., BATEMAN M.D. 2004 – Mid- to late-Holocene coastal dune event stratigraphy for the north coast of Northern Ireland. *The Holocene*, 14: 406–416.
- WIŚNIEWSKI J., BIELACKI E. 1984 – Dokumentacja z technicznych badań podłoża gruntowego dla projektu technicznego budowy zapasowego zbiornika wody na terenie Ośrodka Wczasowego Łódzkiego Przedsiębiorstwa Usług Socjalnych Budownictwa przy ul. Nadmorskiej 1 w Dźwirzynie. Geoprojekt-Koszalin.
- WITKOWSKA A. 1964 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska do założeń projektowych budowy budynków 5-kondygnacyjnych kolonii oficerskiej w Mrzeżynie. Geoprojekt-Szczecin.
- WITKOWSKA A., IMACH A. 1968a – Dokumentacja geologiczno-inżynierska do projektu wstępnego budowy ośrodka wczasowego Gospodarki Komunalnej w Mrzeżynie przy ul. Śliskiej. Geoprojekt-Szczecin.
- WITKOWSKA A., IMACH A. 1968b – Dokumentacja geologiczno-inżynierska do projektu techniczno-roboczego budowy ośrodka kolonijnego W.Z.P.P.P.T. w Mrzeżynie (pow. gryficki) przy szosie z Trzebiatowa do Mrzeżyna. Geoprojekt-Szczecin.
- WITKOWSKI A. 1997 – Sprawozdanie z analizy diatomologicznej. Rdzień No. 4N/95 (Niechorze). *Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.* – PIB.
- WYPYCH K. 1973 – Geneza zalewów południowobałtyckich w świetle nowszych danych. *Prz. Geofiz.*, 18 (1/2): 111–120.
- WYPYCH K. 1980 – Powstanie i rozwój Zalewu Szczecińskiego. [W:] Majewski A. (red.), *Zalew Szczeciński*. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa: 72–89.
- ZHANG W., SCHNEIDER R., HARFF J., HÜNICKE B., FRÖHLE P. 2017 – Modelling of Medium-Term (Decadal) Coastal Fore-dune Morphodynamics – Historical Hindcast and Future Scenarios of the Świna Gate Barrier (Southern Baltic Sea). [W:] Harff J., Furmańczyk K., von Storch K. (red.), *Coastline Changes of the Baltic Sea from South to East. Past and Future Projection*. Springer: 107–135.
- ŻUK T., SYDOR P., SAMBROOK SMITH G.H. 2017 – Late-Holocene wind-field evolution at the southern Baltic coast as revealed by GPR data from the Mrzeżyno dunefield, NW Poland. *Boreas*, 46 (3): 470–485.

Praca wpłynęła do redakcji 12.08.2020 r.
Akceptowano do druku 3.12.2020 r.