

AWARYJNY STAN BRZEGU KLIFOWEGO W JASTRZĘBIEJ GÓRZE

ZBIGNIEW SIKORA, zbig@pg.gda.pl

WIESŁAW SUBOTOWICZ

MARIUSZ WYROŚŁAK

RAFAŁ OSSOWSKI

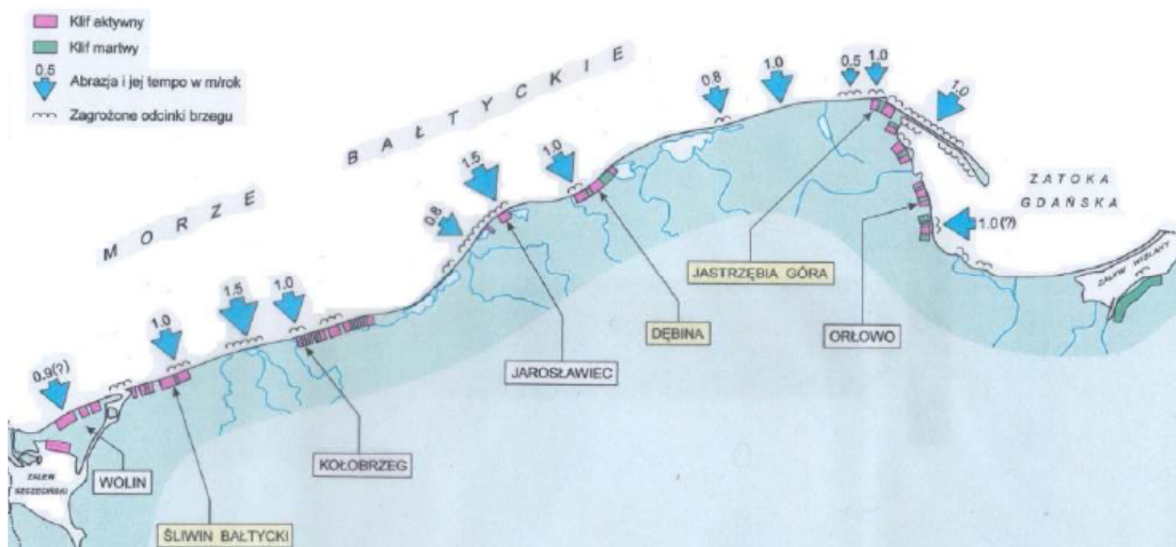
Katedra Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego, Politechnika Gdańska

Streszczenie: W artykule opisano aktualny stan brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, ze szczególnym uwzględnieniem procesów geodynamicznych oraz wpływu budowy geologicznej podłoża gruntowego na prędkość abrazji klifu. Opisano przyczyny występowania awarii na brzegu w Jastrzębiej Górze oraz szczegóły umocnienia brzegu w rejonie ośrodka wypoczynkowego „Bałtyk”. W podsumowaniu autorzy wskazują kierunek postępowania w celu zapobieżenia propagacji usuwiska i powstania megaawarii o zasięgu mogącym zagrozić obiektom budowlanym zlokalizowanym na zapleczu klifu.

Słowa kluczowe: brzeg klifowy, osuwisko, abrazja, gabiony, grunt zbrojony, drenaż skarpowy.

1. Zagrożenie abrazyjne i osuwiskowe brzegu klifowego

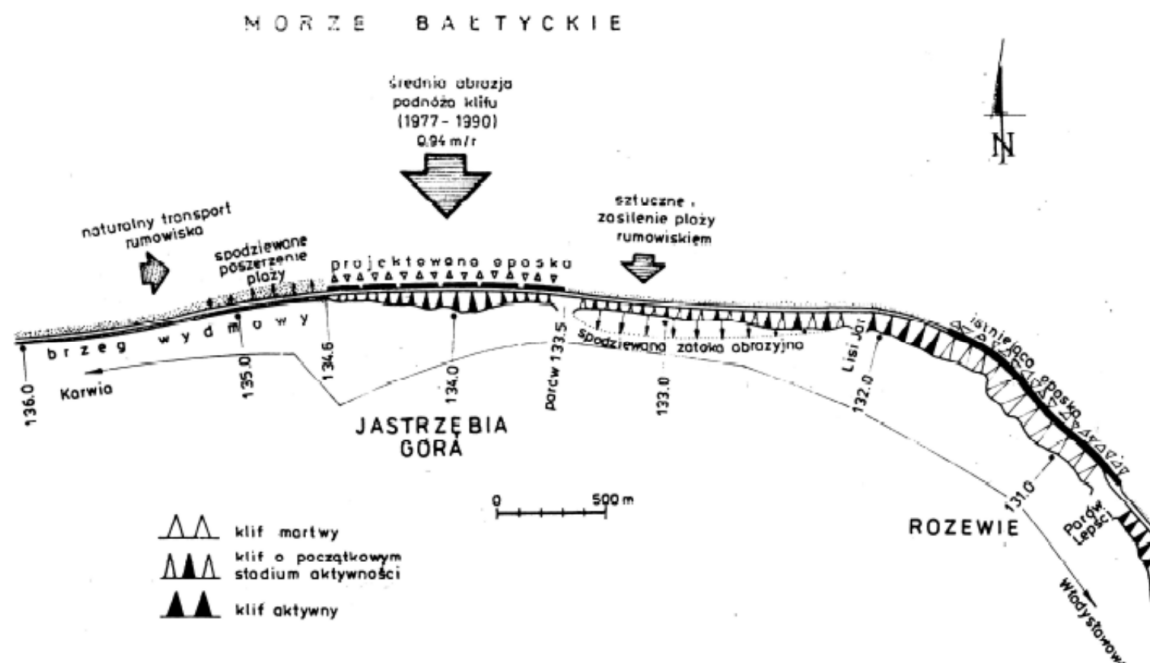
Brzeg klifowy w Jastrzębiej Górze jest przykładem jednego z wielu tego rodzaju brzegów w Polsce (rys. 1), [1]. Dotychczasowe zabezpieczenia brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze nie zdają egzaminu. Nadal występują niebezpieczne zjawiska osuwiskowe na klifie, a zastosowane systemy zabezpieczające, tak przed abrazją, jak również przed wspomnianymi osuwiskami, są systematycznie niszczone (są one w stanie permanentnej awarii budowlanej).



Rys. 1. Lokalizacja brzegów klifowych w Polsce i ich tempo abrazji dla okresu 1985–1986 [1]

Przykładem znaczącej, postępującej awarii budowlanej jest fragment brzegu klifowego na wysokości ośrodka wypoczynkowego „Bałtyk”. W związku z powyższym nasuwa się pytanie – jakie są techniczne i naturalne przyczyny takiego stanu brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze?

Zagrożenie osuwiskowe zaplecza omawianego klifu, już przed kilkudziesięciu laty spowodowało zainteresowanie władz terenowych i społeczeństwa tym odcinkiem brzegu morskiego [3], (rys. 2).

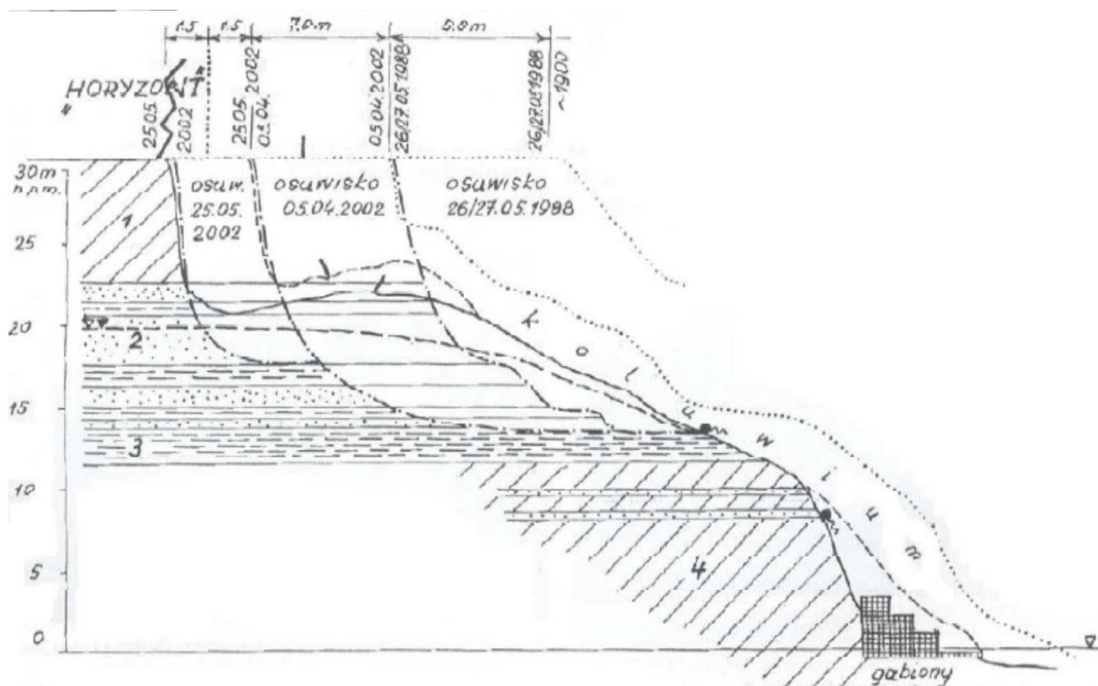


Rys. 2. Projektowana ochrona i transformacja brzegu morskiego na odcinku Jastrzębia Góra-Rożewie [1]

W szczególności, kiedy osuwisko powstałe w 1988 r. zagroziło ośrodkowi wypoczynkowemu „Horyzont” [4, 5], (rys. 3, 4), wówczas zainteresowanie urzędów odpowiedzialnych za stan brzegu klifowego wzrosło. Od tamtego czasu problem stateczności brzegu klifowego był i jest wciąż problemem aktualnym.



Rys. 3. Częściowo zniszczony ośrodek wypoczynkowy „Horyzont” na bezpośrednim zapleczu aktywnego klifu (Fot. W. Subotowicz. 3.06.2002)



Rys. 4. Przekrój geodynamiczny klifu w Jastrzębiej Górze na wysokości „Horyzontu” [5]

Kilka lat później, a mianowicie w 1992 r. przedstawiono koncepcję ochrony brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, obejmującą odcinek brzegu o długości około 1 km (km 133 + 500 – km 134 + 600), [3, 7]. Podstawowym założeniem tej koncepcji była potrzeba wybudowania opaski brzegowej o charakterze bulwaru spacerowego. Spełniać ona miała rolę z jednej strony konstrukcji zabezpieczającej brzeg morski przed niszczącą, inaczej mówiąc abradującą, działalnością morza, z drugiej zaś strony miała spełniać funkcję rekreacyjną. Jako równie ważne zadanie proponowano wykonanie drenażu zbocza klifowego. Myślą przewodnią koncepcji zabezpieczenia całego kilometrowego odcinka brzegu klifowego była również konieczność zabezpieczenia pozostałych fragmentów, które stworzyły i nadal stwarzają zagrożenie innym obiektom budowlanym zlokalizowanym na zapleczu klifu, m.in. ośrodkowi wypoczynkowemu „Bałtyk”, (rys. 5).

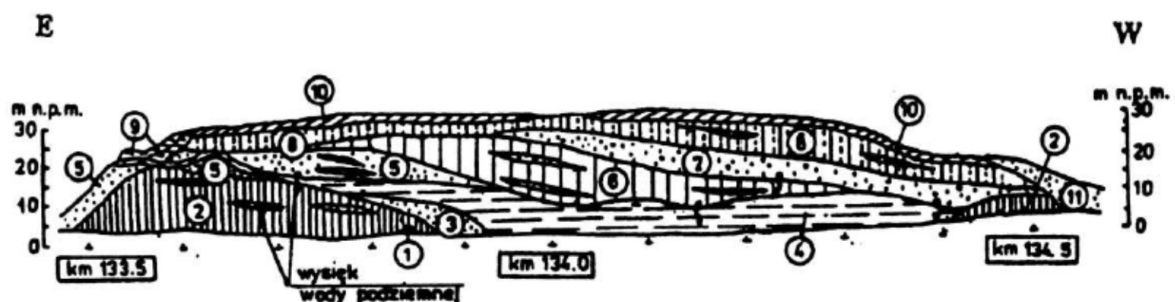


Rys. 5. Zagrożony „Bałtyk”. Wielkie osuwisko z koluwium spełzniętym na gabiony i plażę (Fot. W. Subotowicz, 30.06.1999 r.)

2. Warunki geodynamiczne klifu w Jastrzębiej Górze

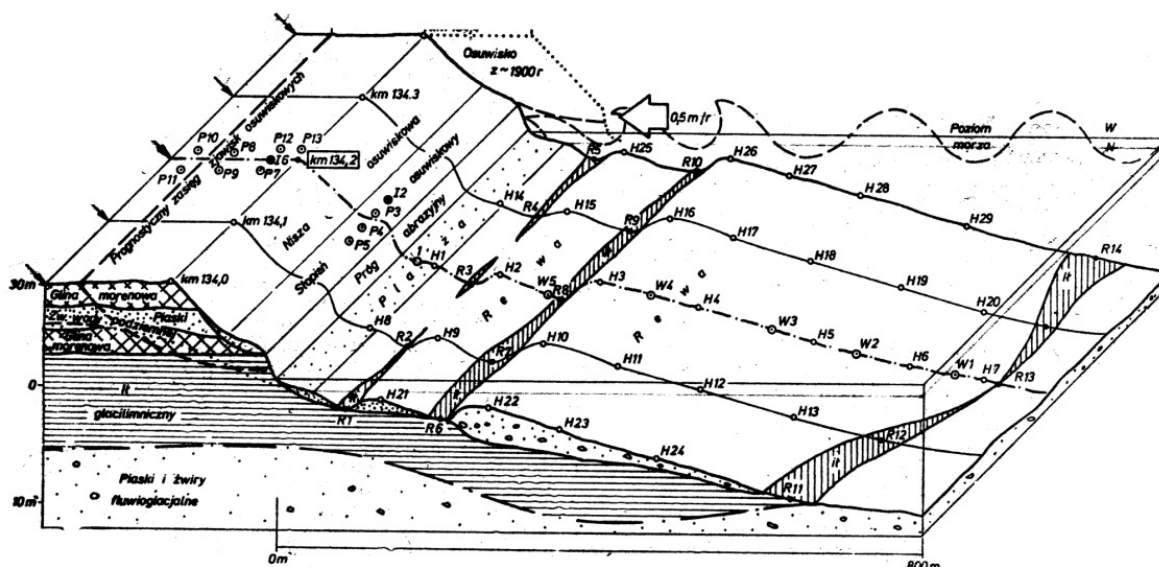
Tempo abrazyj brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze w latach 1977–1990 wynosiło 0,94 m/rok i jest ono zmienne w czasie i przestrzeni, [8].

Ten najbardziej wysunięty w morze odcinek brzegu klifowego w Polsce jest zbudowany z utworów wieku plejstoceniowego. Są to gliny morenowe, inaczej zwałowe i przewarstwiające je piaski wodnolodowcowe. W dolnej partii klifu i poniżej poziomu morza występują ropy glacialimiczne [5, 6, 8, 10, 11], (rys. 6, 7, 8).



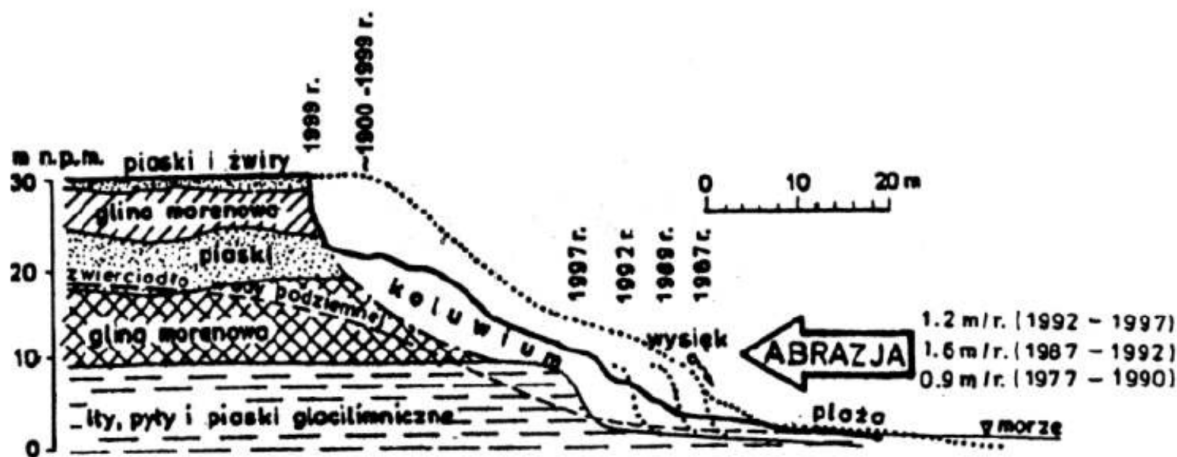
Złodowacenia Warty: 1 – gliny zwałowe szare; Złodowacenia Wisły: 2 – gliny zwałowe żółto-brązowe, 3 – piaski fluwialne, 4 – utwory glacialimiczne (ropy i piaski), 5 – piaski wodnolodowcowe, 6 – gliny zwałowe szare, 7 – piaski i żwiry wodnolodowcowe, 8 – gliny zwałowe brązowe, 9 – ropy i ropy pylaste, 10 – piaski pylaste i gliniaste, 11 – holocenijskie piaski wydymowe.

Rys. 6. Podłużny przekrój geologiczny klifu w Jastrzębiej Górze [6,14]



Rys. 7. Lito- i geodynamika brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze (blokdiagram), [10]

Szczególną rolę w rozwoju zjawisk osuwiskowych odgrywają ropy, które występują zwłaszcza w centralnej i zachodniej części brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze. Na podstawie wykonanych wierzeń badawczych na km 134 + 200 stwierdzono, że strop ilów ma rzędność około 10 m n.p.m. Przed rozpoczęciem prac zabezpieczających ropy odsłaniały się w progu abrazyjnym u podłoża klifu (rys. 8), [11].



Rys. 8. Przekrój geodynamiczny klifu w centralnej partii brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze (km 134 + 200), [11]

Powyżej występują dwa poziomy glin morenowych (zwałowych) i przedzielające je piaski międzymorenowe. Miąższość tego pakietu utworów gliniasto – piaszczystych wynosi około 20 m. Wśród piasków występuje swobodne zwierciadło wody podziemnej, która ujawnia się na powierzchni klifu w formie wysięków. Podobna budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne występują około 150 m na zachód na wysokości ośrodka wypoczynkowego „Bałtyk”.

Jak wynika z podłużnego przekroju geologicznego klifu w Jastrzębiej Górze, opracowanego na podstawie opisu geologicznego odsłoniętych warstw na powierzchni klifu i obserwacji wysięków wody podziemnej (rys. 6) [11, 14], dolna warstwa gliny morenowej tu zanika, a wyżej występujący wodonosiec kontaktuje się ze stropem iłów. Taki układ sprzyja powstaniu osuwisk, albowiem powierzchnia poślizgu rozwija się na iłach. To podłoże ilaste odgrywa tutaj szczególną rolę zwłaszcza, że jak wspomniano ma ono pośredni i bezpośredni kontakt z wyżej występującym wodonosiem. Glacialimiczne utwory ilaste są zróżnicowane litologicznie. Charakteryzują je liczne przewarstwienia pylaste i piaszczyste. W pakiecie tych utworów dominują iły, najczęściej warwopodobne, to znaczy takie, w których występują liczne laminacje pylaste. Ta niejednorodność w wykształceniu podłoża ilastego, w powyższych uwarunkowaniach, sprzyja jego nawodnieniu. Stąd poślizg występuje na stropie lub na wewnątrz ilastych utworów glacialimicznych. Powierzchnia poślizgu zainicjowana w podłożu ilastym progresywnie rozwija się ku górze, obejmuje cały około 20. metrowy pakiet utworów gliniasto – piaszczystych i sięga do powierzchni korony klifu, [9]. W konsekwencji powstaje rotacyjne przemieszczenie wspomnianego pakietu gruntowego w dół zbocza klifowego. Przemieszczony materiał gruntowy (tzw. koluwium) jest następnie abradowany i odprowadzony do morza. Ponownie odsłonięty próg abrazyjny z macierzystym podłożem ilastym, cofa się w głąb zbocza. To sprzyja inicjacji kolejnego osuwiska, [11], (rys. 8).

W celu przestrzennego zobrazowania warunków geodynamicznych i litodynamicznych występujących w centralnej i zachodniej części brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, przedstawiono blokdiagram obejmujący całą strefę brzegową, a mianowicie: klif, plażę i podbrzeże z rozwiniętymi rewanami (rys. 7), [10].

3. Próby zabezpieczenia brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze

W latach 1994–1997 u podnóża klifu na całym odcinku brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze (km 133 + 500 – km 134 + 600), wykonano konstrukcję oporową o charakterze opaski brzegowej składającą się z gabionów [11], (rys. 9, 10).

Wykonana konstrukcja gabionowa była i jest narażona na bezpośrednie oddziaływanie morza, stąd po kilku latach zaobserwowano zniszczenie gabionów. Jest to permanentny stan awaryjny tego rodzaju zabezpieczenia, zarówno przed abrazją ze strony morza, jak i osuwiskami powstającymi ze strony lądu [5, 11], (rys. 9, 10).



Rys. 9. Zniszczone gabiony w rejonie ośrodka wypoczynkowego „Bałtyk”
(fot. W. Subotowicz 13.02.2009 r.)



Rys. 10. Gabiony reperowane za pomocą prętów zbrojeniowych w rejonie „Horyzontu”
(Fot. W. Subotowicz 13.02.2009 r.)

W pierwszej kolejności zbudowano ją na wschodnim fragmencie o długości 200 m, gdzie znajduje się częściowo zniszczony ośrodek wypoczynkowy „Horyzont”, (rys. 11).



Rys. 11. Prace zabezpieczające klif za pomocą gruntu zbrojonego w rejonie ośrodka wypoczynkowego „Horyzont” (Fot. W. Subotowicz, 13.02.2009 r.)



Rys. 12. Koluwium aktywnego klifu spełzło po gabionach do podnóża klifu
(Fot. W. Subotowicz, 2.09.1998 r.)

Zagrożenie osuwiskowe powstało też w rejonie ośrodka wypoczynkowego „Bałtyk” na zachodnim fragmencie brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze (rys. 12, 13,14).



Rys. 13. Aktywny klif zagraża rejonowi ośrodka wypoczynkowego „Bałtyk”
(Fot. W. Subotowicz, 2.09.1998 r.)



Rys. 14. Zniszczone gabiony opaski brzegowej w rejonie „Bałtyku” (Fot. W. Subotowicz, 2.09.1998 r.)



Rys. 15. Klif w rejonie „Bałtyku”. Prace zabezpieczające za pomocą gruntu zbrojonego
(Fot. W. Subotowicz, 15.08.2000 r.)

W 2000 r. ten fragment klifu (rejon ośrodka „Bałtyk”) o długości 200 m zabezpieczono za pomocą gruntu zbrojonego [19], (rys. 15, 16, 17). Projektanci przyjęli, zdaniem autorów artykułu, niewłaściwe założenie – a mianowicie, że wykonana przed laty u podnóża klifu konstrukcja z gabionów, stanowi trwałe zabezpieczenie przed abrazyjną działalnością morza. Fakt pominięcia lub zbagatelizowania (pomniejszenia znaczenia) dynamicznego oddziaływania morza, stanowi tutaj znaczący element w analizie stateczności klifu.



Rys. 16. Zabezpieczony klif w rejonie „Bałtyku” za pomocą gruntu zbrojonego. U podnóża opaska brzegowa z gabionów (Fot. W. Subotowicz, 26.05.2001 r.)



Rys. 17. Zabezpieczony klif w rejonie „Bałtyku”. Od strony wschodniej towarzyszy mu klif aktywny (Fot. Polibeton Warszawa)

Na pozostałych fragmentach kilometrowego odcinka brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, zbocze klifowe zostało wyrównane i zagospodarowane biotechnicznie. Ponadto wykonano podziemny drenaż skarpowy z wcinkami drenażowymi [15, 16].

W 2009 i 2014 r. zauważono uaktywnienie się zabezpieczonego w ten sposób zbocza klifowego, co wskazuje na niesprawność tego drenażu (rys. 18).



Rys. 18. Zniszczone zabezpieczenie biotechniczne centralnego fragmentu zbocza klifowego. Widoczna siatka wzmacniająca (Fot. W. Subotowicz, 13.02.2009 r.)

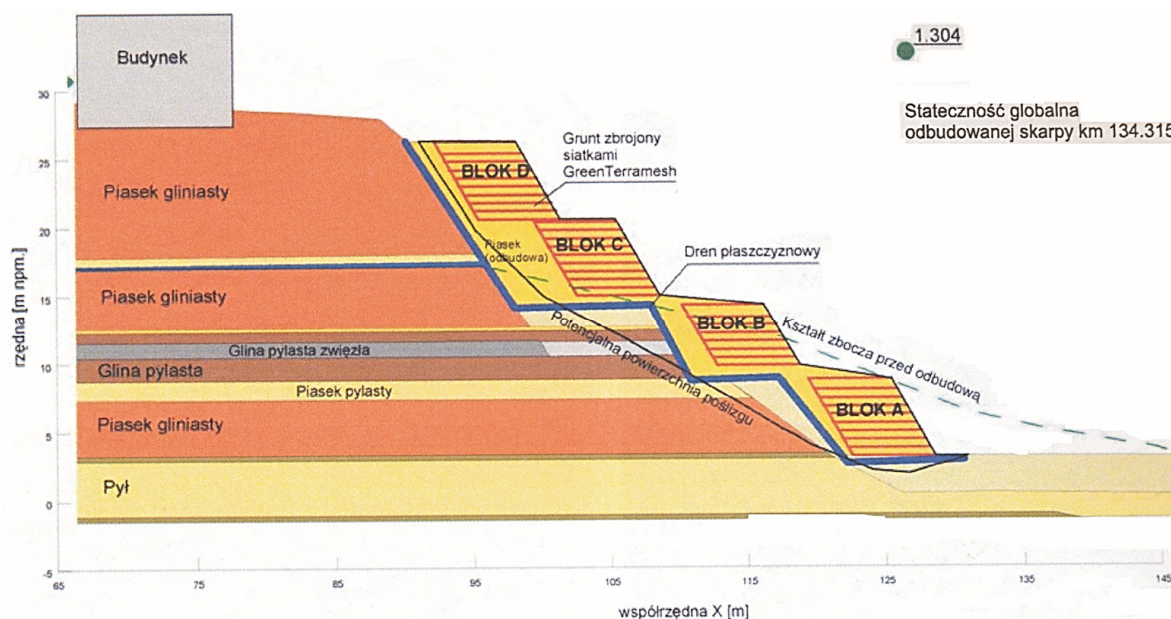
Zabezpieczenie kilometrowego odcinka podnóża klifu w Jastrzębiej Górze za pomocą gabionów nie jest trwałym sposobem ochrony brzegu klifowego przed abrazją. Ponadto zabezpieczenie wybranych fragmentów klifu w rejonach „Horyzontu” i „Bałtyku” oraz częściowe zagospodarowanie biotechniczne i niesprawność drenażu skarpowego na pozostałych fragmentach brzegu, nie rozwiązuje ogólnie problemu zabezpieczenia brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze. Zagadnienie wymaga innego – kompleksowego rozwiązania.

4. Szczegóły awarii budowlanej na zabezpieczonym fragmencie brzegu klifowego w rejonie ośrodka wypoczynkowego "Bałtyk"

Jak już wcześniej podano – w latach 1994–1997 w rejonie „Bałtyku” i na całym kilometrowym odcinku brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, u podnóża klifu wybudowano konstrukcję oporową z gabionów. Niestety w warunkach abrazyjnego charakteru morza i dużej aktywności osuwiskowej klifu, jej trwałość jest mała. Podczas wezbrań sztormowych i podczas osuwisk powstających w klifie gabiony są niszczone. W szczególności zaobserwowano to zjawisko w 1998 r. w rejonie „Bałtyku”. Aktywność osuwiskowa była tak duża, że koluwium nie tylko spłynęło po gabionach, ale je zniszczyło (rys. 5).

W związku z powstałym zagrożeniem ze strony osuwisk, w 2000 r. przystąpiono do budowy zabezpieczenia klifu na długości 200 m metodą gruntu zbrojonego [12], (rys. 19).

Zabezpieczenie to polegało na odbudowie klifu za pomocą sztucznie zagęszczonego piasku średniego i grubego z zastosowaniem siatek zbrojonych. Przewidziano również drenaż wód podziemnych. Drenaż stanowiła warstwa filtrująca o grubości 1 m z kamienia łamanego w obustronnej otulinie z geowłókniny na kontakcie podłoża rodzimego klifu z gruntem zbrojonym. Ten, tak zwany przez autorów projektu, drenaż płaszczyznowy, usytuowano od korony klifu do jego podnóża. Dodatkowymi elementami tego drenażu są wcinki drenażowe skierowane prostopadłe do opaski gabionowej, wykonane w rozstawie 10 m i zbudowane z kamienia łamanego w otulinie z geowłókniny o szerokości 0,5 m.



Rys. 19. Schemat zabezpieczenia klifu metodą gruntu zbrojonego w rejonie „Bałtyk” w Jastrzębiej Górze [12]

Autorzy wspomnianego rozwiązania technicznego zapewniali trwałość sztucznie odtworzonego klifu odpowiadającą minimalnemu współczynnikowi stateczności $F_{min} = 1,3$ [12]. Ponadto, autorzy projektu zabezpieczenia klifu założyli, że znajdująca się u podnóża klifu opaska z gabionów – cyt. „(...) wyeliminowała całkowicie zjawisko abrazyj (...)”, [12]. Wobec wcześniej udokumentowanej nietrwałości tego rodzaju opaski w warunkach stałej tendencji abrazyjnej brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, los wykonanego zabezpieczenia na wysokości „Bałtyku” w perspektywie wielolecia jest niepewny, czy wręcz skazany na niepowodzenie!

Niestety już w 2010 r. wykonana konstrukcja uległa awarii [13], (rys. 20).



Rys. 20. Zdeformowana konstrukcja z gruntu zbrojonego zabezpieczająca klif w rejonie „Bałtyku” u podnóża zdeformowana opaska brzegowa z gabionów (Fot. Z. Sikora, 2014 r.)

Konstrukcja z gruntu zbrojonego przemieściła się zarówno w pionie, jak i w poziomie, a według naziemnych pomiarów wykonanych na początku 2011 r., przemieszczenie sztucznego zbocza klifowego wyniosło około 1 m ku morzu. Równocześnie konstrukcja gruntowa osiadła o 1 m, [13].

W tej chwili trudno o dokładną ocenę przyczyny awarii, tym niemniej z dużą dozą pewności można przypuszczać, że została ona spowodowana złym ujęciem i odprowadzeniem wód podziemnych. Niezdrenowana, zgodnie z projektem, woda zaczęła wypełniać przestrzeń sztucznie uformowanego klifu. Nastąpiło obniżenie parametrów wytrzymałościowych gruntu zbrojonego i zachwianie jego stateczności. W konsekwencji nastąpiło jego odkształcenie.

Nie należy wykluczyć też współdziału naturalnego podłoża klifowego, które w tym rejonie charakteryzuje się szczególnie niekorzystnymi predyspozycjami osuwiskowymi. Nagromadzona i nieodprowadzona dokładnie woda podziemna mogła je spotęgować.

Ponadto należy dodać, że brak odpowiedniej szaty roślinnej na powierzchni sztucznego zbocza klifowego, którą przewidywano w projekcie, mogło być dodatkowym impulsem do zniszczenia konstrukcji. Chodzi o infiltrację wody powierzchniowej w głąb gruntu konstrukcji zbrojonej.

Taki stan brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, stan permanentnie awaryjny, trwa do dzisiaj. Należy tu wspomnieć, że już w 2009 r. biuro projektów „Aquaprojekt” w Gdańsku opracowało koncepcję kompleksowego zabezpieczenia brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze [17], podobnie jak przedstawili to Massalski i Subotowicz w 1992 r., [19]. Projekt dotyczył opaski brzegowej w formie architektonicznej, jako bulwaru spacerowego i zaprojektowania jednolitego systemu drenażowego na całym kilometrowym odcinku klifu, ujmującego wysięki wód podziemnych i spływ wód powierzchniowych. Przewidziano także wykonanie niezbędnej konstrukcji przeciwstawiającej się istniejącym i potencjalnym zjawiskom osuwiskowym.

5. Podsumowanie

Poprawnie wykonana konstrukcja budowlana powinna przetrwać wiele dziesiątków lat, chyba, że wystąpią nadzwyczajne zaburzenia środowiska naturalnego, np. trzęsienie ziemi, tsunami, silna wichura lub sztuczne zniszczenie podczas wybuchu, pożaru, itp. Niestety zdarzają się też awarie budowlane będące konsekwencją złego projektu lub złego wykonawstwa. Każdy obiekt budowlany, współpracujący z podłożem gruntowym, powinien uwzględnić wcześniejszą ocenę geotechniczną, a w szczególności nie powinien powodować przekroczenia naprężeń dopuszczalnych dla danego podłoża.

Gorzej jest, kiedy obiekt posadowiono na podłożu gruntowym, w którym dodatkowo mogą wystąpić procesy zagrażające jego stateczności. W przypadku niniejszych rozważań chodzi tu

głównie o procesy osuwiskowe. Wymagają one przeprowadzenia dokładnych i wszechstronnych badań geotechnicznych. W procesach osuwiskowych woda podziemna i powierzchniowa jest główną przyczyną tych zjawisk. Stąd należy zwrócić szczególną uwagę na jej obecność podczas wykonywanych wierceń badawczych, aby móc udokumentować obecność poziomów wodonośnych w podłożu gruntowym klifu. Należy dokładnie zlokalizować wypływ wody podziemnej w formie sączeń na zboczu klifowym. Przy tym należy przypomnieć, że klif w Jastrzębiej Górze, w centralnej i zachodniej części, jest zbudowany m.in. z ilów warwopodobnych, które w obecności wody są podatne na zjawiska osuwiskowe.

Deformacja konstrukcji zabezpieczającej klif w rejonie „Bałtyku”, której podstawowym elementem jest grunt zbrojony, powstała w 2010 r. W celu szczegółowego rozpoznania przyczyn powstałego zjawiska, należałoby wykonać dokładne badania. Tym niemniej, już teraz z dużym prawdopodobieństwem można przypuszczać, że podstawowy element konstrukcji zabezpieczającej, a mianowicie drenaż nie jest sprawny. Woda która nie została właściwie ujęta i odprowadzona, spowodowała uaktywnienie sztucznie uformowanego klifu z gruntu zbrojonego. Być może w tym uaktywnieniu bierze też udział podłoże macierzyste klifu, a to może być zapowiedzią dalszych odkształceń osuwiskowych obejmujących głębsze partie klifu łącznie z jego zapleczem.

Autorzy projektu zabezpieczenia klifu w rejonie „Bałtyku”, które uległo awarii, przyjęli założenie, że abrazyjny – cyt. „(...) czynnik niszczenia klifu został praktycznie wyeliminowany dzięki wykonaniu opaski brzegowej z gabionów (...)”, [12]. Z takim założeniem przy tak poważnej inwestycji nie można się zgodzić, albowiem opaska brzegowa zbudowana z gabionów w warunkach niszczącej abrazyjnej działalności morza, nie jest właściwą konstrukcją zabezpieczającą brzeg klifowy, co wcześniej udokumentowano.

Permanentny remont zniszczonych gabionów świadczy o nieskuteczności tej metody w warunkach morskiej abrazji. W konsekwencji może nastąpić całkowite zniszczenie opaski gabionowej i narażenie konstrukcji zabezpieczającej klif na jej dodatkowe niszczenie ze strony morza. Taki stan łącznie z uaktywnionymi zjawiskami osuwiskowymi na naturalnym klifie, może spowodować mega-awarię nie tylko konstrukcji zabezpieczającej klif, ale i zniszczenie obiektów budowlanych zlokalizowanych na zapleczu klifu.

Jedynym rozwiązaniem jakie może zapobiec powyższej katastrofie w rejonie „Bałtyku”, ale i na pozostałych fragmentach brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, jest pilna potrzeba zabezpieczenia całej strefy brzegowej zgodnie z projektami obejmującymi klif, plażę i podbrzeże na kilometrowym odcinku od km 133 + 500 do km 134 + 600. Taka propozycja była kilkakrotnie przedstawiona Urzędowi Morskiemu w Gdyni, a mianowicie w 1992 r. [18], w 2009 r. [17] i 2014 r. [19], niestety bez właściwego zainteresowania!

Dzisiaj zespoły geologiczno-geotechniczne, zarówno z obszaru województwa pomorskiego, jak i z terenów sąsiednich, często są zmuszane do tłumaczenia (choćby turystom) dlaczego ta awaria budowlana na brzegu klifowym w Jastrzębiej Górze wciąż jest widoczna. Rozwiązanie tego problemu powinno nastąpić niezwłocznie! Odpowiednie urzędy powinny czuć się zobowiązane do naprawienia szkód i kompleksowego potraktowania problemu; jedno jest pewne: obecna wiedza z zakresu geotechniki i inżynierii jest w stanie poradzić sobie z tym problemem. Z drugiej strony pozostawienie obecnego stanu rzeczy przez dłuższy czas jest zagrożeniem życia ludzkiego.

Należy podkreślić, że każde przedsięwzięcie inwestycyjne zlokalizowane na brzegu morskim, a zwłaszcza na brzegu klifowym, musi być dokładnie udokumentowane pod względem geologiczno-inżynierskim, [20]. Przy tym nie tylko chodzi o ocenę nośności podłoża gruntowego i wskazanie na niekorzystne zjawiska osuwiskowe, ale również o ocenę procesów brzegowych i zwrócenie uwagi na niszczącą – abrazyjną działalność ze strony morza.

Literatura

1. Cieślak A., Subotowicz W. Raport o stanie wiedzy o brzegu morskim w Polsce i jego ochronie, *Inżynieria Morska*, nr 2/1987.
2. Sikora Z. Pismo do Urzędu Morskiego w Gdyni w sprawie zakresu badań i projektu ochrony brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2014.
3. Subotowicz W. Ochrona brzegu klifowego na odcinku Jastrzębia Góra-Rozewie, *Inżynieria Morska i Geotechnika*, nr 4/1991.
4. Bielski R., Gwizdała K., Subotowicz W., Świniański J., Żółtowski M. Ekspertyza dotycząca stateczności klifu i osuwiska w rejonie Ośrodka Rehabilitacyjno-Wczasowego "Horyzont" w Jastrzębiej Górze, Przedsiębiorstwo "Geomor" w Sopocie, 1988.
5. Subotowicz W. Osuwiska w rejonie byłego ośrodka wypoczynkowego "Horyzont", a problematyka ochrony brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, *Inżynieria Morska i Geotechnika*, nr 1/2003.
6. Czarnecki J., Subotowicz W. Geneza osuwisk klifu w Jastrzębiej Górze, *Inżynieria Morska i Geotechnika*, nr 5/1994.
7. Massalski W., Subotowicz W. Koncepcja ochrony brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, Gdańsk, 1992.
8. Subotowicz W. Litodynamika brzegów klifowych wybrzeża polski, Ossolineum, 1982.
9. Hutchinson J., Chandler M., Bromhead E. Cliff recession on the Isla of Wight SW coast, *Proceedings of the Tenth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering vol. 1*, Stockholm, 1981.
10. Subotowicz W. Badania brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, *Technika i Gospodarka Morska*, nr 7/1989.
11. Subotowicz W. Badania geodynamiczne klifów w Polsce i problem zabezpieczenia brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, *Inżynieria Morska*, nr 5/2000.
12. Inerowicz M., Juskiewicz B., Werno M. Odbudowa odcinka klifu w Jastrzębiej Górze, Konferencja Naukowo-Techniczna z okazji 50-lecia Instytutu Morskiego, Gdańsk, 2000.
13. Kramarska R., Fridel J., Jegielski W. Zastosowanie metody naziemnego skaningu laserowego do oceny geotechniki wybrzeża na przykładzie klifu w Jastrzębiej Górze, *Biuletyn PIG 446*, 2011.
14. Dembicki E., Sobociński G., Subotowicz W., Czarnecki J. Przestrzenny rozkład właściwości koluwium klifowego w Jastrzębiej Górze, *Inżynieria Morska i Geotechnika*, nr 5/1998.
15. Unczur L. Projekt budowlany – wykonawczy stabilizacji zbocza klifu na odc. brzegu morskiego km 133,600–134,271 od DW "Bałtyk" do dawnego DW "Horyzont" w Jastrzębiej Górze. Zadanie 1 km 134,232–134,271. IEW, Inżynieria i Energetyka Wodna, Rumia, 2005.
16. Unczur L. Projekt budowlany – wykonawczy stabilizacji zbocza klifu na odc. brzegu morskiego km 133,600–134,271 od DW "Bałtyk" do dawnego DW "Horyzont" w Jastrzębiej Górze. Zadanie 2 km 133,800–134,232. IEW, Inżynieria i Energetyka Wodna, Rumia, 2005.
17. Mioduszewski K., Mioduszewski T., Subotowicz W., Zalewska B. Koncepcja zabezpieczenia brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, Aquaprojekt, Gdańsk, 2009.
18. Massalski W., Subotowicz W. Koncepcja ochrony brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, Gdańsk, 1992.
19. Sikora Z. Pismo do Urzędu Morskiego w Gdyni w sprawie zakresu badań i projektu ochrony brzegu klifowego w Jastrzębiej Górze, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2014.
20. Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskich warunków posadowienia obiektów budownictwa morskiego i zabudowań brzegu morskiego, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 2009.

THE FAILURE STATE OF THE CLIFF SHORE IN JASTRZĘBIA GÓRA

Abstract: The article describes the current state of the cliff shore in Jastrzębia Góra, with particular emphasis on geodynamic processes and the impact of the geological structure of the cliff's subsoil on abrasion speed. The cause of the failure on the shore in Jastrzębia Góra is also described and details of seashore reinforcement near the resort "Baltic" is presented as well. In conclusion, the authors indicate the priorities of action in order to prevent the propagation of cliff failure which may cause mega-scale damage threatening to the building located at the back of the cliff.

Keywords: the cliff shore, abrasion, gabions, reinforced soil, slope drainage.