

Remont i odbudowa umocnienia brzegowego w Gdyni – Oksywiu

Mgr inż. Jerzy Drażkiewicz, mgr inż. Martyna Golan
„PROJMORS” Biuro Projektów Budownictwa Morskiego, Sp. z o.o. w Gdańsku

Oddziaływanie morza w postaci falowania, erozji w efekcie swojej działalności jest być może efektowne w sensie rzeźbienia krajobrazu, ale niestety destrukcyjne w sensie stabilności brzegu. Przykładem jest przedstawiony poniżej brzeg klifowy w rejonie Gdyni – Oksywia.

Malowniczy krajobraz od strony morza jest bardzo atrakcyjny. Od strony lądu naziem klifu często jest już wykorzystywany, jeśli nie w celu posadowienia budynków mieszkalnych, to jako place rekreacyjne lub drogi osiedlowe. Zatem teren ten jest wykorzystywany przez ludzi. Stąd też często musi być chroniony.

Urząd Morski w Gdyni jako administrator (w imieniu Skarbu Państwa) akwenu morza oraz pasa technicznego w tym brzegu podjął działania zabezpieczające omawiany brzeg przed oddziaływaniem morza. Prace zrealizowano przy współfinansowaniu przez Unię Europejską ze środków Funduszu Spójności w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko.

STAN ISTNIEJĄCEGO BRZEGU

Zabezpieczenie obejmowało odcinek brzegu (km 89,000 ÷ 90,700) Zatoki Puckiej biegnący od Portu Wojennego Gdynia na północ w kierunku Osady Rybackiej usytuowanej na granicy gdyńskich dzielnic Oksywiu i Babich Dołów. Teren przyległy do omawianego odcinka brzegu stanowi fragment Kępy Oksywskiej – rozległej, lekko pofalowanej wysoczyzny morenowej ze stromym 30 ÷ 40-metrowym klifem. Brzegi klifowe są brzegami abrazyjnymi, to znaczy, że przed wiekami dawna linia brzegowa w rejonie Gdyni Oksywiu była bardziej wysunięta w morze w stosunku do jej obecnego położenia. Aktualne położenie znacznego odcinka podnóża klifu jest utrzymywane sztucznie przez umocnienia brzegowe. Wzdłuż brzegu występują osuwiska w skarpie klifu. Szerokość plaży na przeważającym odcinku brzegu jest niewielka i wynosi od 0 do 30 m.

Lokalizację omawianego odcinka brzegu pokazano na planie orientacyjnym (rys. 1).

Topografia

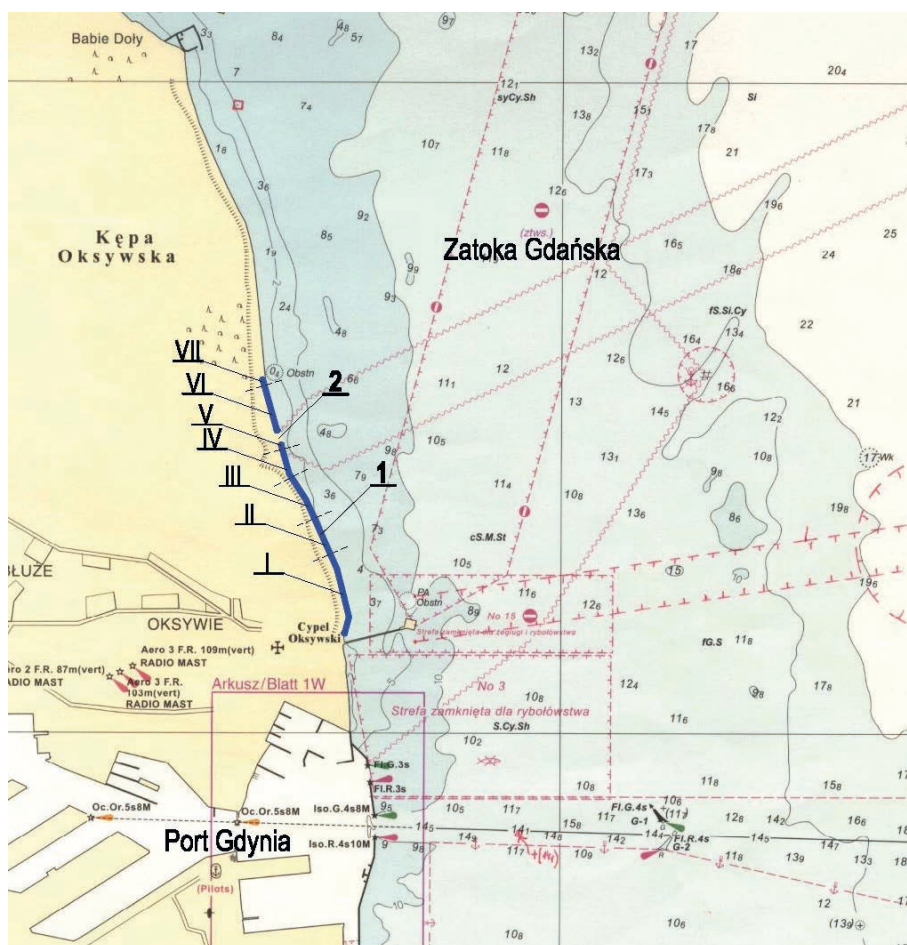
Klif Kępy Oksywskiej rozciąga się od km 88,5 w rejonie Portu Wojennego w Gdyni Oksywiu do km 96,4 w rejonie Mechelinek na odcinku długości 7,9 km.

Grzbiet Kępy Oksywskiej jest równinny (lekko sfałdowany), stąd górna krawędź klifu jest mało urozmaicona. Wysokość brzegu waha się od 30 do 40 m n.p.m. Zbocza przecinają liczne jary. Dwa z nich o dłuższych dolinach noszą nazwy Babiego Dołu i Wąwozu Ostrowskiego.

Średnie nachylenia stoku klifu wynoszą od 40° w części ustabilizowanej (martwej) do 45 ÷ 48° w części aktywnej. Maksymalne nachylenie fragmentów stoku w części obrywowej dochodzi do 61°. Plaża ma szerokość od 7 do 13 m, a jej rzędna u podnóża klifu od +0,5 do +1,3 m. Spadki terenu na koronie klifu są minimalne i są skierowane w różnych kierunkach.

Konstrukcja i stan istniejących budowli ochrony brzegu

Pierwsze budowle ochronne wykonano około 1905 roku. Usytuowano je na najbardziej wysuniętym na wschód (wypukłym) odcinku brzegu, począwszy od Portu Wojennego w kierunku na północ (km 89,07 ÷ 89,63). Było to 13 ostróg



Rys. 1. Fragment mapy morskiej z lokalizacją budowli ochraniających brzeg morski
1 – odcinek brzegu objęty umocnieniem; 2 – lokalizacja przystani rybackiej
I – VII – odcinki konstrukcji zabezpieczającej brzeg

palisadowych podwójnych oraz opaska kamienno-betonowa. Po II wojnie światowej opaskę tę wielokrotnie remontowano i przedłużano. Budowlę ochrony brzegu systematycznie rozbudowywano w kierunku północnym poza silnie niszczone w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku Osadę Rybacką (km 90,42 ÷ 90,47). Łączna długość umocnionego odcinka wynosi 1810 m, a umocnienia (na ogół w złym stanie technicznym) składały się z różnych rodzajów konstrukcji.

Na długości odcinka brzegu objętego przebudową w km 89,100 ÷ 90,700 wyodrębniono siedem charakterystycznych odcinków. Długości poszczególnych odcinków ochraniających istniejący brzeg były różne (długości tak różne jak zróżnicowane były budowle ochronne):

- odcinek I – $L = 620$ m,
- odcinek II – $L = 250$ m,
- odcinek III – $L = 290$ m,
- odcinek IV – $L = 180$ m,
- odcinek V – $L = 60$ m,
- odcinek VI – $L = 50$ m,
- odcinek VII – $L = 200$ m,

Spośród wymienionych na pięciu było umocnienie brzegu przy wykorzystaniu różnych konstrukcji (I, III, IV, V i VII), a na dwóch budowle ochronne nie występowały (II i VI).

Szczegółowy opis umocnienia istniejącego brzegu byłby nazbyt wyczerpujący i nie wnoszący obecnie nowych wartości, stąd tylko opis charakterystycznej części brzegu.

Konstrukcja ochrony brzegu na odcinku I o długości 620m

Budowla ochronna na odcinku I (rys. 6) jest najstarszą konstrukcją chroniącą Klif Oksywski z około 1905 roku, przebudowywaną w 1955 roku, biegnącą od Portu Wojennego (po-

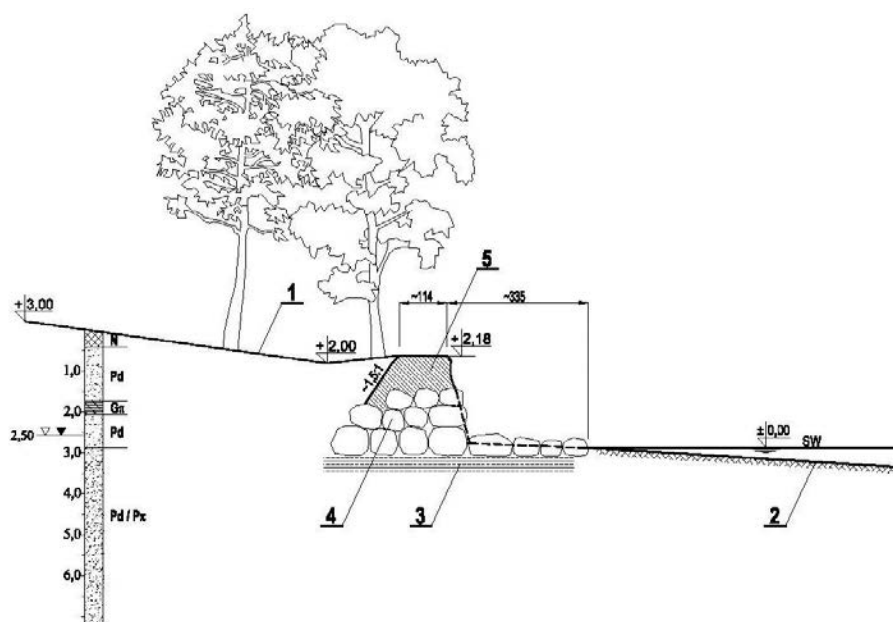
mostu prowadzącego do torpedowni) przez 620 m u podstawy zalesionego zbocza klifu do pozostałości drewnianego pomostu kolejowego. Na podkładzie faszynowym o grubości 50 cm i szerokości 6,0 m ułożono wał w kształcie trapezu z kamienia polnego o różnej średnicy. W górnej części umocnienia znajduje się czapa betonowa o wysokości 110 ÷ 120 cm i szerokości 130 cm w podstawie. Czapę betonową zdylatowano co 2,0 m. Jedynie kilkadziesiąt ostatnich bloków betonowych czapy jest zbrojonych prętami stalowymi $\phi 8 \div 12$ mm. Od strony lądu zaplecze tworzy zasyp do rzędnej korony umocnienia.

Na omawianym odcinku występowało także 11 dwurzędowych ostróg palisadowych o długości 40 m wypełnionych kamieniami na faszynie. Odstęp między ostrogami wynosi średnio około 50 m. Rozstaw rzędów pali w ostrodze 1,5 m, średnica pali „dużych” 20 ÷ 25 cm (pale „małe” o średnicy około 10 cm wbite tylko przy brzegu do około 1/40 długości całej ostrogi); światło między palami w rzędzie 30 ÷ 45 cm. Średnica kamienia wypełniającego 0,5 ÷ 1,2 m.

Widoczne były uszkodzenia betonowego oczepu od rys i pęknięć głównie na większości dylatacji, do głębokich rozległych ubytków obejmujących kilka sekcji szerokości 1,0 m z rzędu. Na ostatnich około 76 mb w kierunku północnym konstrukcja oczepu była silnie zniszczona – widoczne zbrojenie i zdeformowana oraz odspojona od korpusu z kamienia. Poszczególne sekcje oczepu były zapadnięte oraz przesunięte względem siebie i osi konstrukcji.

Narzut kamienny na przeważającej długości istniejącej konstrukcji bez większych braków, jedynie na odcinku długości około 5 m stwierdzono ubytek kamienia. W km 89,460 znajdował się przepust $\sim \phi 100$ mm – prawdopodobnie nieczynny, pozostałość dawnego odwodnienia pod torami kolejki wąskotorowej (Oksywska Kolej Nadbrzeżna) z czasów II wojny światowej.

Spośród 11 zachowało się 9 dwurzędowych ostróg palisadowych wypełnionych kamieniami na faszynie. Były one jednak



Rys. 2. Budowla ochraniająca brzeg na odcinku I długości 620 m – stan istniejący
1 – istniejący teren, 2 – dno morza, 3 – materac faszynowy pod korpusem opaski brzegowej,
4 – przyma z kamieni $D = 30 \div 80$ cm, 5 – betonowy korpus o szerokości sekcji 1,0 m

mocno zniszczone, a ubytki pali w palisadach poszczególnych ostróg sięgały w 2001 roku od 2% do 90%.

Istniejący przekrój typowy konstrukcji obecnego zabezpieczenia brzegu na odcinku I pokazano na rys. 2.

Konstrukcja ochrony brzegu na odcinku III o długości 290 m

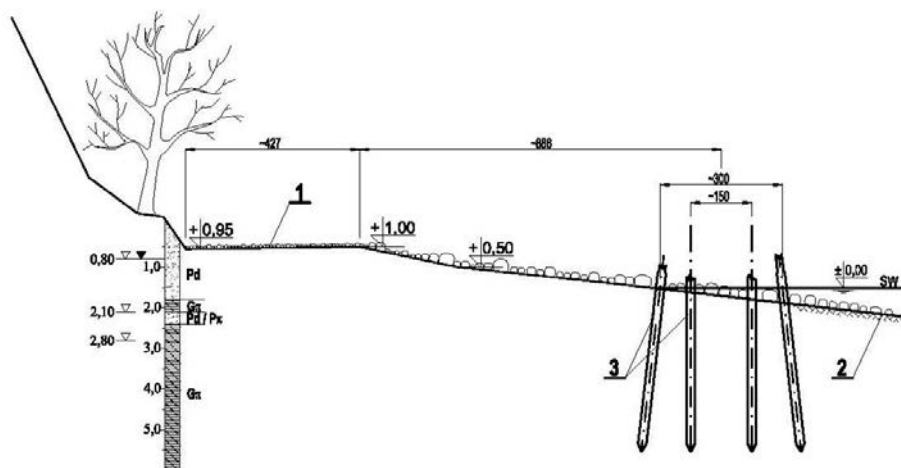
Zasadniczym elementem tego umocnienia była „szczelna” palisada z pali drewnianych o średnicy $\sim 25 \div 30$ cm; długość pali nie była znana. Przed palisadą od strony wody w pasie szerokości 4 m znajdował się narzut kamienny w nachyleniu $\sim 1:3$. Za palisadą od strony lądu także występował narzut kamienny przykryty od góry płytą betonową grubości $\sim 20 \div 30$ cm w pasie

szerokości $\sim 3 \div 5$ m, zdylatowany co $\sim 5,0$ m zalegający w nachyleniu $\sim 1:5$. Na płycie od strony lądu wykształcono krawężnik betonowy.

Na znacznej długości umocnienie było silnie zniszczone. Uszkodzenia obejmowały głównie płytę betonową zalegającą na narzucie z kamienia. Płyta w wielu miejscach była popękana i zapadnięta lub występował całkowity jej brak, odsłaniając narzut z kamienia. Palisada drewniana była silnie skorodowana i nieciągła.

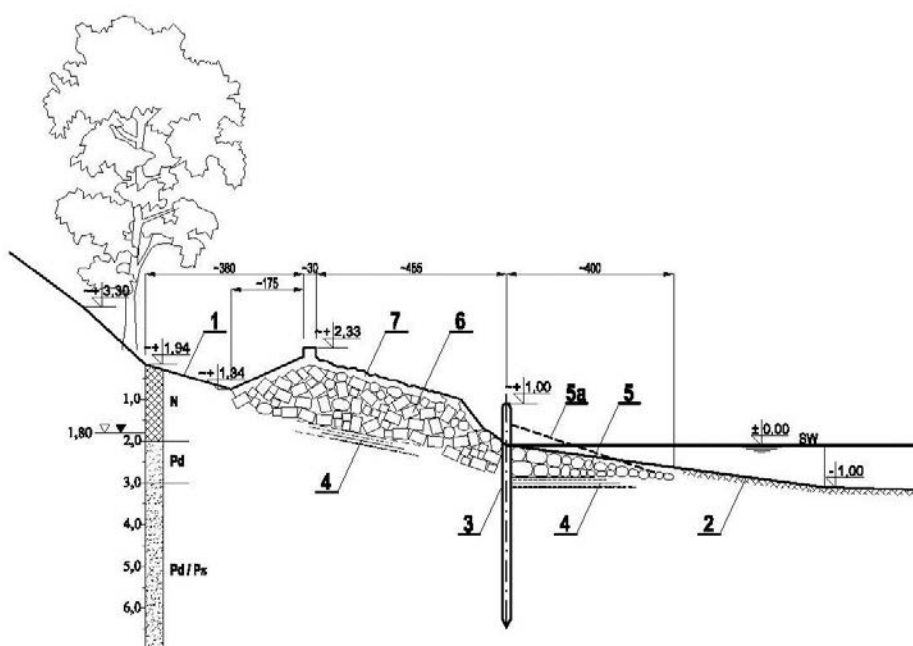
W km 90,030 znajdowały się dwa betonowe przepusty o średnicy 2×800 mm będące pozostałością dawnego odwodnienia pod torami kolejki wąskotorowej (Oksywska Kolej Nadbrzeżna) z czasów II wojny światowej dla wód opadowych spływających wąwozem; przepusty nieczynne – zasypane.

Istniejący przekrój typowy odcinka III pokazano na rys. 4.



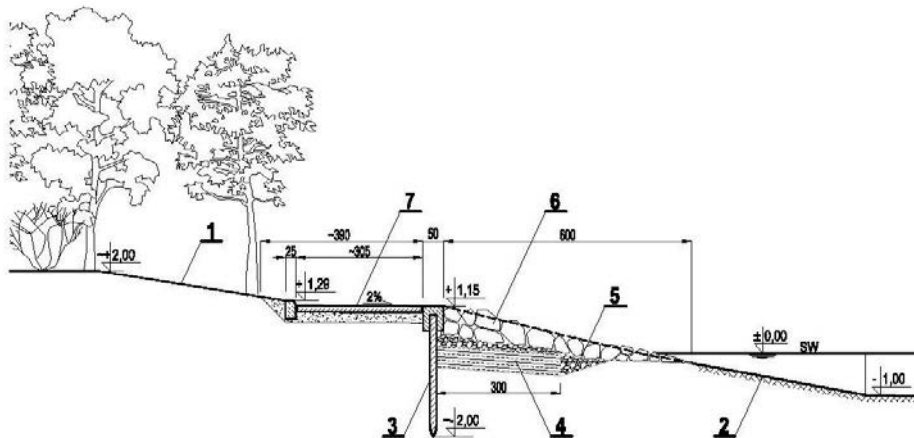
Rys. 3. Budowla ochraniająca brzeg na odcinku II długości 250 m – stan istniejący

1 – istniejąca plaża z kamieni o wielkości $D = 2 \div 15$ cm; 2 – dno morza; 3 – pozostałości drewnianego pomostu kolejki wąskotorowej – pale drewniane $\phi 20 \div 25$ cm



Rys. 4. Budowla ochraniająca brzeg na odcinku III długości 290 m – stan istniejący

1 – istniejący teren, 2 – dno morza, 3 – drewniana palisada z pali $\phi 20$ cm, 4 – materac faszynowy, 5 – narzut kamienny $D = 30 \div 60$ cm, 5a – zarys pierwotnej krawędzi narzutu, 6 – narzut z kamienia łamanego (rzadziej kamień polny), 7 – skorodowana płyta betonowa grubości $\sim 20 \div 30$ cm



Rys. 5. Budowla ochraniająca brzeg na odcinku VII długości 200 m – stan istniejący

1 – istniejący teren, 2 – dno morza, 3 – żelbetowa ścianka szczelna $0,16 \times 0,6$ m, długości 3,0 m; 4 – materac faszynowy $0,5 \times 4,0$ m; 5 – kamień $5 \div 50$ kg; 6 – narzut z kamienia łamanego $D = 40 \div 80$ cm; 7 – nawierzchnia z płyt typu IOMB o wymiarach $1,0 \times 0,7$ m



Rys. 6. Widok zabezpieczenia brzegu na odcinku I – stan istniejący



Rys. 8. Widok przystani rybackiej



Rys. 7. Zabezpieczenie brzegu na odcinku III – stan istniejący

Konstrukcje na innych odcinkach były w pewnym sensie podobne, choć nie takie same. Ich budowę pokazano na rysunku przedstawiającym budowlę na odcinku II o długości 250 m oraz na rysunku przedstawiającym budowlę na odcinku VII o długości 200 m.

W obrębie odcinka IV w istniejącym brzegu stosunkowo niedługi (około 40 m) odcinek pozostawał niezabudowany i nieumocniony. W tym miejscu znajdowała się czynna przystań rybacka (rys. 8). Ciekawostką jest fakt, że na wysokości przystani rybackiej na skarpie klifu pośród zalesionego stoku, ułożono tory o „wąskim” prześwicie, po którym kursuje wózek do przemieszczania ryb na ląd, tyle że położony znacznie wyżej niż zwierciadło morza, bo na koronie klifu.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Batymetria

Do głębokości 5 m dno jest płogie i zmienia się w sposób regularny. Izobaty przebiegają równolegle do linii brzegu, natomiast w końcowym odcinku około km 90 izobaty odchylają się od brzegu.

Nachylenie dna wynosi około 1:50. W odległości około 70 ÷ 100 m od brzegu w dnie występuje rewa, która charakteryzuje się dużą dynamiką zmian w profilu, jak i lokalizacji.

Wiatry

Rejon Gdyni charakteryzuje się na ogół korzystnymi warunkami hydrometeorologicznymi. Według tabeli klimatycznej dla Gdyni (Locja Bałtyku) średnia prędkość wiatru w poszczególnych miesiącach nie przekracza 6 m/s – 4°B (styczeń, luty, grudzień). W pozostałych okresach średnia prędkość wiatru wynosi od 4 do 5 m/s, co odpowiada od 2° do 3°B. Liczba dni w roku z wiatrem o sile 7°B (lub większej) wynosi zaledwie 9, co stanowi niecałe 2,5% w skali rocznej.

W rozkładzie kierunków wiatrów 50% stanowią wiatry południowo-zachodnie przez zachodnie do północno-zachodnich (z kierunku W – 20%, NW – 17% i SW – 13%, są to wiatry silne; około 75% wiatrów sztormowych wieje z tych kierunków). Pozostałe 50% to wiatry z pozostałych trzech kwadrantów, to jest od NW przez N, E, S aż do SW.

Ze względu na położenie Gdyni na zachodnim brzegu Zatoki Gdańskiej wiatry z kierunków SW – W – NW, mimo że są znacznie silniejsze niż z pozostałych kierunków, w omawianym akwenie nie powodują wysokiego falowania. Znacznie większe utrudnienie powodują wiatry z pozostałych trzech kwadrantów. Wschodnie i zbliżone do wschodnich wiatry sztormowe wywołują na przedpolu rejonu wysoką falę.

Stany wody

Charakterystyczne stany wody (cm) dla wodowskazu: Stacja Meteorologiczna IMGW Gdynia z okresu 1988-2007:

Najwyższy notowany poziom wody (WWW)	632	23.11.2004
Najwyższy poziom wody z przyjętego okresu (WW)	632	
Średni wysoki poziom wody (SWW)	599	
Średni poziom wody (SW)	510	
Średni niski poziom wody (SNW)	452	
Najniższy poziom wody z przyjętego okresu (NW)	432	
Najniższy notowany poziom wody (NNW)	411	04.11.1937
	415	04.11.1979

Prawdopodobieństwo (w czasie 50 lat – $p = 2\%$) występowania maksymalnych rocznych poziomów morza u południowych brzegów Bałtyku określono na poziomie 639 cm. Analogicznie prawdopodobieństwo występowania minimalnych rocznych po-

ziomów morza u południowych brzegów Bałtyku oznaczono na poziomie 406 cm.

Dynamika wahań poziomów wody w Zatoce Gdańskiej ma obecnie tendencję rosnącą. Stany wody powyżej 550 cm mogą pojawiać się średnio 3 ÷ 4 razy w roku, a stany powyżej 600 cm – średnio raz na dwa lata. Przeciętne spiętrzenie sztormowe powyżej 550 cm trwa 31 ÷ 32 godzin, zaś powyżej 580 cm około 9 godzin. Najdłuższe spiętrzenia sztormowe mogą trwać nawet kilkadziesiąt godzin.

Falowanie

W Zatoce Puckiej zdecydowanie przeważają małe fale występujące latem. W okresie jesieni i zimy, przy sztormowych wiatrach, występują fale duże i średnie. Małe fale występują przy wiatrach odlądowych, zaś przy wiatrach doładowych wzrasta częstość występowania fal dużych. Może wystąpić rozkołys przychodzący do brzegu z pełnego morza spowodowany wiatrami wiejącymi w odległych rejonach Bałtyku lub po znikającym falowaniu wiatrowym.

Falowanie wiatrowe dla różnych obszarów Zatoki Gdańskiej przedstawiono w opracowaniu A. Majewskiego pt. „Zatoka Gdańska”. W powyższej pracy przedstawiono mapy falowania, z których wynika, że najniekorzystniejszy dla Oksywiu jest wiatr z kierunku NE.

Parametry fali głębokowodnej dla wiatrów 25 m/s i 18 m/s oraz 20 m/s (obliczone poprzez interpolację) z kierunku NE i E przedstawiono w tabl. 1.

W celu porównania w tabl. 2. zestawiono parametry falowania wiatrowego głębokowodnego obliczone metodą spektralną Kryłowa przez Instytut Morski w Gdańsku:

Fale wywołane przez wiatr o prędkości od 18 do 25 m/s odpowiadają przeważnie sztormom jesienno-zimowym, jednakże jednorodny wiatr o prędkości 25 m/s powstaje kilkakrotnie w ciągu 20 lat. Dane z wielolecia pozwalają określić maksymalną prędkość wiatru jako nieznacznie przekraczającą 20 m/s. Do obliczeń przyjęto parametry wyższej fali głębokowodnej obliczonej metodą Kryłowa dla wiatru wiejącego z prędkością 20 m/s:

$$H_{sr} = 3,12 \text{ m}; \quad T_{sr} = 5,89 \text{ s};$$

Fala projektowa zależy głównie od charakteru budowli hydrotechnicznej – stopnia sztywności konstrukcji. Dla konstrukcji elastycznych (np. narzuty kamienne) wysokość fali

Tabl. 1. Parametry średnie fali głębokowodnej według „Zatoka Gdańska” – Instytut Meteorologii i Gospodarki Morskiej, Warszawa 1990 rok

Kierunek wiatru	Prędkość wiatru V [m/s]	Wysokość fali średniej H_{sr} [m]	Średni okres fali T_{sr} [s]	Wysokość fali znacznej H_s [m]
NE	25	2,5	6,0	4,0
	20	1,8	5,6	2,9
	18	1,5	5,5	2,4
E	25	2,0	6,0	3,2
	20	1,4	5,3	2,2
	18	1,2	5,0	1,9

Tabl. 2. Parametry średnie fali głębokowodnej według „Zatoka Gdańska” – A. Majewski, Instytut Meteorologii i Gospodarki Morskiej, Warszawa 1990 rok

Kierunek wiatru	Prędkość wiatru V [m/s]	Wysokość fali średniej H_{sr} [m]	Średni okres fali T_{sr} [s]	Wysokość fali znacznej H_s [m]	Długość fali L [m]
NE	20	1,63	5,26	2,61	43
E	20	1,95	5,89	3,12	54

projektowej zawarta jest pomiędzy wysokością fali znacznej H_s (średniej z 1/3 najwyższych fal spośród wszystkich fal w sztormie projektowym) a wysokością H_5 (średniej z 5% najwyższych fal w sztormie projektowym). Dla konstrukcji sztywnych (np. pionowościennych głowice falochronów) wysokość fali projektowej odpowiada wysokości H_1 (średniej z 1% najwyższych fal w projektowym sztormie). Wysokości głębokowodnych fal wiatrowych opisuje rozkład Rayleigha; stąd charakterystyczne wysokości fal są wyznaczane z następujących formuł:

$$H_s = 1,6 H_{sr}; \quad H_{10} = 1,27 H_s; \quad H_5 = 1,39 H_s; \quad H_1 = 1,67 H_s$$

W koncepcji przebudowy umocnień brzegowych zakłada się powstanie na całej długości rozpatrywanego odcinka brzegu konstrukcji mieszanych złożonych z narzutów kamiennych z elementami żelbetowymi pionowościennymi, jak odbijacze fal czy betonowe oczepy (czapy). W związku z tym do obliczeń przyjęto wysokości fali H_1 , co uzasadnia się ograniczeniem do minimum dopuszczalnego stopnia uszkodzenia konstrukcji, a tym samym kosztów utrzymania i remontów.

Okres fali projektowej wyznaczono z zależności $T_p = 1,1 \div 1,3 T_{sr}$. Długość fali projektowej wyznaczono z zależności: $L_{proj} = 1,56 T_p^2$.

Z powyższych wzorów otrzymujemy następujące wartości fali projektowej:

Wysokość fali średniej H_{sr} [m]	Średni okres fali T_{sr} [s]	Wysokość fali znacznej H_s [m]	Wysokość fali projektowej H_p [m]	Okres fali projektowej T_p [s]	Długość fali projektowej L_p [m]
1,95	5,89	3,12	5,2	7,1	79

Prądy

Cyrkulacje wiatrowe wywołują w Zatoce Puckiej prądy o niewielkim znaczeniu dla erozji brzegu. Prądy wzdłużbrzegowe generowane przez falowanie mogą przekraczać prędkość 1 m/s, jednak ich wpływ na budowę sytuowane równolegle do brzegu jest niewielki.

Zlodzenie

Lód w Zatoce Puckiej w rejonie Oksywi pojawia się średnio w połowie stycznia i ustępuje nawet dopiero w marcu. Występowanie pierwszego lodu w Zatoce Puckiej jest związane z regułą z procesem zamarzania wody (Zatoka Wewnętrzna oddzielona Rybitwią mielizną). Jednak w rejonie Gdyni (Zatoka Zewnętrzna) za pierwszy lód uważa się lód napływowy. Przeciętna liczba dni z lodem w obrębie zatoki waha się od 16 w Zewnętrznej

Zatoce Puckiej do 90 w Zatoce Wewnętrznej. W rejonie Gdyni liczba ta wynosi $21 \div 40$ dni. Z roku na rok występuje duża rozpiętość okresów zlodzenia od 2 ÷ 3 miesięcy maksymalnego zlodzenia do okresów kilkudniowych, a nawet zim bez lodu.

Przeważającym rodzajem lodu jest lód dryfujący (kra), który na skutek działania na niego wiatru, falowania, prądów morskich i zmian temperatury wywiera na konstrukcje umocnienia brzegu obciążenia poziome oraz pionowe będące skutkiem przymarzania pokrywy lodowej, a także jej spiętrzenia.

Na podstawie Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 6 sierpnia 1998 roku „w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie” jako miarodajną dla rejonu Gdyni należy przyjąć obliczeniową grubość pokrywy lodowej $h = 50$ cm.

Warunki geologiczne i geomorfologiczne

W zależności od budowy geologicznej brzegu klif ma charakter osypiskowy lub obrywowy. Klif osypiskowy rozwinął się w strefie występowania dwóch pokładów glin zwałowych, rozdzielonych piaskami i żwirami, natomiast tam, gdzie brak jest serii utworów wolnolodowcowych klif ma charakter obrywowy.

Brzegi klifowe są brzegami abrazyjnymi, a więc przed wiekami dawna linia brzegowa w rejonie Gdyni Oksywi była bardziej wysunięta w morze w stosunku do jej obecnego położenia. Aktualne położenie znacznego odcinka podnóża klifu jest utrzymywana sztucznie przez umocnienia brzegowe. Wzdłuż brzegu występują osuwiska w skarpi klifu. Szerokość plaży na przeważającym odcinku brzegu jest niewielka i wynosi od 0 do 30 m.

W badanym podłożu poniżej poziomu przypowierzchniowych nasypów mineralno-próchnicznych nawiercono warstwę holocenów osadów morskich, wykształconych jako piaski drobne, zalegających na stropie gruntów plejstocenów, to jest glin pylistych i pyłów oraz piasków wodnolodowcowych i lokalnie żwirów.

Woda gruntowa występuje w nawodnionych utworach niepoistych. Swobodne zwierciadło wód gruntowych stabilizuje się na poziomie wody w Zatoce Gdańskiej.

Charakterystyczne profile geotechniczne zalegania gruntów przedstawiono na przekrojach konstrukcji istniejącego zabezpieczenia brzegu.

REMONT I PRZEBUDOWA ZABEZPIECZENIA BRZEGU

Podczas realizacji projektu przyjęto następujące założenia, które w konsekwencji wpłynęły na kształt i parametry budowli.

Poziom wody

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie” (Dz. U. Nr 101 z dnia 6 sierpnia 1998 roku), okres powtarzalności sztormu projektowego dla projektowanej obudowy brzegu/opaski nie chroniącej terenów wykorzystywanych rolniczo powinien być ustalony przez projektanta. Dla rozpatrywanego odcinka brzegu zgodnie z uchwalonym miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego przyjęto okres powtarzalności sztormów $T_p = 50$ lat (km 89,000 ÷ 90,300 – ~80% długości projektowanego umocnienia) i $T_p = 200$ lat (km 90,300 ÷ 90,700 – ~20% długości projektowanego umocnienia).

Na podstawie przytoczonych danych, dla prawdopodobieństwa 2% – 50 lat i 0,5% – 200 lat, przyjęto:

- minimalny roczny poziom morza: 406 cm ($T = 50$ lat),
- maksymalny roczny poziom morza: 639 cm ($T = 50$ lat), 664 cm ($T = 200$ lat).

Maksymalny projektowany poziom wody

Dla odcinka brzegu pomiędzy km 89,000 ÷ 90,300 przyjęto maksymalny roczny poziom morza podczas spiętrzenia sztormowego o okresie powtarzalności 50 lat:

$$W_{2\%} = 639 \text{ (Amsterdam)} \rightarrow +1,31 \text{ Kr}$$

Przy uwzględnieniu prognozowanego wzrostu poziomu morza w perspektywie 50 lat wynoszącym +30 cm („Przyszłość ochrony polskich brzegów morskich”):

$$W_{2\%} = 639 + 30 = 669 \text{ cm (Amsterdam)} \rightarrow +1,61 \text{ Kr}$$

W 20-leciu 1988-2007 maksymalny stan zarejestrowano dnia 23.11.2004 $\rightarrow +1,32$ Kr.

Dla odcinka brzegu pomiędzy km 90,300 ÷ 90,700 przyjęto maksymalny roczny poziom morza podczas spiętrzenia sztormowego o okresie powtarzalności 200 lat (664 cm)

$$W_{0,5\%} = 664 \text{ (Amsterdam)} \rightarrow +1,56 \text{ Kr}$$

Przy uwzględnieniu prognozowanego ewentualnego wzrostu poziomu morza w perspektywie 100 lat wynoszącym +60 cm („Przyszłość ochrony polskich brzegów morskich”), to jest:

$$W_{0,5\%} = 664 + 60 = 724 \text{ cm (Amsterdam)} \rightarrow +2,16 \text{ Kr}$$

- Średni poziom wody dla Gdyni z 19 lat pomiarów (1988–2007) wynosi 502 cm (Amsterdam) i jest niższy o 2 cm niż średni poziom wody z 40-lecia poprzedzającego ten okres, to jest 1951-1990.
- Prognozę wzrostu poziomu morza, wywołaną efektem cieplarnianym, nie potwierdzono jak do tej pory w rzeczywistości w wymienionym okresie czasu.

Mając powyższe na uwadze, jako maksymalne projektowe poziomy wody przyjęto:

- $W_{2\%} = +1,50$ Kr
- $W_{0,5\%} = +2,10$ Kr

Parametry fali

Fala głębokowodna

Przyjęto wysokość fali projektowej jak dla konstrukcji sztywnej równą H_1 (średnia z 1% najwyższych fal w sztormie projektowym).

$$H_p = H_1 = 5,2 \text{ m}; \quad T_p = 7,1 \text{ s}; \quad L_p = 79 \text{ m}$$

Fala płytkowodna [wg Hueckela]

W trakcie przemieszczania się w kierunku linii brzegowej i na skutek zmiany układu batymetrycznego, fala głębokowodna wchodząc w obszar płytkowodny i dalej w strefę przyboju, będzie ulegać transformacji. Po minięciu głębokości granicznej $h_{gr} = L/2$ fala staje się płytkowodna. Okres i wysokość fali pozostają nie zmienione, natomiast zmienia się długość fali:

$$L_p = M \cdot L = 0,71 \cdot 79 = 56 \text{ m}$$

gdzie:

$M = 0,71$ – współczynnik redukcyjny.

Podchodząc dalej do brzegu fala natrafia na tzw. głębokość krytyczną, na której następuje jej załamanie i rozpoczyna się strefa przyboju.

$$h_{kryt}^+ = 1,5 \cdot H = 1,5 \cdot 5,2 = 7,8 \text{ m}$$

Fala przybojowa

Po załamaniu się, na skutek utraty do 50% energii, zmniejsza się wysokość fali do około 75% wysokości, jaką fala miała w chwili załamania, tak więc:

$$H_{kryt}^+ = 0,75 \cdot 5,2 = 3,9 \text{ m}$$

Fala rozbita, przesuując się ku brzegowi, będzie ulegać dalszej transformacji, kilkakrotnie załamując się. Załamania fali będą następować, gdy zmniejszająca stopniowo wysokość fala (według Bożicza dla $H_{kryt}^+ < 0,25 \cdot L'$) będzie natrafiać na głębokość krytyczną odpowiadającą jej nowej wysokości.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń fala podczas kolejnych załamań będzie przyjmować następujące parametry:

1. głębokość krytyczna $h_{kryt}^{++} = 5,5 \text{ m} \rightarrow H_{kryt}^{++} = 2,8 \text{ m}; L = 47 \text{ m}$,
2. głębokość krytyczna $h_{kryt}^{+++} = 3,9 \text{ m} \rightarrow H_{kryt}^{+++} = 2,0 \text{ m}; L = 40 \text{ m}$,
3. głębokość krytyczna $h_{kryt}^{++++} = 2,8 \text{ m} \rightarrow H_{kryt}^{++++} = 1,4 \text{ m}; L = 34 \text{ m}$,
4. głębokość krytyczna $h_{kryt}^{+++++} = 2,0 \text{ m} \rightarrow H_{kryt}^{+++++} = 1,0 \text{ m}; L = 28 \text{ m}$.

Dla warunków sztormowych z okresem powtarzalności 50 lat i 200 lat przy zmiennej głębokości istniejącego dna u podstawy umocnienia nową konstrukcję zaprojektowano w taki sposób (geometria konstrukcji), aby obliczeniowa wysokość fali podchodzącej do budowli nie przekraczała $H_{kryt}^{+++} = 1,4 \text{ m}$.

Dla takiej wysokości fali wyznaczono jej spodziewaną wysokość nabiegania na skarpę umocnienia i na tej podstawie przyjęto rzędną korony konstrukcji umocnienia:

1. $W_{2\%} = +1,50 \text{ Kr}; H_{kryt}^{+++} = 1,4 \text{ m}$; nachylenie skarpy umocnienia 1:2; wysokość nabiegania 1,9 m; rzędna nabiegania +3,4 m Kr;
2. $W_{0,5\%} = +2,10 \text{ Kr}; H_{kryt}^{+++} = 1,4 \text{ m}$; nachylenie skarpy umocnienia 1:2; wysokość nabiegania 1,9 m; rzędna nabiegania +4,0 m Kr;

Ze względu na to że jest praktycznie niemożliwe, aby maksymalny poziom wody i sztorm o takim samym okresie powtarzalności wystąpiły jednocześnie oraz przy założeniu możliwości sporadycznego przelewania się fali przez konstrukcję przyjęto następujące rzędne projektowanego umocnienia (jednakowe na całej jego długości):

- rzędna korony ściany (odbijacza fal) $\rightarrow +3,0 \text{ m Kr}$,
- rzędna korony narzutu ochronnego $\rightarrow +2,5 \text{ m Kr}$.

Po stronie lądowej umocnienia zaprojektowano ciągły system odwodnienia (warstwa chłonna żwirowa) do odprowadzenia wód opadowych, roztopowych i sztormowych (przelewających się).

Obciążenie lodem

Przyjęto grubość pokrywy lodowej $h = 0,5 \text{ m}$ zgodnie z Zaleceniami do projektowania (opracowane pod kierunkiem prof. B. Mazurkiewicza).

Projektowane parametry techniczno-eksploatacyjne

Kształtowanie budowli ochronnych jest wynikiem posiadania oraz posługiwania się wieloma informacjami, danymi i pomiarami z natury. Na podstawie informacji o falowaniu i określeniu parametrów fali przyjęto w rozwiązaniu określone założenia, które przedstawiono dla wybranych (charakterystycznych) odcinków zabezpieczenia brzegu.

Ostatecznie, głównie ze względu na ukształtowanie brzegu i przebieg linii brzegowej w planie wyodrębniono siedem odcinków konstrukcji zabezpieczającej o długościach:

- odcinek I – $L = 550 \text{ m}$,
- odcinek II – $L = 248 \text{ m}$,
- odcinek III – $L = 300 \text{ m}$,
- odcinek IV – $L = 178 \text{ m}$,
- odcinek V – $L = 58 \text{ m}$,
- odcinek VI – $L = 191 \text{ m}$,
- odcinek VII – $L = 44 \text{ m}$.

Należy zaznaczyć, że w obrębie odcinka IV „znalazła się” lokalizacja przystani rybackiej. W tym miejscu na długości około 40 m obudowa brzegu jest jakby „rozsunięta”, umożliwiając wyciąganie łodzi rybackich na brzeg.

Poniżej przedstawiono trzy spośród siedmiu konstrukcji chroniących brzeg, uznając je za reprezentatywne dla wykonanego zabezpieczenia brzegu.

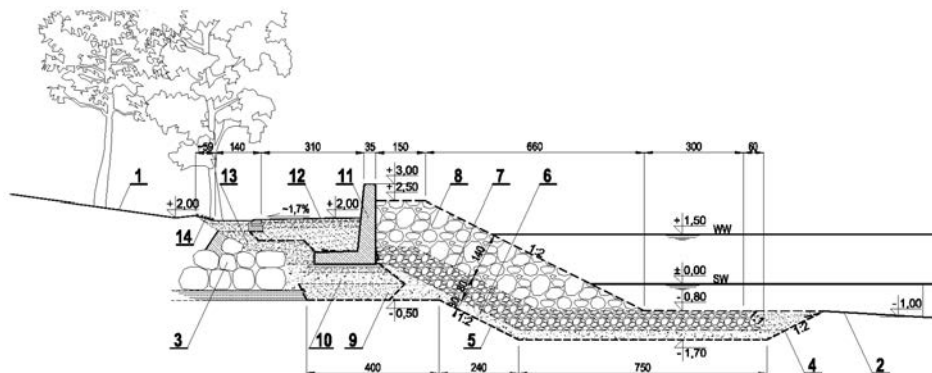
Odcinek I o długości całkowitej około 550 m (rys. 9)

- typ konstrukcji: mieszana narzutowo-pionowościenne
- rzędna korony ściany oporowej +3,00 m n.p.m. (Kr),
- rzędna korony narzutu ochronnego +2,50 m n.p.m. (Kr),
- obciążenie użytkowe nawierzchni 5 kN/m²,
- długość sekcji dylatacyjnej 10 m.

Na tym odcinku przewidziano konstrukcję mieszaną złożoną z narzutu kamiennego i ściany oporowej żelbetowej oddzielającej narzut od ciągu komunikacyjnego oraz pełniące funkcję odbijacza fal nabiegających na skarpę narzutu. Wysokość ściany oporowej wynosi 2,4 m, a szerokość stopy 1,85 m. Ściana jest posadowiona bezpośrednio na podbudowie z chudego betonu grubości 10 cm ułożonej na podsypce żwirowej 8 ÷ 16 mm grubości 15 cm, warstwie żwiru 31,5 ÷ 200 mm, warstwie żwirowo-piaskowej 2 ÷ 31,5 mm tzw. rdzeń grubości 0,5 m. Rzędna posadowienia ściany wynosi +0,6 m. Za ścianą od strony lądu ciąg komunikacyjny – chodnik szerokości 3 m z nawierzchnią ze spadkiem z kostki betonowej wibroprasowanej grubości 8 cm na

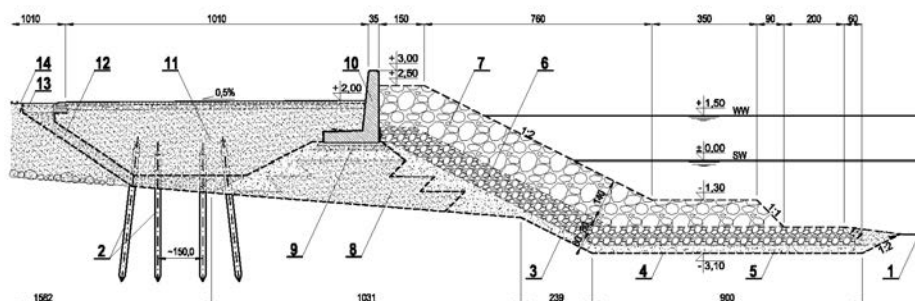
podbudowie z podsypki cementowo-piaskowej grubości 3 cm, kruszywa naturalnego lub tłucznia stabilizowanego mechanicznie grubości 15 cm, zasypu z piasku średniego zagęszczonego do $I_s = 1,0$ na geowłókninie. Nawierzchnia chodnika w razie konieczności zapewnia wjazd i postój samochodu obsługowego Urzędu Morskiego o ciężarze całkowitym nie przekraczającym 2,5 t.

Za krawężnikiem przewidziano filtr odwrotny złożony z warstwy żwiru płukanego 16 ÷ 31,5 mm, szerokości 1,1 m w geokracie o wysokości 10 cm i z warstwy odsączającej z tłucznia 31,5 ÷ 64 mm, którą doprowadzono do warstwy podbudowy ze żwiru 31,5 ÷ 200 mm stykającej się z narzutem kamiennym. Całość systemu ma skutecznie odwieść ciąg komunikacyjny z wód opadowych i roztopowych oraz z wody morskiej, która może przelać się przez konstrukcję ściany w czasie sztormu. Warstwa odsączająca z tłucznia 31,5 ÷ 64 mm oraz warstwa podbudowy ze żwiru 31,5 ÷ 200 mm w miejscach styku z istniejącą konstrukcją umocnienia brzegu (pryzmą kamienną) ma dodatkowe zadanie wypełnić szczelnie przerwy i szczeliny między kamieniami istniejącej konstrukcji. Za filtrem, którego rzędna górnej krawędzi wynosi +1,91 m Kr, zaprojektowano zasyp piaszczysty w geokracie uformowany w skarpe o zmiennej



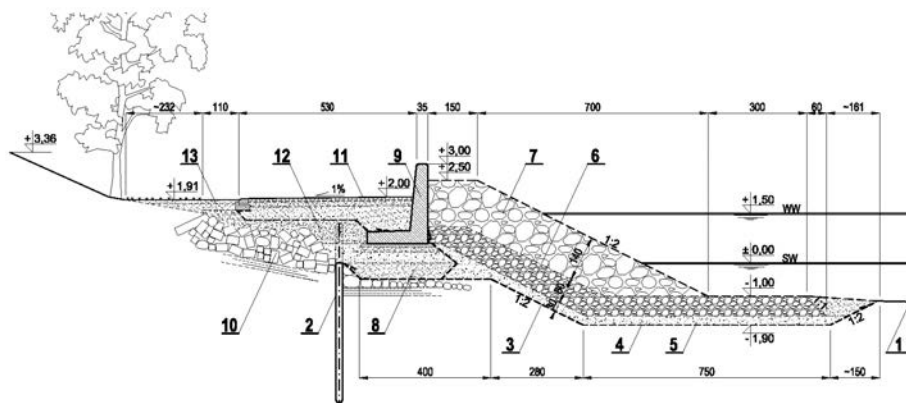
Rys. 9. Przekrój wykonanej konstrukcji ochraniającej brzeg na odcinku I

- 1 – istniejący teren, 2 – dno morza, 3 – przyzma z kamieni $D = 30 \div 80$ cm, 4 – wykop roboczy, 5 – geowłóknina, 6 – podbudowa ze żwiru/otoczków $D = 31,5 \div 200$ mm, 7 – warstwa pośrednia z kamienia łamanego $P_{50} = 0,9$ kN, $D = 30 \div 45$ cm, 8 – narzut ochronny z kamienia łamanego $P_{50} = 9$ kN, $D = 65 \div 75$ cm, 9 – rdzeń z piasku grubego/żwiru $D = 2 \div 31,5$ mm, 10 – podsypka ze żwiru $D = 8 \div 16$ mm, 11 – ściana oporowa, 12 – nawierzchnia z kostki betonowej na podsypce cementowo-piaskowej z podbudową z kruszywa naturalnego lub tłucznia kamiennego, 13 – warstwa odsączająca z tłucznia $D = 31,5 \div 64$ mm, 14 – geokrata grubości 10 cm zasypana żwirem płukany $D = 16 \div 31,5$ mm



Rys. 10. Przekrój wykonanej konstrukcji ochraniającej brzeg na odcinku II

- 1 – dno morza, 2 – pozostałości drewnianego pomostu kolei wąskotorowej, pale drewniane $\phi 20 \div 25$ cm, 3 – wykop roboczy, 4 – geowłóknina, 5 – podbudowa ze żwiru/otoczków $D = 31,5 \div 200$ mm, 6 – warstwa pośrednia z kamienia łamanego $P_{50} = 0,9$ kN, $D = 30 \div 45$ cm, 7 – narzut ochronny z kamienia łamanego $P_{50} = 9$ kN, $D = 65 \div 75$ cm, 8 – rdzeń z piasku grubego/żwiru $D = 2 \div 31,5$ mm, 9 – podsypka ze żwiru $D = 8 \div 16$ mm, 10 – ściana oporowa, 11 – zasyp piaszczysty, 12 – warstwa odsączająca z tłucznia $D = 31,5 \div 64$ mm, 13 – geokrata grubości 10 cm zasypana żwirem płukany $D = 16 \div 31,5$ mm, 14 – obsiew



Rys. 11. Przekrój wykonanej konstrukcji ochraniającej brzeg na odcinku III

- 1 – dno morza, 2 – drewniana palisada z pali ϕ 20 cm, 3 – wykop roboczy, 4 – geowłóknina, 5 – podbudowa ze żwiru/otoczek $D = 31,5 \div 200$ mm, 6 – warstwa pośrednia z kamienia łamanego $P_{50} = 0,9$ kN, $D = 30 \div 45$ cm, 7 – narzut ochronny z kamienia łamanego $P_{50} = 9$ kN, $D = 65 \div 75$ cm, 8 – rdzeń z piasku grubego/żwiru $D = 2 \div 31,5$ mm, 9 – ściana oporowa, 10 – narzut z kamienia łamanego, 11 – nawierzchnia z kostki betonowej na podsypce cementowo-piaskowej z podbudową z kruszywa naturalnego lub tłucznia kamiennego, 12 – warstwa odsączająca z tłucznia $D = 31,5 \div 64$ mm; 13 – geokrata grubości 10 cm zasypa- na żwirem płukany $D = 16 \div 31,5$ mm

szerokości i nachyleniu dowiązującą się do istniejącego terenu (krawędzi wykopu roboczego). Na skarpie wykonano obsiew trawą.

Odwodnienie naziomu budowli wykonano w ten sposób, aby woda była odprowadzana poza ścianę oporową, a tam gdzie było możliwe ujęcie wód, wykonano przepusty przez ścianę.

Narzut ochronny od strony morza stanowiący wierzchnią warstwę falochronu przewidziano z kamienia łamanego o ciężarze średnim elementów wynoszącym 9 kN ($8 \div 10$ kN) i umownym wymiarze elementów $65 \div 75$ cm. Rzędna korony narzutu wynosi $+2,5$ m Kr. Kształt narzutu zaprojektowano z „górną półką” o szerokości 1,5 m stykającą się z odwodną krawędzią ściany i dalej jako skarpę w nachyleniu 1:2. Miąższość tej warstwy w miejscu „górnej półki” i na skarpie wynosi 1,4 m.

Pod narzutem ochronnym zaprojektowano warstwę pośrednią z kamienia łamanego o ciężarze średnim elementów wynoszącym 0,9 kN ($0,5 \div 1,5$ kN) i umownym wymiarze elementów $30 \div 45$ cm. Miąższość tej warstwy na skarpie wynosi 0,8 m, a na odcinku poziomym 0,6 m.

Odcinek III o długości całkowitej 300 m (rys. 11)

- typ konstrukcji: mieszana narzutowo-pionowościenne,
- rzędna korony ściany oporowej $+3,00$ m n.p.m. (Kr),
- rzędna korony narzutu ochronnego $+2,50$ m n.p.m. (Kr),
- obciążenie użytkowe nawierzchni 5 kN/m²,
- długość sekcji dylatacyjnej 10 m.

Na tym odcinku, podobnie jak na odcinkach I i II, zaprojektowano konstrukcję mieszaną złożoną z narzutu kamiennego i ściany oporowej żelbetowej oddzielającej narzut od ciągu komunikacyjnego oraz pełniącej funkcję odbijacza fal nabe- gających na skarpę narzutu. Wysokość ściany oporowej wynosi 2,4 m, a szerokość stopy 1,85 m. Ściana jest posadowiona podobnie jak na odcinku pierwszym. Całość systemu oprócz zabez- pieczenia podstawy klifu ma skutecznie odwieść ciąg komuni- kacyjny z wód opadowych i roztopowych oraz z wody morskiej,

która może przelać się przez konstrukcję ściany w czasie sztor- mu. Za filtrem, którego rzędna górnej krawędzi wynosi $+1,91$ m Kr zaprojektowano zasyp piaszczysty w geokracie uformowany w skarpę o zmiennej szerokości i nachyleniu dowiązującą się do istniejącego terenu (krawędzi wykopu roboczego). Na skarpie wykonano obsiew trawą.

Narzut ochronny od strony morza wykonano podobnie jak na odcinku III z kamienia łamanego.

Pod narzutem ochronnym przewidziano warstwę pośrednią z kamienia łamanego. Miąższość tej warstwy na skarpie wy- nosi 0,8 m, a na odcinku poziomym 0,6 m. Jako podbudowę pod narzut kamienny zaprojektowano warstwę żwiru $31,5 \div 200$ mm o miąższości 0,3 m na geowłókninie. Od czoła narzutu wykop roboczy wypełniono zasypem piaszczystym wyprofilowanym do dna istniejącego.

Dodatkowo na rys. 9 zaprezentowano przekrój budowli ochronnej brzo- wa na odcinku II, uznając, że jest on charaktery- styczny dla budowli chroniących brzeg morski w tym rejonie.

Na wszystkich odcinkach wykonanej opaski brzo- gowej narzut kamienny przed ścianą oporową uformowano w taki spo- sób, aby jej kształt i porowatość tłumiły energię napływających fal. Stąd też wynika dość znaczna szerokość kamiennej opaski od 10 do 16 m przed ścianą oporową.

Dokumentację projektową wykonało, wyłonione w przetar- gu, znane Biuro Projektów „WUPROHYD” z Gdyni. Realizację robót powierzono firmie, także wyłonionej w drodze przetargu, WMW Spółka jawna Marek Pestilenz i Wojciech Pestilenz. Rozpoczęcie robót nastąpiło w lipcu 2014 roku, a ich zakończe- nie w listopadzie 2015 roku.

Roboty rozbiórkowe

Przed podjęciem zasadniczych robót konieczne były do wy- konania roboty rozbiórkowe. Prace tego rodzaju należało wy- konać zgodnie z Rozporządzeniem MGP i B z dnia 15 grud- nia 1994 roku w sprawie warunków i trybu postępowania przy robotach rozbiórkowych nie użytkowych zniszczonych lub nie

wykończonych obiektów budowlanych (Dz. U. z 1995 r. nr 10 poz. 47). Nadto, ze względu na rejon prowadzonych robót przed ich podjęciem sprawdzono teren na ewentualną obecność niewybuchów, a które w czasie robót znaleziono.

W obrębie prowadzonych robót teren był porośnięty drzewami i krzewami. Wykonano inwentaryzację roślinności z określeniem gatunków i kosztów (kompensacji przyrodniczej) związanych z wycinką zieleni.

Na potrzeby realizacji robót wykorzystano następujące ilości niektórych podstawowych materiałów:

- wykopy pod wodą ~ 20 121 m³
- wykopy na lądzie ~ 1 029 m³
- kamień pozyskany z rozbiórki ~ 3 432 m³
- podbudowa z gruntu piaszczystego z zagęszczeniem $I_s = 1,0 \sim 8\,026\text{ m}^3$
- podbudowa żwirowo-kamienna ~ 14 191 m³
- kamień łamany 0,9 kN ~ 32 311 m³ (w tym 11% z rozbiórek)
- beton klasy B37 konstrukcji ściany oporowej ~ 2 587 m³

Piasek pozyskany z wykopów, a nie nadający się do zagęszczenia zalecono wykorzystać do obsypania skarp umocnienia lub do przemieszczenia w podstawę klifu.

Kolejność wykonywania robót

Na podstawie projektu technicznego zadysponowano, jako propozycję, pewną drogę postępowania podczas realizacji robót. Przyjęto następującą kolejność wykonywania prac budowlanych:

- 1) roboty rozbiórkowe obejmujące: rozkucia istniejących konstrukcji betonowych i żelbetowych, ucięcie pali drewnianych pozostałości pomostu, palisady i ostróg (rys. 12),
- 2) oczyszczenie terenu i dna po robotach rozbiórkowych,

- 3) wykonanie wykopów roboczych lądowych i podwodnych,
- 4) wykonanie narzutów od strony wody (do poziomu +1,1) z wyrównaniem dna przed narzutem kamiennym (zasypanie wykopów roboczych) (rys. 13),
- 5) wykonanie podbudowy pod ścianę oporową (rys. 14),
- 6) wykonanie zbrojenia ściany oporowej (stopa + ściana),
- 7) wykonanie pierwszej fazy betonowania ściany oporowej (stopa + ściana do rzędnej +1,1m Kr) (rys. 15),
- 8) wykonanie zasypu za i na stopie do rzędnej +1,1 m Kr,
- 9) wykonanie drugiej fazy betonowania ściany oporowej (rys. 16),
- 10) wykonanie narzutów od strony wody,
- 11) wykonanie zasypów po stronie odlądowej ściany oporowej (warstwy filtracyjne, podbudowa pod nawierzchnię),



Rys. 13. Układanie narzutu kamiennego do poziomu +1,1 m



Rys. 12. Roboty rozbiórkowe na odcinku I



Rys. 14. Podbudowa pod ścianę oporową



Rys. 15. Wykonywanie ściany oporowej (co drugą sekcję)



Rys. 18. Widok budowli zabezpieczającej (widoczny wylot cieku z zabezpieczeniem)



Rys. 16. Wykonanie ściany oporowej i zasypu od strony lądu



Rys. 17. Wykonana budowla ochraniająca brzeg

- 12) wykonanie nawierzchni ciągu komunikacyjnego (rys. 17),
- 13) wykonanie i wyprofilowanie zasypów pomiędzy ciągiem komunikacyjnym a istniejącym terenem,

- 14) prace związane z wbudowaniem elementów wyposażenia.

Wykonawca w części zmodyfikował proponowaną kolejność robót. Przed rozbiórką starej opaski kamienno-betonowej wykonał najpierw umocnienie kamienne od strony wody do rzędnej około +1,5 m, co pozwoliło osłonić dalsze prace prowadzone na budowie.

PODSUMOWANIE

Biorąc pod uwagę fakt, że realizacja i funkcjonowanie przedsięwzięcia związane jest z ochroną brzegu, jest oczywiste, że proponowany sposób nowego urządzenia terenu zabezpieczy brzeg oraz klif przed abrazją, a podwyższenie rzędnej korony konstrukcji umocnienia do $+2,50 \div 3,00$ m Kr zwiększy obszar chroniony przed zalewaniem. Natomiast zagospodarowanie części wodnej akwenu będzie również korzystne dla środowiska naturalnego.

Prace budowlane związane z budową umocnień brzegowych w rejonie Oksywiu nie wpłyną negatywnie na istniejące parametry krajobrazu, powietrza, gleby oraz wód głębinowych.

Należy podkreślić, że budowle ochronne brzegu zazwyczaj są stosunkowo ciężkie, ale przez to solidne i zapewniające stateczność posadowienia mogą jednocześnie być estetyczne oraz nie pozbawione pewnego uroku, a także służyć ludziom w ramach ogólnie postrzeganej rekreacji. W tym przypadku połączenie w budowli funkcji ochronnej i bulwaru spacerowego powstałego z drogi technologicznej wypadło znakomicie.

LITERATURA

1. Cieślak P., Korzeński M.: Projekt budowlany remontu i odbudowy umocnienia brzegowego w rejonie Oksywiu, opracowanie Biura Projektowego „WUPROHYD” z Gdyni, styczeń 2013.
2. Strona internetowa Urzędu Morskiego w Gdyni – www.umgdy.gov.pl