

**TORFOWISKA MIERZEI I NIZINY KARWIŃSKIEJ POTENCJALNYM
ARCHIWUM EKSTREMALNYCH ZALEWÓW SZTORMOWYCH**

**The peatlands of the Karwia Barrier and Karwia Lowland as a potential archive
of extreme storm floods**

DAMIAN MOSKALEWICZ*

Zarys treści. Torfowiska zlokalizowane w obrębie Mierzei i Niziny Karwieńskiej stanowią potencjalne archiwum ekstremalnych wezbrań sztormowych. W trakcie badań terenowych dokonano rozpoznania utworów podpowierzchniowych w celu weryfikacji doniesień o możliwości występowania w tym rejonie współczesnych osadów sztormowych. Wykonano liczne sondowania, z których najważniejsze zaprezentowano w artykule. Wyraźny zapis sedimentacyjny procesów sztormowych zachował się jedynie w obrębie torfowiska najbardziej eksponowanego w kierunku morza, przy ujściu rzeki Czarnej Wdy. Cechą charakterystyczną osadów sztormowych okazała się malejąca miąższość osadów piaszczystych w kierunku lądu oraz ostra granica erozyjna w spągu. Obserwacja cech teksturalnych piasku wskazuje na pochodzenie osadu z plaż i wydm Mierzei Karwieńskiej. W obrębie zaplecza bariery nie znaleziono osadów, które mogłyby być powiązane ze sztormami. W związku z tym stwierdzono, że w przeszłości nie doszło do znaczących powodzi sztormowych, które pozostawiłyby w obrębie Niziny Karwieńskiej łatwo wyróżnialną warstwę osadów piaszczystych.

Słowa kluczowe: osady sztormowe, fale burzowe, zagrożenia naturalne, Mierzeja Karwieńska, Nizina Karwieńska, torfowiska nadbrzeżne

Abstract. Karwia Barrier peatlands are a potential archive of extreme storm floods. During the field work, the subsurface sediments of the investigated area were surveyed to verify the hypothesis of a presence of storm surge deposits within the barrier and accompanying peatlands. Numerous shallow drillings were performed and the most essential of them are presented in this paper. A distinguishable sedimentological mark of storm surge processes was recognized only in a peatland exposed directly to the sea, in close neighbourhood to the Czarna Wda river mouth. Thickness of sandy deposits decreasing landward and a sharp erosive boundary in the base were the most common features. Textural characteristics of sandy grains revealed a beach and dune source of these sediments. Peatlands located at the back of the barrier lacked sediments, which could be linked to the storm processes. This leads to a conclusion that none of historical storm floods left an easily distinguishable sandy layer within the Karwia Lowland.

Key words: storm deposits, storm surges, natural hazards, Karwia Barrier, Karwia Lowland, coastal peatlands

Wprowadzenie

Konsekwencje społeczno-ekonomiczne związane ze współczesnymi, ekstremalnymi zjawiskami przyrodniczymi na wybrzeżach skłaniają do poświęcenia większej uwagi tego typu zagrożeniom. W ostatnim dziesięcioleciu w wielu miejscach na świecie doszło do katastroficznych zjawisk w postaci huraganów, sztormów i fal tsunami, które doprowadziły do klęsk humanitarnych i znaczących zmian w środowisku przyrodniczym wybrzeży (Morton, Sallenger Jr. 2003; Su i in.

2013). Kluczowym kierunkiem światowych badań w tej dziedzinie stało się rozpoznanie podobnych zdarzeń w przeszłości, oznaczanie cech wskaźnikowych osadów, analiza przebiegu współczesnych procesów oraz próba oceny ryzyka wystąpienia tego typu zdarzeń w przyszłości (Garcia i in. 2010; McCall i in. 2010; Costa i in. 2012).

Podobne zjawiska, choć zazwyczaj w mniejszej skali, występowały także w przeszłości na wybrzeżach Morza Bałtyckiego. Podczas znaczących wezbrań sztormowych dochodziło do przerywania nadbrzeżnego pasa wydm i wlewu wód

* Uniwersytet Gdański, Instytut Geografii, Katedra Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu, ul. Bażyńskiego 4, 80-952 Gdańsk; e-mail: geodm@ug.edu.pl

morskich na tereny nizinne. Zjawisko to zostało opisane w polskiej literaturze jako „fala burzowa” (Czekańska 1948). Większość dotychczasowych badań poświęconych sztormom dotyczyła analizy siły i częstotliwości ich występowania oraz obserwacji trendów w skali czasowej (Wiśniewski, Wolski 2009; Marosz 2010; Formela, Marsz 2011; Stanisławczyk 2012). Dotychczas nie poświęcono dostatecznej uwagi powstającym na wybrzeżach osadom sztormowym, choć informowano o ich obecności w kontekście formowania się barier Południowego Bałtyku (Wróblewski 2008). Osady sztormowe powstające w obrębie wybrzeży zostały rozpoznane i opisane w rejonie Świny (Łabuz 2009). Ponadto wykazano, że Mierzeja Karwieńska cechuje się znacznym potencjałem zachowania zarówno współczesnych osadów sztormowych (Wróblewski, Moskalewicz 2014) jak również z okresu jej formowania (Tokarczuk 2006). Ślady po ekstremalnych zalewach morskich widoczne są na nizinach nadbrzeżnych, budowanych przez osady organiczne (Phantu-wongraj, Choowong 2012), dlatego torfowiska występujące w sąsiedztwie wybrzeży, w tym w rejonie Karwii, mogą stanowić cenne archiwum osadów sztormowych.

Celem niniejszego opracowania jest wstępna weryfikacja, czy doniesienia o możliwości wdarcia się wód morskich na tereny Mierzei i Niziny Karwieńskiej (Kowalska i in. 2012) mogą być potwierdzone przez występowanie osadów będących śladami powodzi sztormowych z przeszłości. Wykazanie ich obecności mogłoby przyczynić się do podjęcia szczegółowych badań geologicznych obejmujących analizy sedymentologiczne oraz datowanie najbardziej ekstremalnych zdarzeń, a także potwierdzić, czy naturalne zjawiska występujące nad Bałtykiem stanowią realne zagrożenie – nie tylko w odległej przyszłości, z powodu podnoszącego się poziomu morza, ale już obecnie.

Obszar badań i jego paleogeografia

Obszar badań znajduje się na wschodnim krańcu Wybrzeża Słowińskiego (Kondracki 2011), obejmując swym zasięgiem niewielkie torfowisko zlokalizowane przy ujściu rzeki Czarnej Wdy do Bałtyku oraz fragment Niziny Karwieńskiej pomiędzy miejscowościami Ostrowo i Karwia (rys. 1, 2). Od południa nizina jest ograniczona Kępą Ostrowską, stanowiącą wzniesienie o maksymalnej wysokości bezwzględnej 26 m n.p.m. Po północnej stronie podmokły obszar nizinny przechodzi

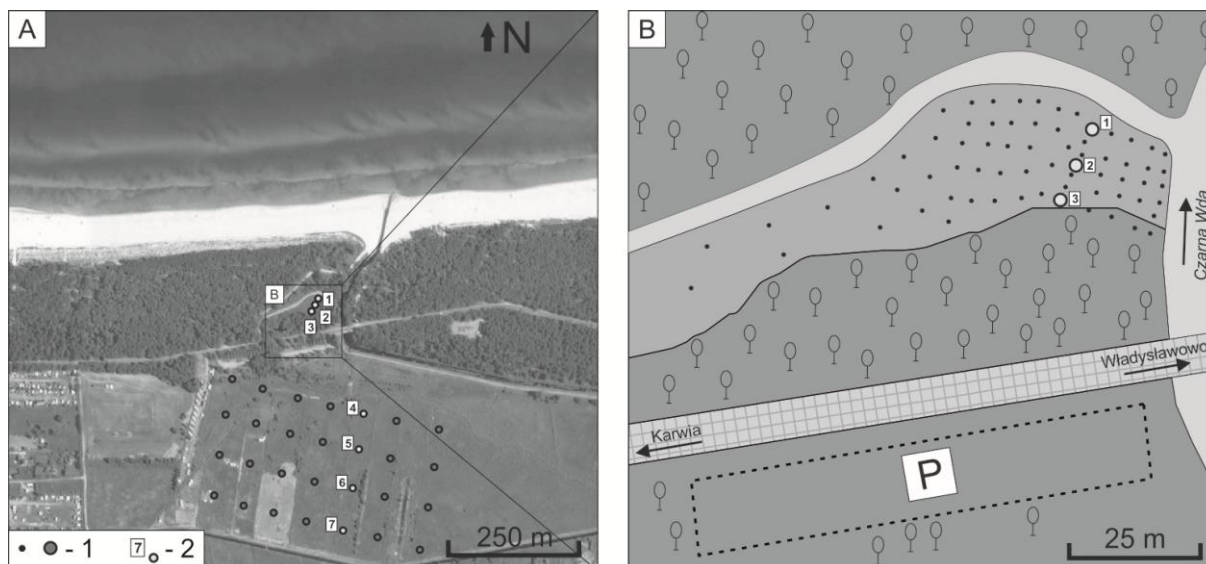
w piaszczystą barierę nadmorską. Na tym odcinku wybrzeża wydmy występujące w obrębie bariery są zdecydowanie niższe niż w jej zachodniej części. Od wschodu nizinę ogranicza Kępa Swarzewska, co przekłada się również na stopniową zmianę charakteru wybrzeży – od niskich plaż i wałów wydmych do wysokich klifów okolic Jastrzębiej Góry. Nizina Karwieńska stanowi obszar w całości pokryty łąkami i mokradłami. Do tej pory nie podjęto działań mających na celu zagospodarowanie przestrzeni, co często przekłada się na występowanie w tym rejonie bujnej i urozmaiconej roślinności. Obszar łąk i torfowisk w obrębie Niziny Karwieńskiej jest podzielony złożoną siecią melioracyjną. Koryto Czarnej Wdy stanowi obecnie sztucznie uformowany kanał, a pierwotny bieg rzeki można odczytać jedynie z map z początku XX wieku.



Rys. 1. Lokalizacja Mierzei i Niziny Karwieńskiej

Localization of the Karwia Barrier
and the Karwia Lowland

Przyjmuje się, że obszar Niziny Karwieńskiej i doliny Czarnej Wdy rozwijał się od końca okresu ostatniego zlodowacenia. Z wiercenia wykonanego w sąsiedztwie obszaru badań (Tomczak 1995) wynika, że początkowo doszło tu do wytapiania brył martwego lodu. Na warstwie mineralnej zalega kilkunastocentymetrowa warstwa torfu bazalnego, który został wydатовany przez wymienioną autorkę metodą ^{14}C na $10\,070 \pm 120$ BP. Ponad torfem udokumentowano kilkumetrowej miąższości osady gytii, a zaraz pod powierzchnią terenu około metrowej miąższości warstwę torfu z przewarstwieniami piaszczystymi. Wiek torfu oceniono na przedział od 5540 ± 120 BP do 3220 ± 60 BP (Tomczak 1995). Całą sekwencję osadów uznano za materiał pochodzenia lądowego, co stało w opozycji do starszych publikacji, sugerujących funkcjonowanie w tym czasie zalewu morskiego na obszarze całej niziny (Rosa 1963).



Rys. 2. Lokalizacja stanowisk badawczych

1 – miejsca sondowań, 2 – profile przedstawione w artykule (rys. 3)

Localization of investigated sites

1 – probing sites, 2 – profiles described in the article (Fig. 3)

Dokładniejszym badaniom paleoekologicznym poddano gytie i torfy (Bogaczewicz-Adamczak i in. 1987). Autorzy opracowania wykonali między innymi analizy palinologiczne i okrzemkowe. Przedstawione wyniki badań wskazują, że w okresie preborealnym na obszarze Niziny Karwieńskiej funkcjonował płytki słodkowodny zbiornik jeziorny o charakterze przepływowym. Świadczy o tym występowanie w osadach znacznej ilości flory okrzemkowej z gatunków poroślowych i bentosowych, takich jak *Amphora ovalis*, czy *Fragilaria construens* oraz znaczna liczba fragmentów krzemionkowych pancerzyków dużych form i igieł gąbek. Pod koniec okresu preborealnego zaznaczył się wzrost udziału gatunków halofilnych, głównie *Anomoeoneis sphaerophora*, a w okolicy rozwijały się zbiorowiska stepowe z luźnymi skupiskami brzozy i sosny.

W okresie borealnym dominowały okrzemki obejmujące gatunki poroślowe i bentosowe, choć z czasem zaznaczył się udział gatunków rzecznych, np. *Gomphonema angustatum* i *Tabellaria flocculosa*, co świadczy o wzmocnionych w tamtym czasie przepływach. Badania palinologiczne (Bogaczewicz-Adamczak i in. 1987) wykazały, że lasy brzozowo-sosnowe zostały wzbogacone o wiąz i leszczynę. Diagramy pyłkowe z okresu atlantyckiego wskazują na występowanie dębu, wiązu i lipy oraz zmniejszony udział leszczyny. Zbiornik jeziorny znajdujący się w centralnej części Niziny Karwieńskiej

uległ spłyceniu, co widoczne jest we wzroście udziału pyłku roślin szuwarowych i wodnych o liściach pływających, takich jak pałka długolistna (*Typha latifolia*) czy grążel żółta (*Nuphar luteum*).

W pierwszej części okresu subborealnego zbiornik jeziorny ulegał dalszemu wypłycaaniu. Wraz z postępującą transgresją litorynową doszło ostatecznie do jego reaktywizacji. W rdzeniu nawierconym w północnej części Niziny Karwieńskiej udokumentowano obecność okrzemek halofilnych, np. *Cocconeis pediculus*, ceno-biów *Pediastrum* – glonów charakterystycznych dla płytkich i żyznych zatok, a także podwyższony udział turzyc *Cyperaceae* (Bogaczewicz-Adamczak i in. 1987). W okresie subatlantyckim jezioro zaczęło zarastać. W obrębie Niziny Karwieńskiej dalej trwała akumulacja utworów biogenicznych, jednak w jej północnej części zaczęły tworzyć się stożki przelewowe w postaci pokryw piaszczystych. Ich powstanie wiązano ze zjawiskiem „fal burzowych” (Czekańska 1948). Część osadów budujących stożki przelewowe, po ustabilizowaniu się brzegu i rozwoju Mierzei Karwieńskiej, została przykryta nowo formującymi się torfami. Na przełomie XIX i XX wieku rozpoczęto proces intensywnych prac melioracyjnych, w wyniku których dotychczasowe, naturalne koryto rzeki Czarnej Wdy zostało poprowadzone kanałem wzdłuż zbudowanej drogi wojewódzkiej. Przyczyniło się to do szybkiego

zarastania jeziora znajdującego się w obrębie Niziny Karwieńskiej oraz akumulacji torfów.

Metody badań

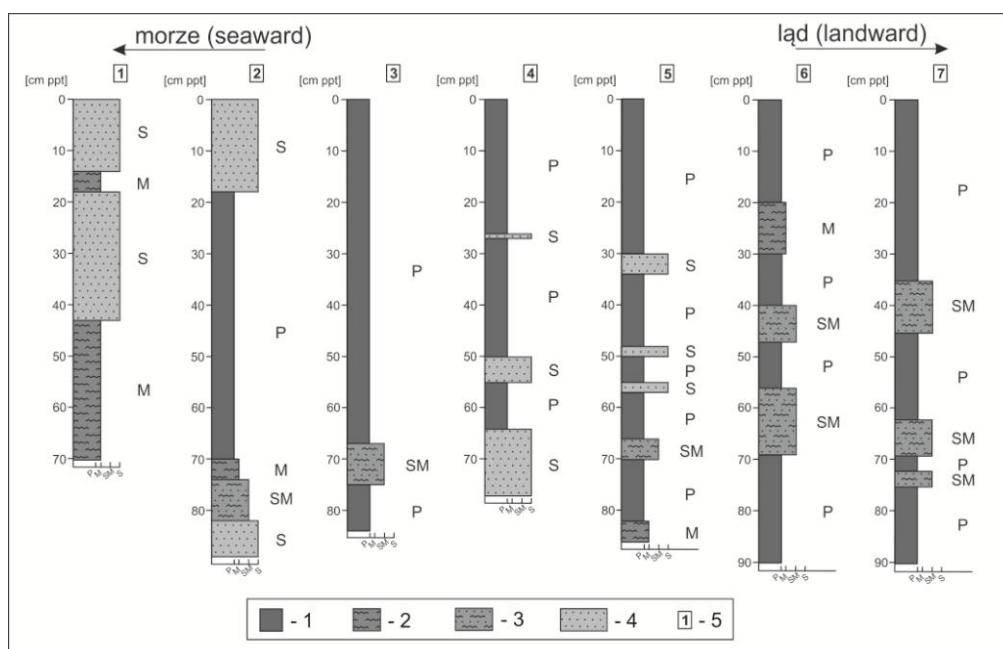
W obrębie torfowiska jak i obszaru znajdującego się na zapleczu Mierzei Karwieńskiej, w celu weryfikacji potencjalnej obecności osadów piaszczystych pomiędzy torfami, wykonano przy użyciu laski holenderskiej liczne sondowania do głębokości jednego metra. Przeprowadzono 68 sondowań w obrębie torfowiska oraz 32 na zapleczu bariery. Niewielka głębokość sondowań była zamierzona, gdyż celem było rozpoznanie osadów sztormowych związanych z zalewami morskimi w czasach historycznych, a nie w okresie formowania się Mierzei Karwieńskiej.

W trakcie sondowań rozpoznano makroskopowo litologię osadów, podstawowy skład materii organicznej oraz wielkość składników mineralnych. Jako podstawę opracowania przedstawiono trzy sondowania z rejonu torfowiska oraz cztery sondowania z zaplecza bariery (rys. 2). Łącznie tworzą one dwa transekty, w przybliżeniu zorientowane wzdłuż linii o kierunku NNE–SSW i pozwalają prześledzić potencjalną zmienność osadów od brzegu morza w kierunku lądu. Dla osadów piaszczystych wykonano także ma-

pę miąższości obrazującą przestrzenną zmienność powierzchniowych utworów mineralnych. Interpolację wykonano metodą IDW (*Inverse Distance Weight*) na podstawie danych z sondowań.

Wyniki

Pierwszy transekt, zlokalizowany bliżej morza, wykonany został na podstawie trzech sondowań (rys. 2, 3). W pierwszym z nich, bezpośrednio pod powierzchnią terenu występuje warstwa jasnych, średnioziarnistych piasków o miąższości 14 cm, w której można zauważyć pojedyncze fragmenty części korzeniowych traw, niewielkie klasty materiału mułowego oraz odpady antropogeniczne (fragmenty plastiku). Spąg tej warstwy jest nierówny. Poniżej zaobserwowano 4-centymetrową warstwę mułu z domieszką piasków średnioziarnistych. Kolejną tworzy około 25-centymetrowa seria jasnych piasków średnioziarnistych, w których występują pojedyncze fragmenty części korzeniowych traw. Część spągowa jest zaburzona a przejście do osadów organicznych nieregularne. Najniżej położoną warstwę tworzy średnio rozłożony torf trawiasto-trzciniowy z niewielką zawartością materiału mineralnego, głównie frakcji mułowych.



Rys. 3. Profile sondowań wykonanych w transekcie prostopadłym do linii brzegowej

1 – torf, 2 – muł i muł z torfem, 3 – muł i piasek, 4 – piasek, 5 – numer profilu

Probing profiles made in transect perpendicular to the shoreline

1 – peat, 2 – mud and mud with peat, 3 – mud and sand, 4 – sand, 5 – profile number

W drugim sondowaniu powierzchniową warstwę osadów stanowi jasny piasek średnioziarnisty o miąższości około 17 cm, zawierający fragmenty części korzeniowych traw. Poniżej tej granicy stwierdzono obecność półmetrowej warstwy torfu z wyraźnie erozyjnym stropem. Pierwsze 10 cm tego osadu występuje pod postacią dobrze zachowanego torfu trzciniowego z niewielkimi przewarstwieniami materiału mułowego. Kolejna część profilu to średnio rozłożony torf trzciniowy, w spągu stopniowo przechodzący w utwory mułowe, przykryte przez szary, różnoziarnisty piasek.

W trzecim sondowaniu pod powierzchnią terenu stwierdzono niemal wyłącznie utwory organiczne. Tworzą je średnio i dobrze rozłożone torfy trzciniowo-trawiaste, przy czym udział części korzeniowych traw jest widoczny głównie w górnej części profilu. Na głębokości 68–74 cm występują przewarstwienia osadu mineralnego. Tworzą je szare i jasnoszare piaski średnioziarniste.

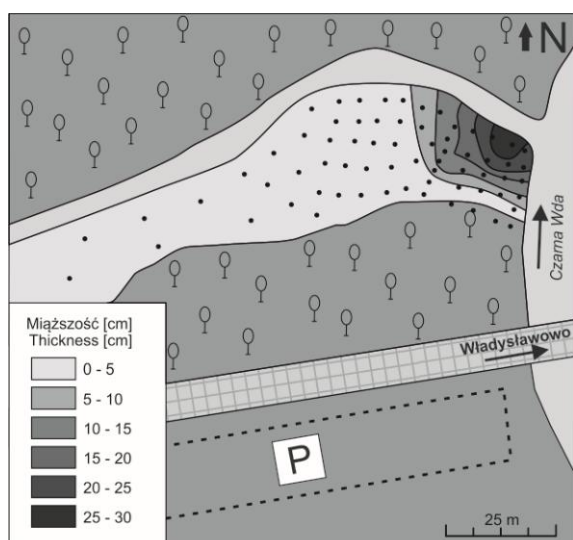
W sondowaniach zlokalizowanych na zapleczu bariery (rys. 2, 3) dominują torfy trawiaste, z przewarstwieniami piasku i piasku pylastego o miąższości kilku i kilkunastu centymetrów. W czwartym sondowaniu, zlokalizowanym najbliżej Czarnej Wdy, od powierzchni do głębokości 0,5 m stwierdzono torf trawiasty, znacznie rozłożony jedynie w części stropowej. Na głębokości 27 cm zaobserwowano pojedynczą, szarą laminę piasku średnioziarnistego. Poniżej głębokości 0,5 m stwierdzono obecność szarych piasków średnioziarnistych o miąższości około 5 cm, torfu trawiasto-trzciniowego o miąższości 9 cm oraz zalegające do spągu sondowania jasnoszare piaski średnio- i drobnoziarniste.

W następnym sondowaniu, oddalonym o kolejne 60 metrów w linii prostej od brzegu morza, udokumentowano od powierzchni do głębokości 30 cm warstwę średnio rozłożonego torfu trawiastego o barwie brązowej i ciemnobrązowej. W dolnej części tej warstwy zaobserwowano obecność pojedynczych ziaren piasku średnioziarnistego oraz fragmentów liści i poszycia leśnego. Głębiej, do około 76 cm, stwierdzono naprzemienne ułożone warstwy torfu trzciniowego o barwie oliwkowej oraz jasnych średnio- i drobnoziarnistych piasków. Granice pomiędzy piaskami i torfami są ostre. W ostatnich kilku centymetrach warstwy torfów, od 76 cm do 83 cm, zaobserwowano łagodną zmianę koloru torfu na jasnobrązowy i stopniowy wzrost udziału materii mineralnej w postaci mułu. Koniec sondowania jest podkreślony gęsto upakowanymi i pokruszonymi muszlami ślimaków słodkowodnych.

Szóste z kolei sondowanie rozpoczyna się 20 cm warstwą jasnobrązowego torfu trawiastego. Od 20–30 cm udokumentowano jasne piaski średnioziarniste z domieszką jasnobrązowego torfu trawiastego. W warstwie występującej na głębokości 30–40 cm zmienia się skład torfu z trawiastego na torf trzciniowy o barwie oliwkowej, a udział osadów mineralnych spada prawie do zera. Na głębokości 40–47 cm zaobserwowano obecność warstwy jasnych piasków średnioziarnistych o ostrej granicy w stropie i spągu oraz niewielkim przewarstwieniu organicznym pośrodku. Kolejną warstwę, do głębokości 54 cm, stanowi ponownie torf trzciniowy o barwie oliwkowej. Poniżej występuje warstwa jasnych i jasnoszarych piasków średnioziarnistych. Na 69 cm rozpoczyna się kolejna warstwa torfów trzciniowych. Do zakończenia sondowania, na głębokości 0,9 m, kolor torfów zmienia się z oliwkowego na brązowy a dalej ponownie do oliwkowego i prawie czarnego w części spągowej.

Ostatnie udokumentowane w transekcie sondowanie rozpoczyna się 35 cm warstwą rozłożonych, ciemnobrązowych i czarnych torfów trawiastych. W kierunku spągu warstwy można zaobserwować wzrost udziału części trzciniowych. Poniżej ma miejsce łagodne przejście do osadów mułowych i piaszczystych. Osad mineralny występuje do głębokości 46 cm i ma barwę jasnoszarą. Od 45 cm do 63 cm udokumentowano obecność ciemnoszarego torfu trawiastego z drobnymi laminami piaszczystymi, którego strop jest wyraźnie erozyjny. Od 63 cm do 75 cm obserwujemy szare piaski średnio- i drobnoziarniste rozdzielone 3-centymetrową warstwą ciemnego torfu. Poniżej 75 cm udokumentowano obecność mocno rozłożonych czarnych torfów, z niewielką domieszką drobnej materii mineralnej. W torfie znajdują się fragmenty części korzeniowych traw.

Dla torfowiska położonego przy ujściu Czarnej Wdy wykonano także mapę miąższości osadów piaszczystych przykrywających torf (rys. 4), która pokazuje, że powierzchniowa warstwa piasków osiąga największe miąższości w strefie eksponowanej na morze. Miąższość piasków maleje w każdym kierunku wraz z oddalaniem się od brzegu, a na przestrzeni kilkunastu metrów zmniejsza się od dwudziestu kilku do mniej niż dziesięciu centymetrów. W odległości od 20–30 m od brzegu warstwa piaszczysta występuje nieregularnie i w końcu zanika. W większej części obszaru torfowiska nie stwierdzono na powierzchni występowania warstwy piasków.



Rys. 4. Mapa miąższości osadów piaszczystych
Thickness map of sandy deposits

Dyskusja

Osady mineralne stwierdzone na powierzchni torfowiska położonego przy ujściu Czarnej Wdy wykazują obecność wyraźnej granicy erozyjnej w spągu. Warstwę osadów mineralnych budują jasne piaski średnioziarniste. Miąższość osadów zmniejsza się od części torfowiska najbardziej eksponowanej na morze w kierunku łąki. Tego typu cechy były wielokrotnie łączone z okresową działalnością sztormów na wybrzeżach (Morton i in. 2007; Kain i in. 2014; Williams 2015). Obszar torfowiska jest osłonięty z każdej strony przez wysoką roślinność, co wyklucza wpływ procesów eolicznych na ich depozycję, a na Czarnej Wdzie nie dochodzi do wezbrań powodziowych, które mogłyby nanieść na sąsiedni obszar 30-centymetrową warstwę piasku. Również rozkład przestrzenny piasków bardziej wskazuje na kierunek dostawy od strony morza niż od strony rzeki. Stąd nasuwa się wniosek, że obszarem źródłowym osadów mineralnych występujących w obrębie torfowiska jest pobliski obszar nadmorski. Procesem, który doprowadził do ich transportu, a następnie depozycji było wezbranie sztormowe. Niemniej jednak w przyszłości należałoby wykazać stopień podobieństwa rozpoznanych osadów mineralnych do osadów budujących wydmy nadmorskie oraz plażę.

W obrębie Niziny Karwieńskiej wyróżnić można trzy zasadnicze typy osadów: dwie generacje torfów związane z funkcjonowaniem natu-

ralnie podmokłego terenu nadmorskiego (torfy trzciniowe i trzciniowo-trawiaste) i obszaru przekształconego w łąki (torf trawiasty) oraz osady piaszczyste występujące pomiędzy torfami. Jest to wspólny mianownik wszystkich sondowań, choć znaczna zmienność osadów w całym przekroju pokazuje dużą odrębność każdego ze stanowisk (rys. 3). Na uwagę zasługuje sondowanie numer 5, w spągu którego natrafiono na detrytus muszlowy. Sukcesja osadów wskazuje na zanik niewielkiego zbiornika wodnego. W przeszłości donoszono o występujących na większej głębokości osadach gytyi (Bogaczewicz-Adamczak i in. 1987; Tomczak 1995). Zestawiając te informacje z mapami historycznymi dla rejonu Niziny Karwieńskiej można wywnioskować, że osady powstały w jeziorze przepływowym, które funkcjonowało na tym terenie przed II Wojną Światową. Na tej podstawie wiadomo także, że w najnowszej historii obszar Niziny Karwieńskiej nie był narażony na bezpośrednie oddziaływanie Morza Bałtyckiego. Bardziej prawdopodobne jest, że występujące na nizinie torfy z przewarstwieniami piasków można wiązać z prowadzoną na tych terenach gospodarką rolną, niż wpływem procesów sztormowych. Podobne wystąpienia piasków stwierdzono w wielu miejscach na nizinie, także w sąsiedztwie rowów melioracyjnych. W kilku sondowaniach zwrócono uwagę na występowanie pojedynczych ziaren piasku lub jednocentymetrowych lamin piaszczystych pomiędzy torfami trawiastymi. Prawdopodobnie ziarna te zostały naniezione przez wiatr.

Po wstępnym rozpoznaniu przypowierzchniowej warstwy torfów na Mierzei Karwieńskiej i Nizinie Karwieńskiej można wysnuć wniosek, że wcześniejsze doniesienia o falach burzowych (Czekańska 1948) mają swoje potwierdzenie wyłącznie w przypadku obszarów bezpośrednio eksponowanych na oddziaływanie morza oraz okresu formowania się Mierzei Karwieńskiej (Rosa 1963; Bogaczewicz-Adamczak i in. 1987). Poza torfowiskiem przy ujściu Czarnej Wdy, współczesne osady sztormowe udokumentowano także bezpośrednio na zapleczu plaży i pasa wydmowego (Wróblewski, Moskalewicz 2014). Nie wyklucza to jednak możliwości wdarcia się wód morskich na teren Niziny Karwieńskiej. Jeśli nawet tego typu wezbranie wystąpiło w przeszłości, to nie pozostawiło po sobie łatwo rozpoznawalnej warstwy osadów piaszczystych pomiędzy torfami. Może w przyszłości nadzieją na rozpoznanie śladów po ekstremalnych zalewach morskich na terenach nizinnych staną się

badania wykorzystujące DNA (Szczuciński i in. 2016), dając informację o wpływie środowiska morskiego na obszar nizinny nie tylko w aspekcie zagrożeń naturalnych, ale także badań paleogeograficznych.

Podsumowanie

Wstępna weryfikacja doniesień o możliwości występowania osadów pochodzenia morskiego w obrębie torfowisk Mierzei i Niziny Karwieńskiej wykazała, że wyraźny zapis sedymentacyjny procesów sztormowych zachował się jedynie w części torfowiska najbardziej ekspozowanej w kierunku morza, w postaci ciągłej warstwy piaszczystej o miąższości dochodzącej do 30 cm, jednak wyraźnie zmniejszającej się w kierunku lądu. Spąg osadów sztormowych był podkreślony wyraźną granicą erozyjną. Badania terenowe wykonane w obrębie Niziny Karwieńskiej wykazały, że w przeszłości nie doszło do wezbrań sztormowych, które pozostawiłyby po sobie łatwo wyróżnialną warstwę osadów piaszczystych.

Podziękowania

Autor pragnie podziękować recenzentom za uwagi, które przyczyniły się do ulepszenia manuskryptu. Badania zostały sfinansowane w ramach grantu BW 538-G110-B554-14 dla młodych naukowców: „Rozpoznanie obszarów występowania osadów sztormowych na nizinach nadmorskich województwa pomorskiego jako źródło informacji o zagrożeniach zalewami morskimi w przyszłości”.

Literatura

- Bogaczewicz-Adamczak B., Drwal J., Gołębiowski R., Król D., Miotk G. 1987. Studia archeologiczno-paleogeograficzne Kępy Ostrowskiej na Pobrzeżu Kaszubskim. *Przegląd Archeologiczny* 34: 49-81.
- Costa P.J.M., Andrade C., Dawson A.G., Mahaney W.C., Freitas M.C., Paris R., Taborda R. 2012. Microtextural characteristics of quartz grains transported and deposited by tsunamis and storms. *Sedimentary Geology* 275-276: 55-69.
- Czekańska M. 1948. Fale burzowe na południowym wybrzeżu Bałtyku. *Badania nad Polską zachodnią* 1: 58-96.
- Formela K., Marsz A.A. 2011. Zmienność liczby dni ze sztormem nad Bałtykiem (1971-2009). *Prace i Studia Geograficzne* 47: 189-196.
- Garcia T., Ferreira Ó., Matias A., Dias J.A. 2010. Overwash vulnerability assessment based on long-term washover evolution. *Natural Hazards* 54: 225-244.
- Kain C.L., Gomez C., Hart D.E., Wassmer P., Goff J., Starheim C. 2014. Assessing topographic controls on flow direction in washover deposits using measurements of Magnetic Fabric. *Marine Geology* 350: 16-26.
- Kondracki J. 2011. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 1-468.
- Łabuz T.A. 2009. Distal washover fans on Swina Gate Sandbar. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 38: 79-95.
- Kowalska B., Sztobryn M., Mykita M., Krzysztofik K., Kańska A. 2012. Ocena bezpośredniego zagrożenia powodzią obszarów przybrzeżnych przy uwzględnieniu oddziaływania morza i zmian klimatycznych (na przykładzie obszaru pilotażowego w Karwi). W: J. Wibig, E. Jakusik (red.) *Warunki klimatyczne i oceanograficzne w Polsce i na Bałtyku południowym. Spodziewane zmiany i wytyczne do opracowania strategii adaptacyjnych w gospodarce krajowej*. IMGW, Warszawa: 233-250.
- Marosz K.J. 2010. Wezbrania sztormowe w rejonie Gdańska w latach 1987-2006. W: T. Ciupa, R. Suligowski (red.) *Woda w badaniach geograficznych*. Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, Kielce: 75-80.
- McCall R.T., Van Thiel de Vries J.S.M., Plant N.G., Van Dongeren A.R., Roelvink J.A., Thompson D.M., Reniers A.J.H.M. 2010. Two-dimensional time dependent hurricane overwash and erosion modeling at Santa Rosa Island. *Coastal Engineering* 57: 668-683.
- Morton R., Gelfenbaum G., Jaffe B.E. 2007. Physical criteria for distinguishing sandy tsunamis and storm deposits using modern examples. *Sedimentary Geology* 200: 184-207.
- Morton R.A., Sallenger Jr A.H. 2003. Morphological Impacts of Extreme Storms on Sandy Beaches and Barriers. *Journal of Coastal Research* 19: 560-573.
- Phantuwongraj S., Choowong M. 2012. Tsunamis versus storm deposits from Thailand. *Natural Hazards* 63: 31-50.
- Rosa B. 1963. O rozwoju morfologicznym wybrzeża Polski w świetle dawnych form brzegowych. *Studia Societatis Scientiarum Torunensis, Section C*, 5: 1-172.
- Stanisławczyk I. 2012. Storm-surges Indicator for the Polish Baltic Coast. *TransNav* 6: 123-129.
- Su T.T., Saimy B.I., Bulgiba A.M. 2013. Socioeconomic consequences of the 2004 tsunami: Policy implications for natural disaster management. *Preventive Medicine* 57: 74-76.
- Szczuciński W., Pawłowska J., Lejzerowicz F., Nishimura Y., Kokociński M., Majewski W., Nakamura Y., Pawłowski J. 2016. Ancient sedimentary DNA reveals past tsunami deposits. *Marine Geology* 381: 29-33.

- Tokarczuk E. 2006. Stożki przelewowe spiętrzeń sztormowych w budowie Mierzei Karwińskiej na odcinku 138-140.5 km brzegu morskiego. Maszynopis pracy magisterskiej. Archiwum Katedry Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu na Uniwersytecie Gdańskim.
- Tomczak A. 1995. Peat series in the Karwia Lowland and the problem of Holocene marine transgression. *Journal of Coastal Research, Special Issue 22*: 207-210.
- Williams H.F.L. 2015. Contrasting styles of Hurricane Irene washover sedimentation on three east coast barrier islands: Cape Lookout, North Carolina; Assateague Island, Virginia; and Fire Island, New York. *Geomorphology* 231: 182-192.
- Wiśniewski B., Wolski T. 2009. Katalogi wezbrań i obniżen sztormowych poziomów morza oraz ekstremalne poziomy wód na polskim wybrzeżu. Wyd. Nauk. Akademii Morskiej, Szczecin: 1-156.
- Wróblewski R. 2008. Zmiany zachodniej części Półwyspu Helskiego. *Landform Analysis* 9: 226-227.
- Wróblewski R., Moskalewicz D. 2014. Stożki przelewowe w budowie Mierzei Karwińskiej. W: R. Sokołowski (red.) *Ewolucja środowisk sedymentacyjnych regionu Pobrzeża Kaszubskiego*. Uniwersytet Gdański, Gdańsk: 59-62.

Summary

Storm surges influences local communities and landscape most severely. If the storm surge level reaches the height of a dune, sea water may flow towards the backbarrier and leave a sedimentological mark in peatlands. The Karwia Barrier peatlands are a potential archive of

extreme storm floods due to their low absolute heights and relatively flat morphology. During the field work, the subsurface sediments of the investigated area were recognized to verify the hypothesis of the presence of storm surge deposits within the barrier and accompanying peatlands. Numerous shallow drillings were performed and the most essential of them are presented in this paper.

Profiles described in the peatlands which are most exposed to the sea showed the presence of a layer which was composed mostly of medium to coarse, moderately to well sorted sand. The base of the layer revealed a sharp erosive boundary. The thickness of the sands decreased from 30 cm in landward direction at the distance of approximately 20 meters. Textural characteristics of sandy grains revealed a beach and dune source of this sediment. Profiles described in the peatland at the back of barrier were composed mostly of peats and muds. Different types of mineral sediments were dispersed and irregular. It was the lack of sediments features that could be linked to storm processes. This leads to a conclusion that none of the historical storm floods left an easily distinguishable sandy layer here.

The paper shows that more studies of storm surge geological and geomorphological effects are needed for a better recognition of extreme past events and a better understanding of the nature of storm deposits. It also showed that under suitable conditions coastal peatlands may be a good archive for extreme storm processes.