

[opis]

Z powodu erozji wałowych wydmy przednich w wielu miejscach nadbrzeże położone jest tylko do 3–4 m n.p.m., czyli do wysokości, do której współcześnie dochodzi napływ morza podczas spiętrzenia. Najtrudniejsza sytuacja jest na terenach położonych wzdłuż nizin nadmorskich oraz depresji na Żuławach. W wyniku sztormowego podpiętrzenia wody w Bałtyku we wszystkich ujściach rzek i kanałów powstaje cofka. Woda napływająca do zbiorników i rzek podtapia terasy zalewowe, także współcześnie zagospodarowane przez osadnictwo tereny, które powinny być wyłączone z zabudowy: Karwieńskie Błota, Grzybowo, Kładno, Darłówko. W ciągu ostatnich lat postępuje szybki rozwój osadnictwa i turystyki na terenach zagrożonych erozją i podtopieniami. Z tego względu powstaje potrzeba wskazania aktualnych trendów zmian wybrzeża w kontekście wzrostu poziomu morza i powstawania spiętrzeń sztormowych, w tym ekstremalnych, jak sztorm Axel ze stycznia 2017 r.

W rozdziale pierwszym przedstawiono stosowaną metodykę oraz przestrzenny zakres prowadzonych badań terenowych. Rozdział drugi obejmuje charakterystykę polskich wybrzeży mierzejowo-wydmowych, w tym rodzaje wydmy, dynamikę, formy brzegu i ich genezę. W rozdziale trzecim omówiono najważniejsze spiętrzenia sztormowe z XIX i XX w., opierając się na publikacjach naukowych i wybranych materiałach archiwalnych. Scharakteryzowano również wszystkie spiętrzenia sztormowe z XXI w. na podstawie przeprowadzonych badań. Rozdział czwarty poświęcony jest opisowi spiętrzeń najnowszych, w tym największego w XXI w. – o nazwie Axel. W rozdziale piątym szczegółowo opisano skutki jego oddziaływania na polskie wybrzeże mierzejowo-wydmowe, a w szóstym przed[1]stawiono ich analizę. Rozdział siódmy zawiera charakterystykę wpływu spiętrzeń sztormowych, ich określonej częstości, wielkości od zmieniających się warunków klimatu na erozję polskiego wybrzeża. Przedstawiono w nim wpływ sztormów na rozwój form erozyjnych, na rozwój brzegu, w tym na wielkoskalowe zmiany brzegu oraz wielkość zmian wybrzeża w XXI w. Podano ponadto charakterystykę różnych skutków oddziaływania spiętrzeń sztormowych na wybrzeże, w tym działalność człowieka.

Ze wstępu

[spis]

1. Cel badań, metody i obszar

1.1. Cel i obszar badań

1.2. Badania terenowe

1.3. Badania kameralne

2. Charakterystyka bałtyckiego wybrzeża mierzejowo-wydmowego w Polsce

2.1. Strefy i formy wybrzeża mierzejowo-wydmowego

- 2.1.1. Podział strefy brzegowej wybrzeża wydmowego
- 2.1.2. Formy wybrzeża wydmowego
 - 2.1.2.1. Plaża
 - 2.1.2.2. Wydma embrionalna na plaży górnej
 - 2.1.2.3. Wydma przednia
 - 2.1.2.4. Obniżenia między wydмами przednimi
 - 2.1.2.5. Nadmorskie wydmy śródlądowe
- 2.2. Procesy, czynniki i uwarunkowania kształtujące wydmy nadmorskie
 - 2.2.1. Naturalne
 - 2.2.2. Antropogeniczne
- 2.3. Charakterystyka i lokalizacja wybrzeży mierzejowo-wydmych na polskim wybrzeżu
 - 2.3.1. Lokalizacja i powstanie wybrzeży mierzejowo-wydmych
 - 2.3.2. Geneza wybrzeży mierzejowo-wydmych
 - 2.3.3. Rodzaje wybrzeży wydmych
 - 2.3.3.1. Wybrzeże zbudowane z wałowych wydmy przednich
 - 2.3.3.2. Wybrzeże zbudowane z dawnych form śródlądowych

3. Historyczne i współczesne sztormy powodujące zniszczenia wybrzeża południowego Bałtyku

- 3.1. Poziom morza i jego wahania
- 3.2. Charakterystyka rozwoju spiętrzeń sztormowych
- 3.3. Ekstremalne spiętrzenia sztormowe i ich skutki na polskim wybrzeżu
 - 3.3.1. Spiętrzenia sztormowe do XIX wieku
 - 3.3.2. Spiętrzenia sztormowe w XX wieku
 - 3.3.2.1. Spiętrzenia sztormowe grudzień 1913–styczeń 1914
 - 3.3.2.2. Spiętrzenie sztormowe luty 1942

- 3.3.2.3. Spiętrzenia sztormowe luty 1962
- 3.3.2.4. Spiętrzenia sztormowe październik–grudzień 1967 i styczeń 1968
- 3.3.2.5. Spiętrzenia sztormowe listopad–grudzień 1973
- 3.3.2.6. Spiętrzenia sztormowe styczeń 1976
- 3.3.2.7. Spiętrzenia sztormowe styczeń 1983
- 3.3.2.8. Spiętrzenia sztormowe listopad–grudzień 1988
- 3.3.2.9. Spiętrzenia sztormowe grudzień 1991–luty 1992
- 3.3.2.10. Spiętrzenia sztormowe styczeń–luty 1993
- 3.3.2.11. Spiętrzenie sztormowe 3–5 listopada 1995
- 3.3.3. Spiętrzenia sztormowe w XXI wieku w latach 2001–2019
 - 3.3.3.1. Spiętrzenia sztormowe Janika listopad 2001
 - 3.3.3.2. Spiętrzenia sztormowe styczeń–luty 2002
 - 3.3.3.3. Spiętrzenia sztormowe grudzień 2003
 - 3.3.3.4. Spiętrzenie sztormowe Pia 22–25 listopada 2004
 - 3.3.3.5. Spiętrzenie sztormowe Britta 1–4 listopada 2006
 - 3.3.3.6. Spiętrzenia sztormowe Kiryll styczeń 2007
 - 3.3.3.7. Spiętrzenie sztormowe 12–16 października 2009
 - 3.3.3.8. Spiętrzenia sztormowe Andrea 5–6 i 13–14 stycznia 2012
 - 3.3.3.9. Spiętrzenie sztormowe Xavier 6–9 grudnia 2013
 - 3.3.3.10. Spiętrzenia sztormowe Felix 3–5 stycznia i Ole 7–8 lutego 2015
 - 3.3.3.11. Spiętrzenie sztormowe Axel 4–6 stycznia 2017
 - 3.3.3.12. Spiętrzenie sztormowe Zeetje 1–3 stycznia 2019

4. Uwarunkowania hydrometeorologiczne spiętrzeń sztormowych sezonu jesiennie-zimowego 2016/17, w tym ekstremalnego Axel

- 4.1. Spiętrzenia sztormowe z 2016 roku

- 4.1.1. Spiętrzenie sztormowe Angus 4–6 października 2016
- 4.1.2. Spiętrzenia sztormowe z listopada i grudnia 2016
- 4.1.3. Spiętrzenie sztormowe Barbara 27–28 grudnia 2016
- 4.2. Spiętrzenie sztormowe Axel 4–6 stycznia 2017
- 4.3. Uwarunkowania hydrometeorologiczne i skutki spiętrzeń z sezonu 2016/17 w największych miejscowościach nadmorskich

5. Erozja po sztormach 2016/17 na tle morfologii i współczesnej dynamiki wybrzeży wydmych

- 5.1. Mierzeja Wiślana
 - 5.1.1. Geneza i budowa geologiczna
 - 5.1.2. Główna część Mierzei Wiślanej
 - 5.1.2.1. Rodzaje wydmy i ich wiek
 - 5.1.2.2. Morfodynamika
 - 5.1.2.3. Typy brzegu
 - 5.1.2.4. Zmiany po sztormach w 2016/17
 - 5.1.2.5. Przebudowa wydmy w latach 2018–2019
 - 5.1.3. Wyspa Sobieszewska
 - 5.1.3.1. Rozwój i dynamika brzegu w ujściu Wisły Śmiałej
 - 5.1.3.2. Rozwój i dynamika brzegu w ujściu Przekopu Wisły
 - 5.1.3.3. Ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.1.3.4. Zmiany po sztormach w 2016/17
 - 5.1.3.5. Przebudowa wydmy w latach 2018–2019
 - 5.1.4. Górki Zachodnie–Gdańsk Stogi i Westerplatte
 - 5.1.4.1. Rozwój i dynamika brzegu w ujściu Martwej Wisły
 - 5.1.4.2. Charakterystyka brzegu pomiędzy ujściem Martwej Wisły i Wisły Śmiałej

- 5.1.4.3. Zmiany po sztormach w 2016/17 i 2018/19
- 5.2. Zachodnia i północna część Zatoki Gdańskiej
 - 5.2.1. Wybrzeże wydmore Gdańsk–Sopot
 - 5.2.1.1. Geneza i budowa geologiczna
 - 5.2.1.2. Ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.2.1.3. Zmiany po sztormach w 2016/17 i 2018/19
 - 5.2.2. Mierzeja Rewska (Mechelinki–Rewa)
 - 5.2.2.1. Geneza, ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.2.2.2. Zmiany po sztormach w 2016/17 i 2018/19
 - 5.2.3. Delta Redy
 - 5.2.3.1. Geneza, ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.2.3.2. Zmiany po sztormach w 2016/17 i 2018/19
- 5.3. Mierzeja Helska
 - 5.3.1. Geneza i budowa geologiczna 132
 - 5.3.2. Wydmy wałowe pod klifem we Władysławowie
 - 5.3.2.1. Ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.3.2.2. Zmiany po sztormach w 2016/17 i 2018/19
 - 5.3.3. Część zachodnia Władysławowo–Jastarnia
 - 5.3.3.1. Ukształtowanie
 - 5.3.3.2. Morfodynamika
 - 5.3.3.3. Działania antropogeniczne ochrony brzegu
 - 5.3.3.4. Zmiany po sztormach w 2016/17
 - 5.3.3.5. Przebudowa wydm w latach 2018–2019
 - 5.3.4. Część wschodnia Jurata–Hel
 - 5.3.4.1. Ukształtowanie i rodzaje wydm

5.3.4.2. Morfodynamika

5.3.4.3. Zmiany po sztormach w 2016/17

5.3.4.4. Przebudowa wydym w latach 2018–2019

5.3.5. Wewnętrzna część brzegu mierzei i jej zmiany w latach 2016–2019

5.4. Mierzeja Karwieńska

5.4.1. Geneza i budowa geologiczna

5.4.2. Ukształtowanie i morfodynamika

5.4.3. Typy brzegu

5.4.4. Zmiany po sztormach w 2016/17 i 2018/19

5.5. Mierzeja Kaszubska

5.5.1. Geneza, budowa geologiczna i ukształtowanie

5.5.2. Morfodynamika

5.5.3. Typy brzegu

5.5.4. Zmiany po sztormach w 2016/17 na odcinku Dębki–Białogóra (km 150–159)

5.5.5. Zmiany po sztormach w 2016/17 na odcinku Białogóra–Lubiatowo (km 160–165)

5.5.6. Zmiany po sztormach w 2016/17 na odcinku Lubiatowo–Osetnik/Stilo (km 166–170)

5.5.7. Zmiany po sztormach w 2016/17 na zachód od Osetnika/Stilo (km 170–174)

5.5.8. Przebudowa wydym w latach 2018–2019

5.5.9. Przyczyny zmian dynamiki brzegu w czasie i wzdłuż mierzei

5.6. Mierzeja Sarbska

5.6.1. Geneza i budowa geologiczna

5.6.2. Ukształtowanie i morfodynamika

5.6.3. Zmiany po sztormach w 2016/17 naturalnej części mierzei (km 175–180)

5.6.4. Przebudowa wydym w latach 2018–2019

- 5.6.5. Zmiany po sztormach w 2016/17 zantropogenizowanego wybrzeża w Łebie (km 181–183) i wpływ progów na erozję Mierzei Sarbskiej
- 5.7. Mierzeja Gardnieńsko-Łebska
 - 5.7.1. Geneza i budowa geologiczna
 - 5.7.2. Okresy rozwoju wydym
 - 5.7.3. Ukształtowanie
 - 5.7.4. Morfodynamika
 - 5.7.5. Typy brzegu
 - 5.7.6. Zmiany po sztormach w 2016/17 na odcinku Łeba–Rąbka (km 184–188)
 - 5.7.7. Zmiany po sztormach w 2016/17 na odcinku Rąbka–Wydma Łącka (km 189–191)
 - 5.7.8. Zmiany po sztormach w 2016/17 na odcinku Wydma Łącka–Wydma Czołpińska (km 192–204)
 - 5.7.9. Zmiany po sztormach w 2016/17 na odcinku Wydma Czołpińska–Rowy (km 205–217)
 - 5.7.10. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.8. Wybrzeże klifowe z wydymami na odcinku Rowy–Ustka
 - 5.8.1. Budowa geologiczna i ukształtowanie
 - 5.8.2. Morfodynamika i typy brzegu
 - 5.8.3. Zmiany po sztormach w 2016/17 niskiego zantropogenizowanego wybrzeża w Rowach (km 218–220)
 - 5.8.4. Zmiany po sztormach w 2016/17 wybrzeża klifowego z osłoną wydym (km 225–228)
 - 5.8.5. Zmiany po sztormach w 2016/17 zantropogenizowanego wybrzeża w Ustce (km 231,5–233,5)
 - 5.8.6. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.9. Mierzeja Wicka

- 5.9.1. Geneza, budowa geologiczna i ukształtowanie
- 5.9.2. Morfodynamika
- 5.9.3. Typy brzegu 210
- 5.9.4. Zmiany po sztormach w 2016/17 na odcinku Ustka–Modlinek (km 234–239)
- 5.9.5. Zmiany po sztormach w 2016/17 na odcinku Modlinek–Wicko–Jarosławiec (km 240–254)
- 5.9.6. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.9.7. Zmiany dynamiki z powodu budowy wałów przeciwsztormowych w latach 2015–2019
- 5.9.8. Zmiany po sztormach w 2016/17 zantropogenizowanego wybrzeża klifowego w Jarosławcu (km 254–255)
- 5.10. Mierzeja Kopańska
 - 5.10.1. Geneza i budowa geologiczna
 - 5.10.2. Ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.10.3. Zmiany po sztormach w 2016/17 właściwej części mierzei
 - 5.10.4. Zmiany po sztormach w 2016/17 zantropogenizowanego wybrzeża w Darłówku (km 269–270,2)
 - 5.10.5. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.11. Wybrzeże mierzejowo-wydymowe Darłówko–Dąbki
 - 5.11.1. Budowa, ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.11.2. Zmiany po sztormach w 2016/17
 - 5.11.3. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.12. Mierzeja Bukowska
 - 5.12.1. Geneza i budowa geologiczna
 - 5.12.2. Ukształtowanie i morfodynamika

- 5.12.3. Zmiany po sztormach w 2016/17
- 5.12.4. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.13. Mierzeja Jamneńska
 - 5.13.1. Geneza i budowa geologiczna
 - 5.13.2. Ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.13.3. Zmiany po sztormach w 2016/17
 - 5.13.4. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.14. Niskie wybrzeże klifowo-wydymowe na odcinku Mielenko–Kołobrzeg
 - 5.14.1. Budowa geologiczna i ukształtowanie
 - 5.14.2. Morfodynamika, typy brzegu i obiekty hydrotechniczne
 - 5.14.3. Erozja i ochrona brzegu w Kołobrzegu
 - 5.14.4. Zmiany po sztormach w 2016/17 na odcinku Mielenko–Ustronie Morskie (km 301–320)
 - 5.14.5. Zmiany po sztormach w 2016/17 na odcinku Sianożęty–Kołobrzeg (km 321–330)
 - 5.14.6. Zmiany po sztormach w 2016/17 zantropogenizowanego wybrzeża w Kołobrzegu (km 330–334)
 - 5.14.7. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.15. Wybrzeże mierzejowo-wydymowe Kołobrzeg–Dźwirzyno
 - 5.15.1. Budowa geologiczna, ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.15.2. Zmiany po sztormach w 2016/17
 - 5.15.3. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.16. Mierzeja jeziora Resko Przymorskie
 - 5.16.1. Budowa geologiczna, ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.16.2. Zmiany po sztormach w 2016/17 (km 364–350)

- 5.16.3. Zmiany po sztormach w 2016/17 zantropogenizowanego wybrzeża w Mrzeżynie (km 350,5–352)
- 5.16.4. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.17. Wybrzeże mierzejowo-wydmowe Mrzeżyno–Pogorzelica i mierzeja jeziora Liwia Łuża
 - 5.17.1. Budowa geologiczna, geneza, ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.17.2. Zmiany po sztormach w 2016/17 odcinka Mrzeżyno–Pogorzelica (km 353–365)
 - 5.17.3. Zmiany po sztormach w 2016/17 zantropogenizowanego wybrzeża w Niechorzu (km 366–368)
 - 5.17.4. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.18. Wydmy Wybrzeża Trzebiatowskiego
 - 5.18.1. Budowa geologiczna, ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.18.2. Zmiany po sztormach w 2016/17 wybrzeża klifowego z osłoną wydym
 - 5.18.3. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.19. Mierzeja Dziwnowska
 - 5.19.1. Budowa geologiczna i ukształtowanie
 - 5.19.2. Morfodynamika i ochrona brzegu
 - 5.19.3. Zmiany po sztormach w 2016/17 wschodniej części mierzei Dziwnówek–Dziwnów (km 385–391)
 - 5.19.4. Zmiany po sztormach w 2016/17 zachodniej części mierzei Dziwnów–Międzywodzie (km 392–398)
 - 5.19.5. Przebudowa wydym w latach 2018–2019
- 5.20. Wybrzeże klifowe z wydumą na wyspie Wolin
 - 5.20.1. Budowa geologiczna, ukształtowanie i morfodynamika
 - 5.20.2. Zmiany po sztormach w 2016/17 i 2018/19
- 5.21. Mierzeja Bramy Świny

- 5.21.1. Geneza i budowa geologiczna
- 5.21.2. Rodzaje wydm i ich wiek
- 5.21.3. Morfodynamika i wpływ antropogeniczny
- 5.21.4. Zmiany po sztormach w 2016/17 kosi wolińskiej (km 412–423)
- 5.21.5. Zmiany po sztormach w 2016/17 w obrębie portu LNG (km 424)
- 5.21.6. Zmiany po sztormach w 2016/17 kosi uznamskiej (km 424,5–428,2)
- 5.21.7. Zmiany po sztormach w 2016/17 zachodniej części kosi uznamskiej (Świnoujście–Ahlbeck)
- 5.21.8. Przebudowa wydm w latach 2018–2019

6. Maksymalna erozja i straty spowodowane przez spiętrzenia z 2016/17, w tym ekstremalne Axel

- 6.1. Wielkość erozji brzegu i nadbrzeży wydmowych
- 6.2. Miejsca rozwoju stożków spiętrzeń sztormowych
- 6.3. Zniszczenia infrastruktury i obiektów ochrony brzegu
 - 6.3.1. Erozja refulatów
 - 6.3.2. Uszkodzenia obiektów hydrotechnicznych
 - 6.3.3. Uszkodzenia elementów infrastruktury użytkowej
- 6.4. Podtopienia lądu

7. Wpływ spiętrzeń sztormowych na morfodynamikę wybrzeża wydmowego

- 7.1. Czynniki i uwarunkowania naturalne abrazji
 - 7.1.1. Czynniki hydrometeorologiczne
 - 7.1.2. Uwarunkowania geologiczne i morfologiczne
- 7.2. Morfodynamika brzegu i nadbrzeża
 - 7.2.1. Plaża i jej przekształcenia

7.2.2. Kształtowanie wydm

7.2.3. Stożki spiętrzeń sztormowych

7.2.4. Podtopienia obszarów nadmorskich

7.3. Znaczenie spiętrzeń sztormowych w rozwoju brzegu

7.4. Skutki spiętrzeń sztormowych

7.4.1. Skutki hydrologiczne

7.4.2. Skutki morfologiczne

7.4.3. Skutki ekologiczne

7.4.4. Skutki ekonomiczno-gospodarcze

7.4.5. Skutki społeczne

7.5. Podsumowanie: wielkość erozji wybrzeża polskiego po sztormach z XXI wieku

Wnioski

Załączniki

Literatura

Spisy rycin, tabel i załączników

Abstrakt

Abstract