

PIOTR SZMYTKIEWICZ¹⁾

Podnoszenie się poziomu wody w Morzu Bałtyckim wywołane zmianami klimatycznymi.

Nec temere, nec timide

Baltic Sea level rise caused by the climate change
Nec temere, nec timide

W artykule przedstawiono problem podnoszenia się poziomu wody w Morzu Bałtyckim i jego wpływ na stan brzegów. Przybliżono opis zjawisk występujących w strefie przybrzeżnej oraz mechanizm niszczenia brzegów. Przedstawiono niektóre działania techniczne realizowane w celu zabezpieczenia brzegu przed szkodliwym działaniem fal. Zaprezentowano także, wypracowaną przez Polskę, strategię ochrony brzegów i realizacji zabezpieczeń przez konsekwencjami podnoszenia się poziomu morza w wyniku zmian klimatycznych.

Słowa kluczowe: Bałtyk, zmiany poziomu wody, zabezpieczenia brzegu przed erozją, skutki zmian klimatu, strategia działań

The article presents the problem of the raising Baltic Sea level and its impact on the state of the coast. It describes the phenomena occurring in the littoral zone and the mechanism of shores deterioration. It also presents some of the technical measures implemented in order to protect the coast against the destructive action of waves. It also presents the Polish strategy of coast conservation and construction of protections against the consequences of the sea level rise caused by the climate change.

Key words: Baltic Sea, water level change, shore protection against erosion, climate change effects, strategy of action

W ostatnim czasie w środkach masowego przekazu pojawiają się informacje o niezadowalającym stanie przygotowania Polski do reagowania na zjawiska, które mogą być konsekwencją podnoszenia się poziomu morza. Celem artykułu jest przybliżenie czytelnikowi stanu wiedzy nt. podnoszenia się poziomu Bałtyku, jego możliwego wpływu na polskie wybrzeże oraz polskich doświadczeń, strategii i zabiegów, wiążących się z zabezpieczeniem brzegów przed powodzią. Celem artykułu nie jest dyskusja na temat przyczyn zmian klimatu Ziemi, a w tym w szczególności wpływu działalności człowieka na te zmiany.

Od czasu rozpoczęcia w XIX wieku systematycznych pomiarów globalny poziom morza podniósł się o ponad 20 cm. Raport IPCC z 2019 r. stwierdza, że tempo podnoszenia się średniego poziomu morza w latach 2006–2015 wyniosło 3,6 mm/rok i było ok. 2,5 razy większe niż w latach 1901–1990 [1]. Dla Bałtyku możemy z pewnym przybliżeniem przyjąć, że trend ten wynosi ok. 3,0–4,0 mm/rok [2]. Nie są to wartości wzbudzające niepokój, jednakże takie tempo wskazuje, że – przy założeniu najbardziej negatywnego scenariusza klimatycznego – w przyszłych 10 latach poziom morza podniesie się o 5 cm, w ciągu 20 lat o 10 cm, w ciągu 50 lat o 25 cm, a w ciągu 100 lat o 50 cm. Czy to dużo?

Wyobraźmy sobie, że stoimy nad wysokim brzegiem stawu i z jakichś powodów podnoszenie się poziomu wody w tym

stawie wynosi 3–5 mm/rok. Corocznie przyjeżdżamy nad ten staw przez okres 100 lat i obserwujemy, co się dzieje. Co zauważamy? Prawdopodobnie nic. Woda nadal będzie „mieściła się” w stawie, a w związku z tym, że zmiany będą mimo wszystko powolne, to zarówno brzeg (obszar znajdujący się na styku woda–ląd) jak i szata roślinna „nadążą” za zmianami. Czy ta sytuacja jest bezpieczna dla otoczenia takiego wymyślanego stawu? Spokojnie możemy odpowiedzieć twierdząco.

W CZYM W TAKIM RAZIE TKWI PROBLEM?

Musimy zdawać sobie sprawę, że w istocie „podnoszenie się poziomu morza” to przydatny, ale ogromny skrót myślowy. Przedstawiony przykład podnoszenia się poziomu wody w wymyślanym stawie to w literaturze fachowej „model wannowy” (ang. *bathhtub model*) [3, 4]. Jest to sytuacja, w której w zbiorniku – stawie, jeziorze, morzu, oceanie – poziom wody podnosi się powoli i jednostajnie na całej powierzchni. W taki sam sposób, w jaki podnosi się poziom wody w wannie.

Należy stwierdzić, iż problemem nie jest podnoszenie się poziomu morza z prędkością 3 czy nawet 5 mm na rok. Problem leży gdzie indziej! Wyróżnia się sześć prawdziwie niebezpiecznych zjawisk występujących w rejonie brzegu morskiego. Są to **spiętrzenia sztormowe** (podnoszenie się poziomu wody przy brzegach w trakcie sztormu), **fale wiatrowe** (fale morskie wywołane działaniem wiatru), **załamanie fali** i **prądy** występujące w pobliżu brzegów, **nabieganie fali** na plażę lub wydmy oraz **erozja brzegu** (cofanie się brzegu). Każde z tych zjawisk rozpatrywane oddzielnie, nie stanowi istotnego zagrożenia, ale w rzeczywistości wszystkie one są ze sobą nierozdzielnie splecione, stanowiąc bardzo poważne zagrożenie.

¹⁾ Dr inż. Piotr Szmytkiewicz – adiunkt, zastępca dyrektora Instytutu Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk, wykładowca akademicki (Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii), specjalista ds. ochrony brzegów morskich. Autor kilkudziesięciu publikacji naukowych o tematyce oceanograficznej oraz mechaniki i inżynierii brzegów morskich. Kierownik i/lub wykonawca około pięćdziesięciu ekspertyz z zakresu budownictwa morskiego. Specjalizuje się w wyznaczeniu parametrów projektowych dla konstrukcji morskich i określaniu ich wpływu na przebudowę dna i brzegu morskiego. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6231-920X>

O CO CHODZI?

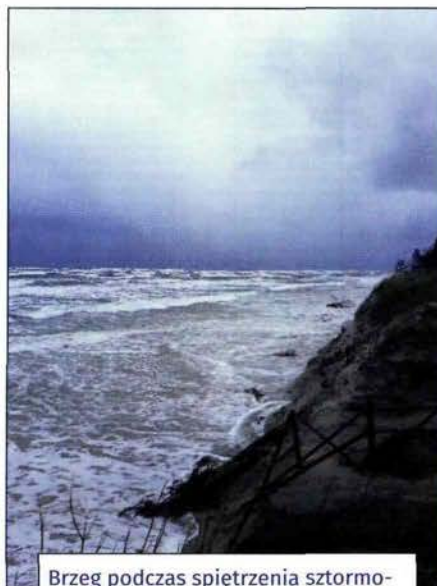
W oceanografii i budownictwie wodnym, pod pojęciem brzegu morskiego na południowym Bałtyku rozumie się obszar od głębokości ok. 15–20 m w morzu do korony wydmy lub klifu [5]. To w tym obszarze, najczęściej o szerokości ok. 2–2,5 km, dochodzi do najsilniejszego oddziaływania fal i prądów na dno i brzegi morza. W rezultacie może dochodzić do cofania się plaży (*proces erozji brzegu*), rozmywania wydmy, które są naturalnymi wałami przeciwpowodziowymi, co w efekcie prowadzi do zagrożenia powodzią morską. Erozja brzegu i zagrożenie powodzią będzie tym większe im fale sztormowe będą wyższe, czas trwania sztormu dłuższy, plaża węższa, a wydma niższa i węższa. W warunkach sztormowych w pobliżu brzegu ma także miejsce bardzo widowiskowy proces nazywany załamaniem fali. *Załamanie fali* to te charakterystyczne białe grzywacze, które obserwujemy podczas sztormów (fot. 1). Jest ono spowodowane tym, że wysokość fali nie może być większa od głębokości wody. Na przykład na głębokości 2 m „zmieszczą się” wszystkie fale, których wysokość będzie mniejsza od 2 m. Natomiast każda fala wyższa, np. o wysokości 2,5 m zostanie zredukowana do wysokości 2 m, a jej nadmiar, czyli w tym przypadku 0,5 m zostanie rozproszony w postaci grzywaczy.

Podczas załamania fali wyzwolana jest bardzo duża ilość energii, która nie może zniknąć. Zostaje więc ona zużyta na wytworzenie specyficznych prądów morskich w pobliżu brzegu. Jednym z najważniejszych jest tzw. prąd wzdłużbrzegowy. Prąd ten to swego rodzaju podwodna rzeka, płynąca równoległe do brzegu. W warunkach południowego Bałtyku może ona przemieszczać się z prędkością nawet 1,5 m/s, porywając piasek, leżący na dnie. Prowadzi to do pogłębienia dna, czyli jego erozji. Największe prędkości tej rzeki występują w miejscach załamania fal. Im wyższa fala, tym jej załamanie zachodzi dalej od plaży (na większych głębokościach), a więc teoretycznie piasek powinien być wypłukiwany daleko od brzegu. Jednak w rzeczywistości tak nie jest.

Przy wietrze wiejącym w kierunku brzegu (*wiatr dobrzegowy*) następuje przemieszczanie dodatkowej masy wody w kierunku plaży, co prowadzi do znacznego podniesienia się poziomu wody



Fot. 1. Załamanie fali podczas sztormu – okolice Lubiatowa (fot. M.Skaja)



Brzeg podczas spiętrzenia sztormowego



Ten sam brzeg bez spiętrzenia sztormowego

Fot. 2. Na zdjęciu lewym „brak” plaży podczas spiętrzenia sztormowego (fale uderzają bezpośrednio w wydmy), na zdjęciu po prawej stronie ten sam brzeg po ustąpieniu spiętrzenia sztormowego, Lubiatowo (fot. P. Szmytkiewicz)

przy brzegach morskich, nazywanego spiętrzeniem wiatrowym lub spiętrzeniem sztormowym (fot. 2). Przy silnym wietrze dobrzegowym, spiętrzenia sztormowe dla polskiego brzegu dochodzić mogą do wysokości 1,5 m ponad poziom średni, a w warunkach ekstremalnych, kiedy towarzyszą im wlewy wód z Morza Północnego, mogą dochodzić nawet do 2 m. Dla przykładu, maksymalne spiętrzenie sztormowe w Kołobrzegu wyniosło 2,2 m ponad stan średni (13.11.1872) [6], a dla Władystawowa 1,4 m ponad stan średni (23.11.2004) [6].

CO TO OZNACZA?

Skutkiem podniesienia poziomu wody przy brzegu jest wzrost głębokości morza w pobliżu plaży. Oznacza to, że fale sztormowe załamują się bliżej brzegu. Im spiętrzenie sztormowe jest wyższe, tym bliżej brzegu załamują się fale. Jak już wspomniano, każdemu załamaniu fali towarzyszy pojawienie się prądu wzdłużbrzegowego



Fot. 3. Przy wysokim spiętrzeniu sztormowym cała plaża znajduje się pod wodą, a piasek jest z plaży wymywany. W konsekwencji dochodzi do erozji brzegu morskiego. Na przedstawionym zdjęciu, w miejscu gdzie znajdują się korzenie drzew przed sztormem była porośnięta drzewami wydma, Lubiatowo (fot. P. Szmytkiewicz)

– podwodnej rzeki. Ma ona największą prędkość w obszarze zamywania się fal. Jeżeli płynie ona bliżej brzegu, intensywniej pogłębia dno w tej strefie, a także rozmywa plażę, co w konsekwencji prowadzi do jej erozji (fot. 3). Oznacza to, że jednostajne, powolne podnoszenie się poziomu morza z prędkością kilku milimetrów na rok nie jest największym zagrożeniem dla brzegu morskiego (tzw. model wannowy). Tym zagrożeniem jest wzrost liczby sztormów, wzrost intensywności ich przebiegu i zwiększenie liczby niebezpiecznych spiętrzeń sztormowych. To właśnie te zjawiska kryją się pod hasłem „wzrost poziomu morza w wyniku zmian klimatycznych”.

CZY POLSKA JEST PRZYGOTOWANA DO ZWALCZANIA KONSEKWENCJI WZROSTU POZIOMU MORZA WYNIKAJĄCEGO ZE ZMIAN KLIMATYCZNYCH?

Współcześnie na świecie przyjmuje się trzy główne metody postępowania wobec zagrożeń związanych ze wzrostem poziomu morza, będącego skutkiem zmian klimatycznych [7]:

1. nie przeciwdziałać, pogodzić się ze stratami → nie ingerujemy w naturalne procesy przyrodnicze,
2. przenieść zagrożone obiekty w inne miejsca,
3. podjąć działania umacniające brzegi w celu zatrzymania lub co najmniej spowolnienia erozji i zabezpieczenia obszarów nadmorskich przed powodzią.

Pierwsze metody postępowania nie wymagają komentarza, natomiast punkt trzeci – już tak.

Każdy obiekt, który budowany jest w strefie brzegowej morza, czyli w obszarze od głębokości ok. 15–20 m do korony wydmy/klif, niezależnie w jakim celu jest wznoszony, wywołuje erozję brzegu i dna morskiego. To oddziaływanie jest tym silniejsze, im bliżej linii brzegowej posadowiony jest obiekt. W związku z tym w ochronie brzegów morskich należy kierować się jedną z naczelnych zasad etycznych medycyny: „po pierwsze nie szkodzić”. W praktyce inżynierskiej oznacza to, że przy projektowaniu obiektów zabezpieczających brzeg przed erozją, należy wybierać takie rozwiązania konstrukcyjne, które w najmniejszym stopniu będą ingerować w środowisko naturalne. Przykładem obrazującym tę sytuację są zabezpieczenia przed powodzią i erozją Półwyspu Helskiego.

W materiałach historycznych znajdujemy informacje, że w średniowieczu, na odcinku od Władysławowa do Kuźnicy, Półwysep Hel był poprzecinany naturalnymi przesmykami i nie stanowił zwartej lądu. W związku z tym można się domyślać, że powszechnie w tym obszarze występowała ciągła przebudowa brzegu. Ponieważ w dawnych czasach, półwysep nie był zamieszkały, nikomu te zmiany nie przeszkadzały. Dopiero po jego zasiedleniu rozpoczęły się pierwsze prace, zmierzające do stabilizacji brzegów i ochrony przed powodziami, wywołanymi spiętrzeniami sztormowymi. W XIX wieku największą zrealizowaną tego typu pracą wykonaną przez ówczesnych mieszkańców – Prusaków, było podjęcie decyzji o obsadzeniu zarówno Półwyspu Helskiego jak i Mierzei Wiślanej lasami; efekty są widoczne do dzisiaj. Celem było ustabilizowanie piaszczystych wydm, wcześniej ustawicznie przenoszonych przez wiatry. Te działania co prawda przyniosły pozytywne efekty – na Mierzei Wiślanej skutecznie ustabilizowały brzeg – ale na Półwyspie okazały się niewystarczające. W związku z tym od 1946 r. rozpoczęto tam budowę ostróg brzegowych²⁾

²⁾ Pierwsze ostrogi brzegowe stosowali w XVII w. Brytyjczycy na brzegach Tamizy do zabezpieczenia Londynu. Na terenie współczesnej Polski pierwsze tego typu konstrukcje stosowali w XIX w. Prusacy głównie na środkowym wybrzeżu (w przybliżeniu od Ustki do Niechorza).



Fot. 4. Widoczne ciągi starych, zdegradowanych ostróg palisadowych w okolicy Władysławowa, 2009 r. (fot. P. Szymkiewicz)

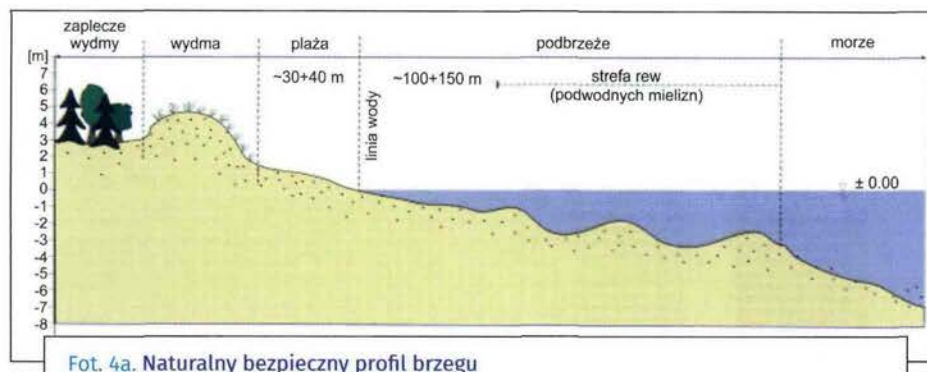
(budowle usytuowane na ogół prostopadle do brzegu, gromadzące piasek w polach między kolejnymi ostrogami przy ukośnym podchodzeniu fal do brzegu; w Polsce wykonywane z reguły z drewnianych pali wbijanych w dno jeden przy drugim) (Fot. 4).

Do 1970 r. na odcinku od Władysławowa do Kuźnicy wybudowano 162 ostrogi. Skuteczność ich działania była jednak dość ograniczona, gdyż nie zabezpieczały one brzegów półwyspu przed erozją w dłuższych okresach czasu. W latach 80-tych XX w. w rejonie czwartego kilometra półwyspu (licząc od portu we Władysławowie), w warunkach silnych sztormów i wysokich spiętrzeń sztormowych, fale morskie przelewały się do Zatoki Puckiej przez tor kolejowy i drogę. Naukowcy z Instytutu Morskiego w Gdańsku i Instytutu Budownictwa Wodnego PAN, przy współpracy z Urzędem Morskim w Gdyni przeanalizowali zaistniałą sytuację. Po pierwsze określono i opisano modelami matematycznymi maksymalne wysokości spiętrzeń sztormowych, jakie mogą wystąpić w przyszłości, w ciągu 100–200 lat (uwzględniając zmiany klimatyczne), maksymalne wysokości fal, jakie mogą wystąpić w ciągu 100 lat, prędkości prądów wzdłużbrzegowych, wielkości transportu osadów, oceniono wpływ na brzegi półwyspu falochronów portu we Władysławowie. W rezultacie określono tzw. bezpieczny profil brzegu dla Południowego Bałtyku, tj. profil, który przy prawdopodobieństwie pojawienia się ekstremalnego sztormu raz na 100 lat ochroni wydmy przed rozmyciem (fot. 4a), lub profil brzegu przy braku naturalnej wydmy i wąskiej plaży, który należy wykonać poprzez sztuczne zasilanie (fot. 4b).

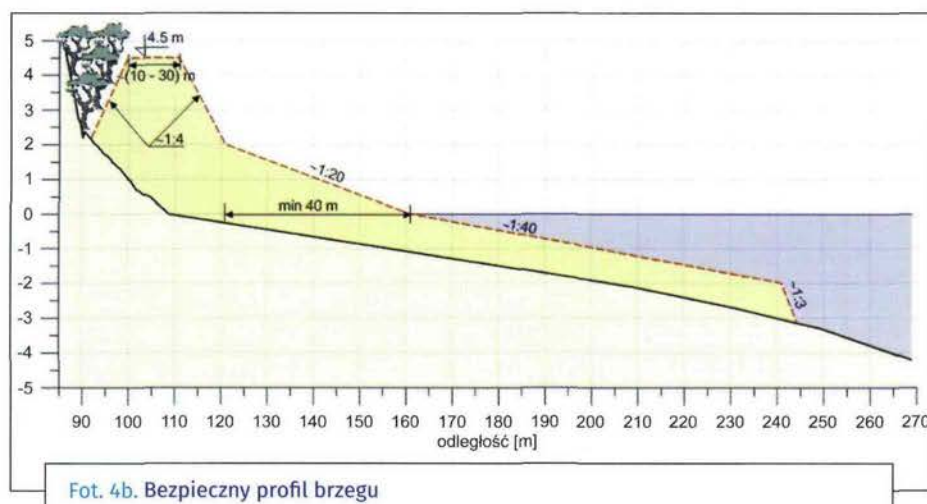
Disponując tą wiedzą określono kierunki i tendencje przebudowy Półwyspu Helskiego w sytuacji niestosowania metod ochrony oraz określono, jak duże i jakiego typu konstrukcje należałoby wybudować, aby ustabilizować brzegi półwyspu. Rozważono różne koncepcje, np. budowę wzdłuż masywnej opaski podobnej do wykonanej na Bulwarze Nadmorskim w Gdyni³⁾ (fot. 5).

Rozważano również inne metody zabezpieczenia brzegów półwyspu. Kierując się jednak zasadą „po pierwsze nie szkodzić” [naturze], zdecydowano się ostatecznie zastosować metodę hybrydową. Postanowiono na masową skalę stosować sztuczne zasilanie brzegu, modernizować i odbudowywać ostrogi brzegowe, a w wydmy wbudować tzw. opaski brzegowe, które na co dzień są niewidoczne. A w przypadku wystąpienia silnych sztormów mają

³⁾ Zaletą takiej konstrukcji (masywnej opaski brzegowej) byłoby skuteczne zabezpieczenie Półwyspu przed powodzią i erozją, ale efektem ubocznym byłaby całkowita utrata plaż (na przedpolu opaski w wyniku odbicia fal od konstrukcji plaża zanika całkowicie), nie mówiąc już o gigantycznych kosztach i całkowitych zmianach środowiska naturalnego Półwyspu.



Fot. 4a. Naturalny bezpieczny profil brzegu



Fot. 4b. Bezpieczny profil brzegu



Fot. 5. Bulwar w Gdyni – masywna opaska zabezpieczająca Kamienną Górę przed erozją (źródło: Internet)

one uniemożliwić przerwanie wydm, a tym samym zabezpieczyć Półwysp Helski przed powodzią. W latach 80-tych XX w. było to posunięcie innowacyjne.

Zasada metody hybrydowej jest, wydawać by się mogło, banalnie prosta. Wykonuje się **sztuczne zasilenie brzegu**⁴⁾ [8] (fot. 6), a więc „dosypuje” się na plażę, w podbrzeże i na wydmy

⁴⁾ Sztuczne zasilenie brzegu (ang. *beach nourishment*) jako metoda ochrony brzegów jest stosowana na masową skalę od lat 20-tych w USA, a w Europie od lat 50-tych XX w. Aktualnie Komisja Europejska rekomenduje stosowanie sztucznego zasilenia jako metody przyjaznej naturze i jednocześnie jako jednej z kluczowych metod adaptacji państw europejskich do zmian klimatu <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/adaptation-options/beach-and-shoreface-nourishment>, http://www.coastalwiki.org/wiki/Shore_nourishment

tylko piasku, aby fale traciły swoją energię w dużej odległości od wydm i w nie uderzały podczas sztormu i spiętrzenia sztormowego. Czyli brzeg nieznacznie „odczuje” podnoszenie się poziomu morza – związane ze spiętrzeniem sztormowym. Jednak energia falowa, czyli główna niszczyielska siła sztormu zostaje wyhamowana w obszarze sztucznego zasilenia, poprzez wymuszenie wielokrotnych załamania fali daleko od brzegu. W konsekwencji fala nie dociera i nie niszczy wydmy, dzięki czemu zaplecze wydmy jest zabezpieczone przed powodzią morską. Dodatkowym skutkiem tej metody ochrony brzegu są szerokie, atrakcyjne turystycznie plaże. Jednocześnie „twarde” zabezpieczenie półwyspu stanowią opaski brzegowe wbudowane na wielu odcinkach w wydmy (fot. 7), stanowiąc ostatnią linię obrony przed powodzią morską. Gdyby zatem wystąpił sztorm i spiętrzenie o nieprzewidywanych ekstremalnych parametrach (sytuacja mało prawdopodobna), lub gdyby sztorm i spiętrzenie sztormowe trwały nienaturalnie długo, a załamujące się fale wyptukały cały zgromadzony na brzegu piasek, ostatnią linią obrony byłaby opaska brzegowa, uniemożliwiająca zalanie obszarów położonych poza wydmy.

Od drugiej połowy lat 80-tych XX w. metoda hybrydowa jest z powodzeniem stosowana na Półwyspie Helskim. Od tego czasu, mimo występowania większych sztormów i wyższych spiętrzeń sztormowych niż te, które doprowadziły niemal do przerwania Półwyspu w latach 80-tych XX w., na półwyspie nie wystąpiła powódź. Wymaga to jednak odłożenia co 1–2 lata na brzeg morski półwyspu 100–200 tys. m³ piasku. Ostrogi są regularnie odbudowywane i budowane są nowe, a opaski w wydmach konserwowane. Malkontenci twierdzą, że coroczne „dosypywanie” piasku jest „bez sensu”, że to „szyfowa praca”, że „ten piasek przecież zostanie zabrany przez morze, to po co to robić” i „przecież to musi kosztować masę pieniędzy”. Należy jednak podkreślić, że gdyby nie stanowcze, ale wyważone działania ochronne, to brzegi Półwyspu Helskiego byłyby rozmywane, plaże coraz węższe, wydmy



Fot. 6. Sztuczne zasilenie brzegu morskiego, czyli poszerzenie plaży, USA (źródło: Internet)



Fot. 7. Opaska brzegowa wbudowana w wydmy na Półwyspie Helskim (chwilowo odstępiona w wyniku oddziaływania sztormu) (źródło: P. Szmytkiewicz)

niszczono, a miejscowości narażone na powódzie. Obecny kształt Półwyspu Helskiego – szerokie plaże, które pośrednio przynoszą ogromne zyski finansowe woj. pomorskiemu, mekce polskiej turystyki plażowej – to zasługa inżynierii brzegowej.

POLSKA STRATEGIA OCHRONY BRZEGÓW I ZABEZPIECZENIA PRZEZ KONSEKWENCJAMI PODNOŚCENIA SIĘ POZIOMU MORZA W WYNIKU ZMIAN KLIMATYCZNYCH

Polska obok Niderlandów, jako jeden z nielicznych krajów UE ma przemyślaną strategię ochrony i zabezpieczenia brzegów morskich przed powodzią i erozją. To, że Niderlandy mają najlepsze na świecie zabezpieczenia brzegów nikogo nie dziwi, ale dlaczego Polska?

W latach 90-tych XX w. Instytut Morski w Gdańsku, Urząd Morski w Gdyni i Instytut Budownictwa Wodnego PAN miały bardzo dobrą i owocną współpracę z naukowcami, specjalistami i praktykami właśnie z Holandii. W efekcie szereg rozwiązań tam stosowanych zostało wprost zaadaptowanych i przeszczepionych na grunt Polski. Konsekwencją było przyjęcie w 2003 r. strategii ochrony brzegów morskich w Polsce [9]. Ustawa ta była korygowana i doprecyzowana [10, 11, 12, 13], ale kluczowa myśl strategii od tego czasu nie uległa zmianie. I tak po pierwsze, na całym polskim brzegu morskim, począwszy od granicy z Rosją aż po granicę z Niemcami, co 500 m zostały wyznaczone profile, w których to profilach Urzędy Morskie w Gdyni i Szczecinie są zobowiązane do wykonywania regularnych pomiarów batymetryczno-tachimetrycznych, czyli pomiarów głębokości w morzu oraz szerokości plaży i wysokości wydmy oraz klifów. Jak łatwo się domyślić taki pomiar ukształtowania terenu wykonywany regularnie na przestrzeni wielu lat daje obraz zmian zachodzących na brzegu morskim. Pozwala to określić czy na danym odcinku dochodzi do erozji, akumulacji, czy też brzeg jest w miarę stabilny.

Po drugie, każdemu odcinkowi brzegu morskiego, w zależności od jego ważności (gęstości zaludnienia, istniejącej infrastruktury przemysłowej, walorów środowiskowych, turystycznych, gospodarczych, historycznych, militarnych itd.) został przypisany wymagany poziom bezpieczeństwa. Inaczej mówiąc, dysponując wiedzą jakie maksymalne spiętrzenie sztormowe i jakie maksymalne wysokości fal mogą wystąpić w ciągu nadchodzących 20–200 lat w danym

miejscu polskiego wybrzeża, określono uderzenie jakiego sztormu brzeg morski musi wytrzymać. Przykładowo dla Półwyspu Helskiego na odcinku od Władystawowa do Kuźnicy Ustawodawca wymaga, aby brzeg w tym miejscu był zabezpieczony w taki sposób, aby wytrzymał uderzenie sztormu i spiętrzenia sztormowego, które może wystąpić raz na 200 lat. Z kolei na tym samym Półwyspie, od Jastarni w kierunku Helu, brzeg musi być zabezpieczony w taki sposób, aby wytrzymał sztorm i spiętrzenie sztormowe o prawdopodobieństwie wystąpienia raz na 100 lat. W ten sposób podzielone zostało całe polskie wybrzeże. W zależności od tego czy wymagany poziom bezpieczeństwa wynosi 20, 50, 100 czy 200 lat odpowiednie metody ochrony są stosowane. Tam, gdzie wymagany poziom bezpieczeństwa wynosi 20 lat najczęściej nic nie trzeba budować, a tam, gdzie poziom bezpieczeństwa określono na 100 lub 200 lat Urzędy Morskie muszą stosować i utrzymywać techniczne środki ochrony.

Po trzecie wspomniana ustawa definiuje na jakim odcinku brzegu jakie budowle mogą być stosowane. I tak w przypadku Półwyspu Helskiego, według ustawy na odcinku Władystawowo – Kuźnica należy stosować sztuczne zasilanie i umocnienia brzegowe, zaś już np. w Juracie jedynie sztuczne zasilanie brzegu. W ten sposób sklasyfikowane i skategoryzowane jest całe polskie wybrzeże.

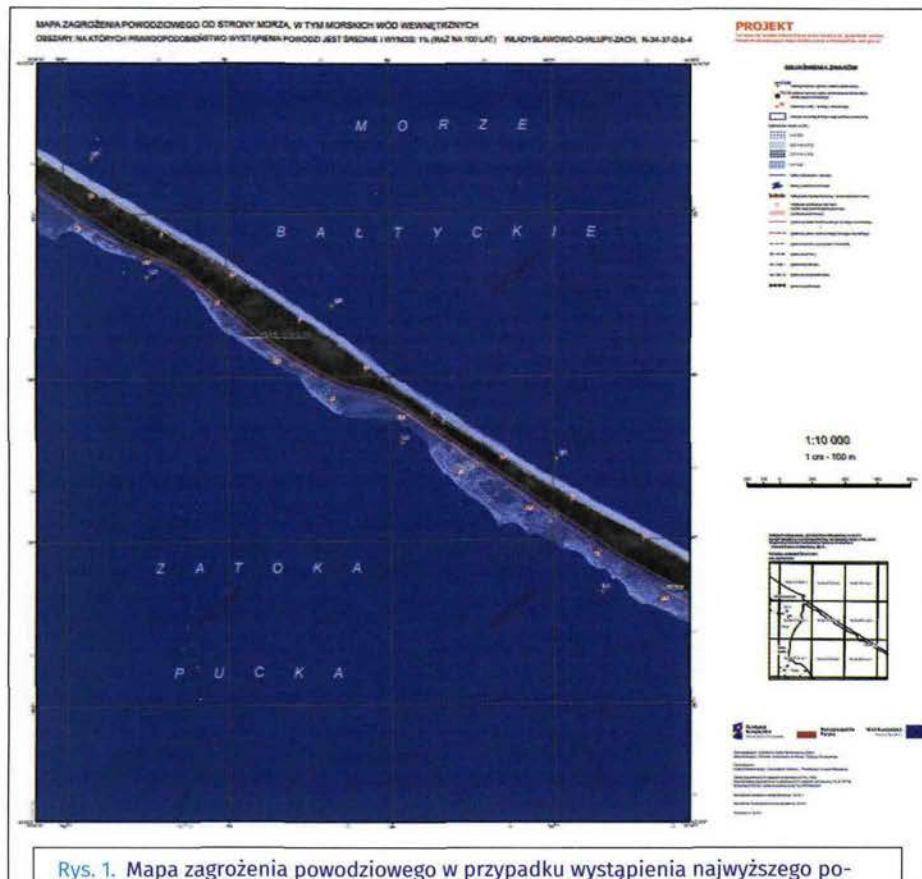
Kolejna sprawa związana jest z tym, że ustawa z 2003 r. precyzyjnie określiła (niektórzy uważają, że aż nazbyt), ile pieniędzy Urzędy Morskie muszą wydać w okresie 2003–2023 r. na ochronę konkretnych odcinków brzegu morskiego. Ustawodawca zobowiązał Urzędy Morskie do prowadzenia w tych latach działań zabezpieczających brzeg morski na kwotę niecałego miliarda złotych (według cen z 2001 r.). Trzymając się przykładu Półwyspu Helskiego, na odcinku od Władystawowa do Kuźnicy, Urząd Morski w Gdyni jest zobowiązany do ochrony brzegu na kwotę co najmniej 107 mln zł; pieniądze na te operacje pochodzą z budżetu Państwa.

Dodatkowo, zgodnie z Dyrektywą 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim, opracowywane są i udostępniane społeczeństwu m.in. mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego. Na rys. 8 przedstawiono fragment mapy obszaru, jaki zostałby zalany w przypadku spiętrzenia sztormowego o prawdopodobieństwie wystąpienia raz na 100 lat dla odcinka Władystawowo-Kuźnica.

Mapy są co 5 lat aktualizowane. Jak widać na powyższym rysunku, wydma stanowi skuteczne zabezpieczenie przed przełaniem się wody na jej zaplecze⁵¹.

Dodatkowym elementem polskiej strategii adaptacji do konsekwencji podnoszenia się poziomu morza wynikającego ze zmian klimatycznych są przepisy z 1998 r. [14]. Zgodnie z nimi, podczas projektowania budowli morskich trzeba brać pod uwagę ekstremalne sztormy, jakie mogą się pojawić na południowym Bałtyku. Dla przykładu przy projektowaniu morskich tam i obwałowań gęsto zamieszkałych obszarów, położonych poniżej poziomu morza należy brać pod uwagę sztorm, jaki może pojawić się raz na 1000 lat (sic!), a na przykład opaski brzegowe chroniące tereny wykorzystywane rolniczo muszą wytrzymać uderzenie sztormu,

⁵¹ Metodyka wyznaczania obszarów, które zostaną zalane bazuje na stosowaniu wcześniej wspomnianego „modelu wannowego” (ang. *bathtub model*). Rzeczywiste obszary zagrożone powodzią mogą być nieco inne. Podczas kolejnej aktualizacji map zagrożenia powodziowego będzie należało zmienić metodykę obliczania obszarów zalawowych i uwzględnić w obliczeniach dynamiczne procesy niszczenia brzegu i wydmy podczas ekstremalnych spiętrzeń sztormowych i sztormów.



Rys. 1. Mapa zagrożenia powodziowego w przypadku wystąpienia najwyższego poziomu morza jaki może wystąpić raz na 100 lat (arkusz WŁADYSŁAWOWO-CHAŁUPY-ZACH. N-34-37-D-b-4), źródło: Urząd Morski w Gdyni

jaki może pojawić się raz na 100 lat. Z drugiej strony, dla przykładu, ustawodawca wymaga, aby zejścia na plaże były zaprojektowane w taki sposób, żeby przetrwały sztorm, jaki może pojawić się raz na 5 lat. Wszystkie konstrukcje hydrotechniczne w obszarze od głębokości ok. 15÷20 m do korony wydmy/klify, których rolą jest zabezpieczanie obszarów przybrzeżnych przed powodzią lub erozją morską muszą spełnić „wyśrubowane” przepisy oparcia się ekstremalnym sztormom i spiętrzeniem sztormowym, które mogą pojawić się raz na 20, 100, 200 lub nawet 1000 lat (w zależności od spodziewanych konsekwencji dla zaplecza brzegu morskiego, w przypadku wystąpienia awarii i/lub katastrofy budowlanej konstrukcji i w efekcie powodzi morskiej).

PODSUMOWANIE

Z punktu widzenia przyrody idealnym rozwiązaniem byłoby pozostawienie brzegów morskich ich własnemu losowi. W takim przypadku linia brzegowa zmieniałaby sezonowo swoje położenie w pasie o szerokości od ok. 200 do ok. 500 m. W przypadku, gdyby na ich zapleczu położone były miasta, infrastruktura techniczna (rurociągi, energetyczne sieci przesyłowe np. z morskich farm wiatrowych itp.), infrastruktura turystyczna – deptaki, ścieżki rowerowe, drogi itd.), plaże, wydmy i klify musiałyby stanowić pas na tyle szeroki, aby cała zabudowa na lądzie była zabezpieczona przed powodzią morską. Ten warunek jest jednak bardzo trudny, a w warunkach polskiego wybrzeża niemożliwy do spełnienia, zwłaszcza w gęstej zabudowie miejskiej oraz obszerowanej od ok. 30 lat rozbudowy nadmorskiej infrastruktury turystycznej.

Wbrew różnego rodzaju doniesieniom, głoszącym nadejście nieuchronnego *Armagedonu* polskiego wybrzeża i poszczególnych miast należy podkreślić, że nic takiego się nie wydarzy. Bałtyk jest morzem małym i płytkim. Zagrożenia dla polskiego brzegu są nieporównywalnie mniejsze od tych, które występują na Morzu Północnym, a w jeszcze większym stopniu na oceanach. Gdańsk nie będzie drugą Wenecją. Działania, jakie należy w przyszłości przedsięwziąć w obliczu zagrożenia powodziowego i erozyjnego, związanego ze zmianami klimatu nie będą się różnić od tych, które są konsekwentnie prowadzone od co najmniej lat 90-tych XX w. Co więcej, współczesna wiedza o procesach hydrodynamicznych, morfodynamicznych i litodynamicznych⁶⁾ zachodzących na południowym Bałtyku oraz budownictwa wodnego jest dobrze ugruntowana. Głoszenie kasandrycznych wizji na temat stanu polskich przygotowań do konsekwencji wynikających z „podnoszenia się poziomu morza”, które:

- nie uwzględniają doświadczeń Urzędów Morskich w ochronie brzegów morskich,
- nie odnoszą się do istniejących od ponad 20 lat krajowych rozwiązań ustawowych,

- nie odwołują się do ponad 70 lat badań naukowych prowadzonych w tym zakresie m.in. przez Instytut Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk, Instytut Morski, Politechnikę Gdańską, Uniwersytet Gdański czy Uniwersytet Szczeciński, jest wprowadzaniem opinii publicznej w błąd. Jedynym uzasadnieniem tłumaczącym tego typu głosy jest poszukiwanie przez autorów takich rewelacji popularności (klikalności, lajków), lub napędzane jest chęcią zdobycia kapitału politycznego.

Najprawdopodobniej prędzej czy później czeka nas debata, czy jako Państwo chcemy przeznaczać określone kwoty na ochronę poszczególnych odcinków brzegu, ale są to naturalne dyskusje, które toczą się w całej Europie i nie usprawiedliwiają budzenia społecznej paniki. Dobrym przyczynkiem do tej dyskusji mogłoby być nadchodzące w 2023 r. wygaśnięcie ustawy z dnia 28 marca 2003 r., dotyczącej ochrony brzegów morskich.

Stara gdańska maksyma mówi *Nec temere, nec timide*⁷⁾. Jako kraj nie mamy się czego bać w kontekście „podnoszenia się poziomu morza wynikającego ze zmian klimatu”, ale musimy postępować mądrze. Prowadzić badania (przeznaczać na ten cel pieniądze!), obserwować naturę, prowadzić dyskusje merytoryczne, przyzwyczajając się do coraz intensywniejszych sztormów, elastycznie reagować na coraz częściej występujące lokalne erozje brzegu oraz rozwijać nowoczesne, przyjazne środowisku metody ochrony brzegu.

⁶⁾ Mowa przede wszystkim o falowaniu, transformacji falowania w strefie brzegowej, generacji i propagacji prądów pochodzenia falowego, transportu osadu, przebudowie dna i brzegu morskiego, wzajemnego oddziaływania konstrukcji z falami, prądami i transportem osadu.

⁷⁾ łac. Bez strachu, ale z rozwagą.

LITERATURA

- [1] Komunikat 02/2021 interdyscyplinarnego Zespołu doradczego do spraw kryzysu klimatycznego przy prezesie PAN na temat zmiany klimatu i wzrostu poziomu morza. Warszawa, 26 stycznia 2021 r.
- [2] Stramska M., Chudziak N. Recent multiyear trends in the Baltic Sea level. *Oceanologia*, 2013, 55, 2.
- [3] Anderson T.R., Fletcher C.H., Barbee M.M. et al. Modeling multiple sea level rise stresses reveals up to twice the land at risk compared to strictly passive flooding methods. *Sci Rep*, 2018, 8, 14484. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32658-x>
- [4] Yunus A.P., Avtar R., Kraines S., Yamamuro M., Lindberg F., Grimmond C.S.B. Uncertainties in Tidally Adjusted Estimates of Sea Level Rise Flooding (Bathtub Model) for the Greater London. *Remote Sens*. 2016, 8, 366. <https://doi.org/10.3390/rs8050366>
- [5] Ostrowski R. Problemy dynamiki i ochrony piaszczystych brzegów południowego Bałtyku. Wydawnictwo IBW PAN, ISBN: 9788385708797, 2019.
- [6] Wiśniewski B., Wolski T. Physical aspects of extreme storm surges and falls on the Polish coast. *Oceanologia*, 2011, 53(1-T1), 373–390. <http://dx.doi.org/10.5697/oc.53-1-T1.373>
- [7] Burcharth H.F., Zanuttigh B., i in. Innovative engineering solutions and best practices to mitigate coastal risk. *Coastal risk management in a changing climate*, 2015, 55–170, Elsevier B. V., ISBN 9780123973108.
- [8] Hanson H., Brampton A. i in. Beach nourishment projects, practices, and objectives – A European overview. *Coastal Engineering*, 47 (2), 81–111, 2002. DOI: 10.1016/S0378-3839(02)00122-9.
- [9] Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o ustanowieniu programu wieloletniego „Program ochrony brzegów morskich” (Dz.U. 2003 nr 67 poz. 621).
- [10] Ustawa z dnia 25 września 2015 r. o zmianie ustawy o ustanowieniu programu wieloletniego „Program ochrony brzegów morskich”, Warszawa, dnia 23 października 2015 r. Poz. 1700.
- [11] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ustanowieniu programu wieloletniego „Program ochrony brzegów morskich” (Dz.U. 2016 poz. 678).
- [12] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 13 stycznia 2017 r. w sprawie szczegółowego przebiegu linii podstawowej, zewnętrznej granicy morza terytorialnego oraz zewnętrznej granicy strefy przyległej Rzeczypospolitej Polskiej. Warszawa, dnia 30 stycznia 2017 r. Poz. 183.
- [13] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 17 listopada 2017 r. w sprawie minimalnych poziomów bezpieczeństwa brzegu morskiego oraz przebiegu granicznej linii ochrony brzegu morskiego. Warszawa, dnia 7 grudnia 2017 r. Poz. 2266.
- [14] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz.U. 1998 nr 101 poz. 645).