

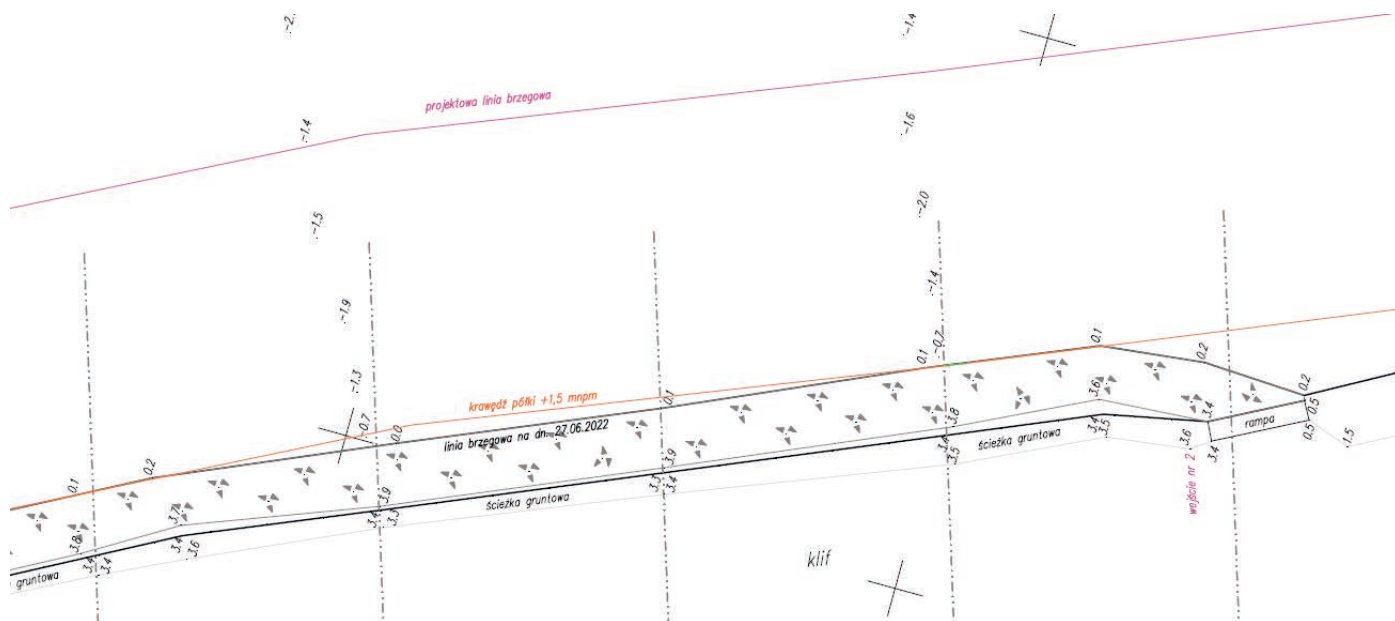
Ochrona brzegów morskich – przegląd metod stosowanych w Polsce

Mgr inż. Anita Byjoś, dr inż. Paweł Więclawski
Politechnika Gdańska, Wydział inżynierii Lądowej i Środowiska

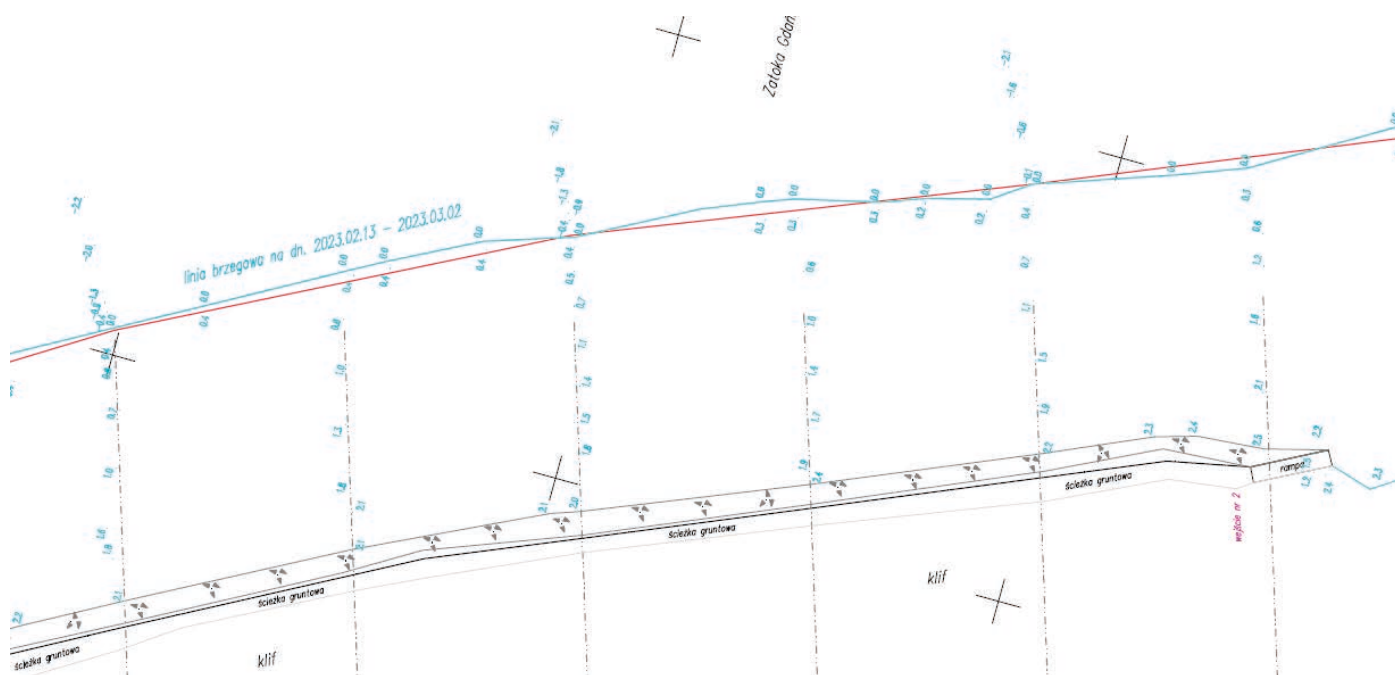
Wzrastający z roku na rok poziom wód morskich na świecie i nieustające działanie procesów erozyjnych na wybrzeża sprawiają, iż występuje konieczność ochrony terenów nadmorskich. Istniejące miejscowości położone w tych obszarach są szczególnie narażone na zniszczenie przez działanie sił natury, a wybrzeża w postaci plaż i klifów mogą ulegać zanikaniu. Innymi powodami wzmocnienia i ochrony plaż jest chęć utworzenia nowych

terenów, a także utrzymanie ciągłości istniejących półwyspów, aby nie doszło do przerwania lądu i odcięcia mieszkańców półwyspów od pozostałej części kraju.

W zależności od lokalizacji i intensywności działania czynników niszczących na brzeg morski dobierane są odpowiednie metody wzmocnienia i ochrony plaż. Ochrona brzegów obejmuje monitoring, budowę i utrzymanie umocnień brzegowych,



Rys. 1. Plan sztucznego zasilania w Babich Dołach, odcinek przed istniejącą opaską brzegową z narzutu kamiennego (linia pomarańczowa – istniejąca plaża przed sztucznym zasilaniem, linia różowa – projektowana linia brzegowa) [2]



Rys. 2. Pomiar roboczy sztucznego zasilania w Babich Dołach Etap I, odcinek przed istniejącą opaską brzegową z narzutu kamiennego (linia błękitna – linia brzegowa po refulacji, linia czerwona – projektowana linia brzegowa) [2]

ochronę zalesień i nasadzeń w pasie technicznym, który stanowi strefę wzajemnego oddziaływania na siebie morza i lądu, a także jest przeznaczony do utrzymania obszaru w stanie zgodnym z ochroną środowiska i wymogami bezpieczeństwa.

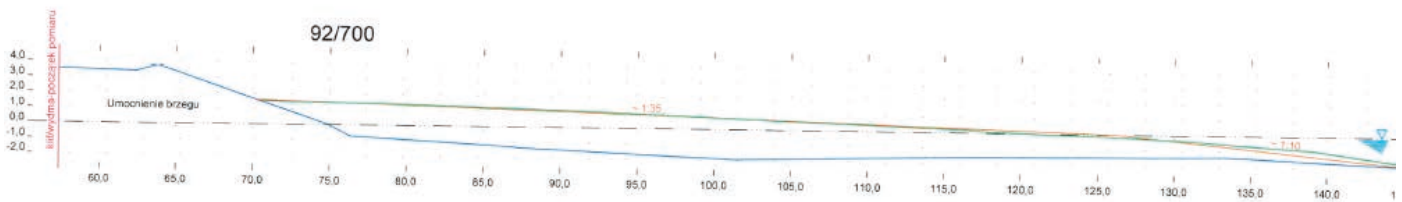
W Polsce obszar półwyspu Helskiego i Wybrzeże Środkowe są szczególnie narażone na czynniki niszczące. Miejsca te wymagają częściej odbudowy plaż lub zastosowania dodatkowych wzmocnień i zabezpieczeń (ostrogi, nasadzenia). W przypadku miejsc turystycznych, przemysłowych i naturalnych klifów, które wymagają szczególnej ochrony, stosuje się dodatkowo falochrony i progi podwodne.

REFULACJA (SZTUCZNE ZASILANIE PLAŻ)

Najprostszą, niewymagającą dużego nakładu i sprzętu, najczęściej stosowaną metodą ochrony plaż w Polsce jest refulacja (sztuczne zasilanie plaży). Polega ona na czerpaniu urobku piasz-

czystego z dna morskiego bezpośrednio z pola poboru kruszywa (ławice) lub czerpaniu urobku w ramach innego projektu, takiego jak pogłębianie portów czy poszerzanie torów podejściowych – pod warunkiem, że taki urobek jest zdalny do refulacji (materiał piaszczysty), a następnie odłożeniu go na brzegu morskim w celu uzupełnienia wcześniej zabranego przez morze materiału.

W miejscach narażonych na intensywne działanie procesów erozji refulacja wykonywana jest w szczególnych przypadkach nawet dwa razy w roku. Pozostałe obszary zasila się sztucznie raz w roku po sezonie jesienno-zimowym lub rzadziej. Proces ten wymaga powtórzenia, gdy urobek zostanie odprowadzony przez sztormy z powrotem do morza i ponownie obszar znajdujący się za linią brzegową będzie zagrożony. Refulacja jest procesem, który ingeruje w niewielkim stopniu w środowisko naturalne, a jej pozytywnym skutkiem jest nie tylko znaczny rozmiar plaża, która stanowi walor turystyczny, ale przede wszystkim stanowi ochronę infrastruktury i ukształtowania terenu znajdującego się bezpośrednio za obszarem plaży.



Rys. 3. Jeden z przekrojów poprzecznych plaży po wykonaniu części refulacji w Babich Dołach Etap I (linia niebieska – profil plaży przed refulacją, linia pomarańczowa – projektowany profil plaży, linia zielona – profil plaży po wykonaniu refulacji) [2]



Rys. 4. Zdjęcie wykonane przed rozpoczęciem (01.2023) i po zakończeniu (03.2023) części prac refulacyjnych w Babich Dołach, widoczna poszerzona plaża i nowoutworzona plaża przed opaską brzegową z narzutu kamiennego (materiały własne)

Na podstawie Projektu udostępnionego przez Inwestora (Urząd Morski) oraz aktualnych danych uzyskanych za pomocą pomiarów geodezyjnych i sondaży, Wykonawca zobowiązany jest do utworzenia Projektu refulacji plaży uwzględniającego ilość możliwego do pozyskania urobku i długość odcinka plaży do wykonania wyznaczonego przez Inwestora. Projekt refulacji składa się z opisu technicznego (lokalizacja, technologia wykonania, rozstawienie sprzętu, przewidywana kubatura na każde 100 m planowanego odcinka plaży, planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia) oraz z części rysunkowej zawierającej lokalizację zasilanego odcinka, plan sztucznego zasilania (rys. 1 i 2), plan miejsca poboru urobku, plan ułożenia rurociągu, a przede wszystkim przekroje poprzeczne – projektowane i rzeczywisty profil plaży (rys. 3).

W lutym 2023 została poszerzona część plaży w Babich Dołach, prace zrealizowało Konsorcjum firm PRCiP (Przedsiębiorstwo Robót Czerpalnych i Podwodnych), Van den Herik i Rohde Nielson. Refulację wykonywała firma Przedsiębiorstwo Robót Czerpalnych i Podwodnych przy użyciu pogłębiarki ssąco-nasiębierna-

siębiernej Inż. Stanisław Łęgowski. Urobek pobrano z dna Toru Podejściowego do Portu Gdynia w ramach Projektu „Pogłębienie toru podejściowego i akwenów wewnętrznych Portu Gdynia. Etap II – pogłębienie toru podejściowego”. Prace refulacyjne na okres marzec-maj 2023 wstrzymano ze względu na czas tarła ryb (ograniczenie wydane Decyzją środowiskową przez Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska). Na rys. 4 przedstawiono stan „przed i po” wykonaniu refulacji. Odcinek o długości 650 m (od km 93,200 do km 92,550) zasilono w 20 dni (wyłączając dni przestoju pogłębiarki ze względu na niekorzystne warunki pogodowe). Do refulacji użyto około 129 tys. m³ urobku z dna Toru Podejściowego do Portu Gdynia.

PRZYGOTOWANIE DO REFULACJI

Po zaakceptowaniu przez Inwestora Projektu sztucznego zasilania Wykonawca przystępuje do przygotowania potrzebnego sprzętu i zabezpieczenia terenu refulacji. Sprzętem koniecznym



Rys. 5. Pogłębiarka ssąco-nasiębierna Inż. Stanisław Łęgowski podczas refulacji w Babich Dołach (06.2023) (materiały własne)



Rys. 6. Gotowe do pracy koparka gąsienicowa i spychacz kołowy oraz transport rurociągu lądowego po zakończonej refulacji (materiały własne)

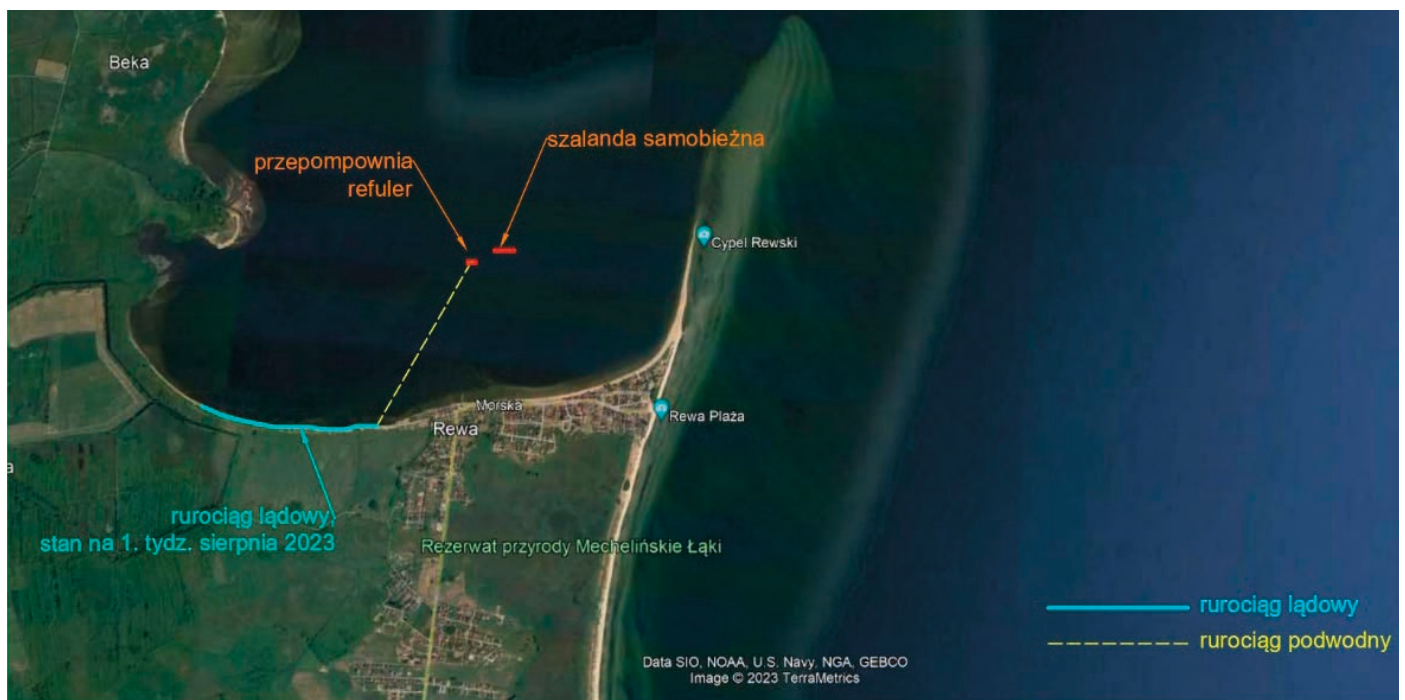
do refulacji są rurowości podwodne i lądowe (z wyłączeniem metody poboru urobku z pobraża pogłębiarką ssącą i odkładaniu piasku bezpośrednio z pogłębiarki), oznaczone bojami ze względu na bezpieczeństwo żeglugi i osób wykonujących sporty wodne. Za pomocą rurowości transportowany jest urobek wy-czerpany przez pogłębiarkę, która podłączona zostaje na czas rozładunku do końca rurowości znajdującego się na wodzie, drugi koniec rurowości znajduje się na lądzie i z niego wprowadzany jest refulat bezpośrednio na plażę (rys. 5). Tak dostarczony piasek zostaje rozwieszony i uformowany na wyznaczonych rzędnych przez spychacze i koparki (rys. 6).

Dla refulacji na terenach trudno dostępnych dla pogłębiarek o zanurzeniu większym niż aktualna batymetria akwenu, wykorzystuje się zespół pogłębiarski w postaci refulera i szaland (szalanda – rodzaj statku służący do przewozu urobku wydobytego przez pogłębiarkę). Rurowość zostaje podłączony do refule-ra, który pobiera urobek bezpośrednio z podpływającej do niego

szalandy (o zanurzeniu mniejszym niż pogłębiarki ssące). Szalandy natomiast transportują urobek z miejsca prac czerpalnych prowadzonych przez pogłębiarki łyżkowe i wieloczerpakowe. Przykładem takiego rozwiązania jest refulacja w Rewie – etap II odcinek od mola w Rewie w kierunku rezerwatu Beka, gdzie szalandy zostają załadowane w ramach prac pogłębiania Toru Podejściowego do Portu Gdynia i rozładowane przez refuler do Zatoki Puckiej.

NASADZENIA

Nasadzenia roślinności są metodą wzmacniającą i stabilizującą brzeg morski. Często stanowią element sąsiadujący i wspomagający sztuczną zabudowę brzegu. W ramach naturalnego wzmocnienia plaż stosuje się nasadzenia roślinności, nie tylko ze względu na walory krajobrazowe, ale także często stanowią



Rys. 7. Schemat prac refulera i szaland na Zatoce Puckiej w Rewie (refulacja Etap II – 07.2023) z ograniczeniem głębokości dla większych jednostek pływających oraz z planowanym ułożeniem rurowości lądowego na pierwszy tydzień sierpnia 2023 roku [2]



Rys. 8. Trawy, rokitnik, dzika róża, inne krzewy i drzewa znajdujące się pod opieką Urzędu Morskiego – Babie Doły (materiały własne)



Rys. 9. Trawa na koronie umocnionego wału wydmy [1]

one system odwadniający i stabilizujący grunt w sąsiedztwie konstrukcji hydrotechnicznych (rys. 8 i 9).

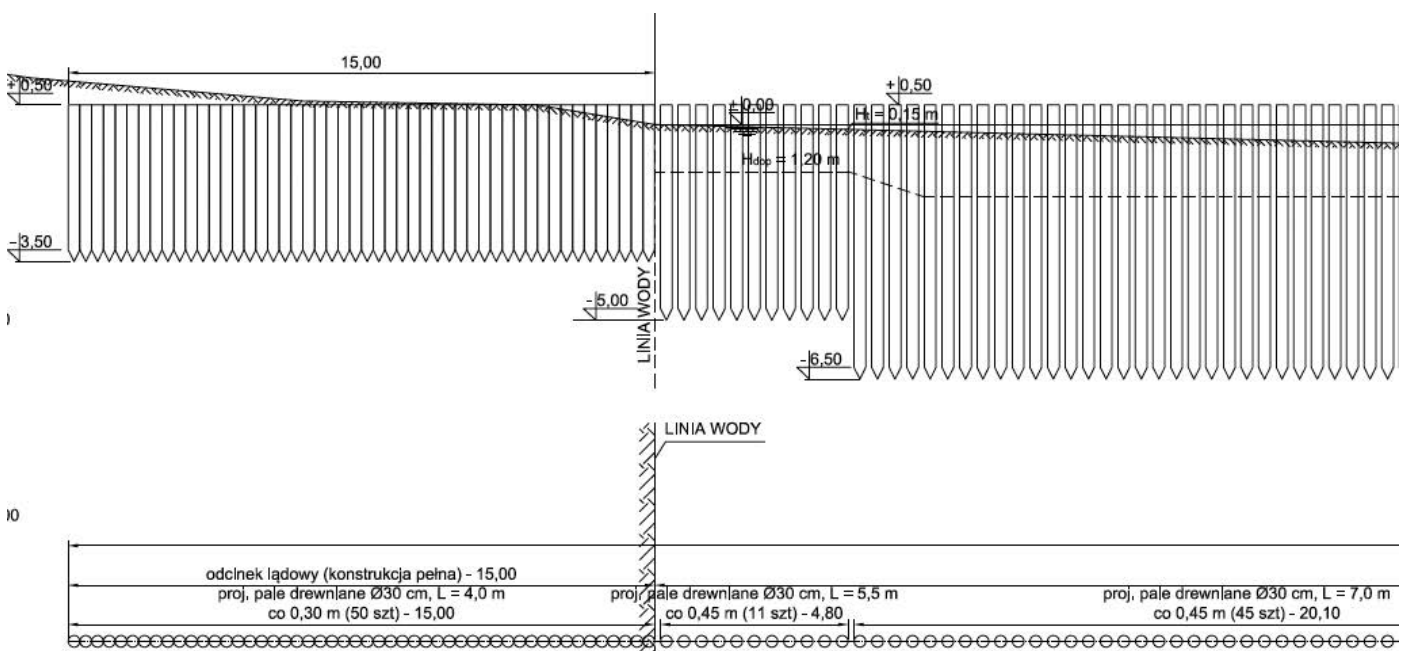
OSTROGI DREWNIANE

Ostrogi są jedną z najczęściej stosowanych metod ochrony brzegów morskich w Polsce [5]. Ostrogi drewniane to wprowadzone w podbrzeże drewniane pale, w osi prostopadłej do linii brzegowej. Długość konstrukcji waha się od 100 do 200 m. Działanie ostróg polega na zatrzymywaniu osadu, który jest transportowany prądami wzdłużbrzegowymi w obszarze podbrzeża. W przypadku wyboru tej metody należy zwrócić uwagę na obszary, na które oddziałują skrajnie położone ostrogi.

W tych miejscach można zaobserwować negatywny wpływ ich działania – powstawanie zatok erozyjnych.

Projekt wykonania ostróg zawiera między innymi plan sytuacyjny ich rozmieszczenia, konstrukcję ostróg z przekrojem podłużnym i widokiem z góry (rys. 10), a wymagania dotyczące materiału wykonania ostróg i wymagania sprzętowe są ściśle określone w Specyfikacjach Technicznych danego projektu. Zwykle pale wykonane są z drewna sosnowego o średnicy około 30 cm i mają zróżnicowaną długość od 4,0 m do 10,0 m.

Przed przystąpieniem do rozpoczęcia prac należy sprawdzić rzędne projektowe z rzędnymi istniejącymi poprzez wykonanie pomiarów geodezyjnych. Pomiarów powinny być wykonywane także w trakcie prac w celu monitorowania poprawności umiej-



Rys. 10. Fragment przekroju podłużnego i widoku z góry projektowanej ostrogi [3]



Rys. 11. Budowa systemu ostróg na Półwyspie Helskim przez firmę PORR S.A [5, 6]



Rys. 12. Refulacja plaży w Mielnie (11.2022) [2]

scowienia ostróg w ich wyznaczonej osi i górnej powierzchni. Prace związane z instalacją pali wykonuje się przy użyciu kafarów kroczących, przeznaczonych do palisad i ostróg (rys. 11). W celu uzyskania dokładności wbicia pali stosuje się kleszcze robocze lub ramy prowadzące [3].

Sztuczne zasilanie brzegów (refulacja) często jest uzupełnieniem budowy ostróg. Dzięki istnieniu ostróg plaża jest wzmocniona i chroniona, nie ulega szybkiej degradacji (rys. 12).

OSTROGI NARZUTOWE – FALOCHRONY BRZEGOWE

Falochrony brzegowe typu T budowane są prostopadle do plaży i jako zespół konstrukcji mają na celu wygaszenie falowania morskiego, które, przed budową falochronów, docierało do brzegu, powodując jego erozję. System ostróg zatrzymuje osad i wspomaga budowę plaży.



Rys. 13. „Polski Dubaj” – Jarosławiec. Wypełnione ostrogi narzutowe urobkiem za pomocą refulacji [7]

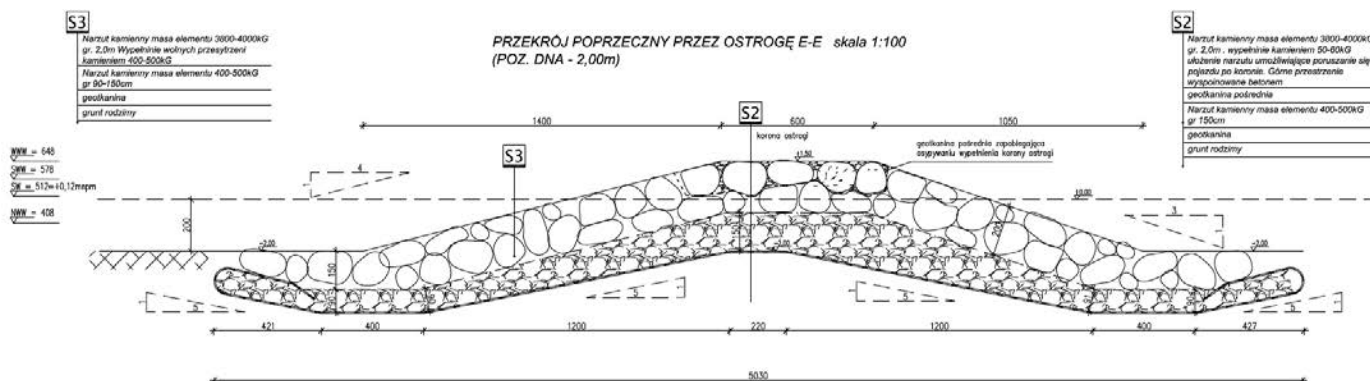
Jednym z większych projektów ochrony brzegu, wspomaganie akumulacji piasku, odbudowy i ochrony plaży był projekt „Przebudowa opaski brzegowej w Jarosławcu”, mający w zakresie między innymi budowę falochronów brzegowych oraz przebudowę narzutu ochronnego przed lekką opaską. Wykonanie całego projektu przyniosło efekt, dzięki któremu Jarosławiec nazywany jest dziś „polskim Dubajem” (rys. 13).

Jeden z etapów niniejszego projektu przewidywał budowę pięciu odcinków falochronów brzegowych (rys. 14) o długości

250 m i 100 m z odległością 250 m pomiędzy ostrogami. Ostrogi wykonano z narzutu kamiennego o dwóch różnych wagach. W przekroju jednej z ostróg (rys. 15) możemy zauważyć, że na rozłożonej na gruncie rodzimym geotkaninie ułożono narzut kamienny o masie elementu $400 \div 500$ kg, na którym kolejno nałożono narzut kamienny $3800 \div 4000$ kg. Pomiedzy największą frakcją w koronie ostrogi umieszczono geotkaniny mającą pośrednio zapobiegać osypywaniu wypełnienia korony ostrogi (wypełnienie kamieniem $50 \div 60$ kg) [4].



Rys. 14. Fragment projektu zagospodarowania terenu z umiejscowieniem projektowanych ostróg w Jarosławcu [3]



Rys. 15. Przekrój poprzeczny projektowanej ostrogi [3]

PROGI PODWODNE

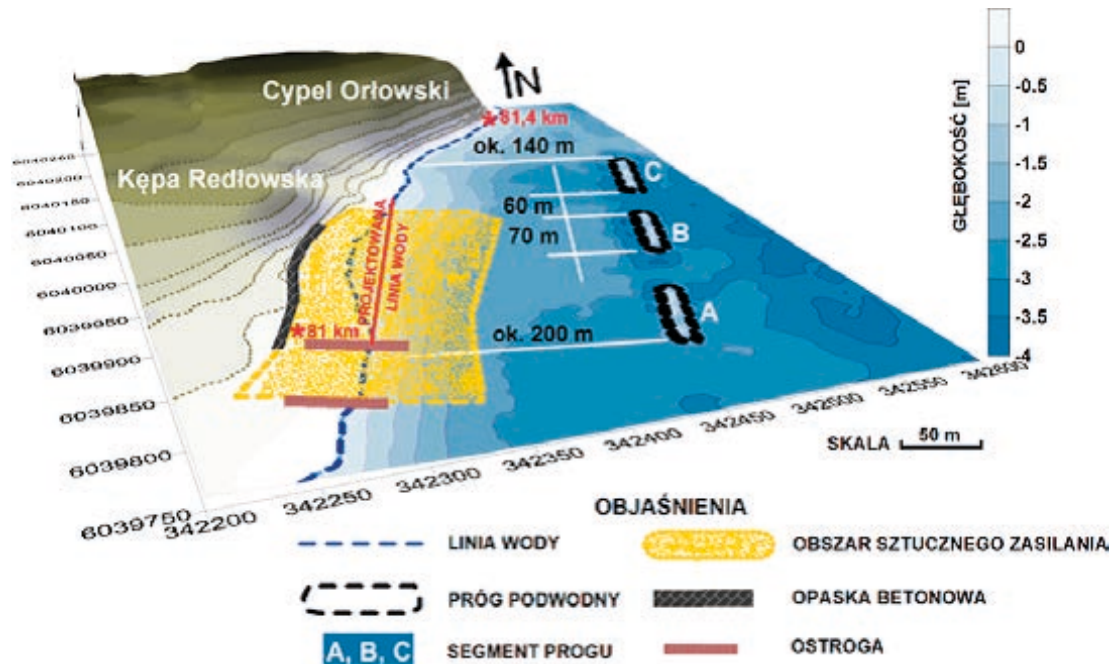
Progi podwodne (falochrony podwodne) stosowane są głównie do ochrony przed falowaniem sztormowym - progi wygaszają częściowo energię fali w znacznej odległości od brzegu, co w efekcie pozwala na dłuższe zachowanie plaży.

Jednym z miejsc, w którym zastosowano progi podwodne, jest Gdynia Orłowo. Powstały one w 2006 roku. Progi podwodne w Gdyni Orłowie wykonano w odległości 140 ÷ 200 m od linii brzegowej (rys. 16) z trzech frakcji kamienistych, usypanych w wykopie na geowłókninie. W pierwszej kolejności usypano

próg „C”, a w kolejnych miesiącach wykonano próg „B” i „A”. Wszystkie progi mają długość około 70 m i są widoczne z lotu ptaka (rys. 17) [1].

FALOCHRONY

Falochron jest budowlą hydrotechniczną (często z narzutu kamiennego), której głównym celem jest ochrona przed działaniem fal. Falochron przyjmuje na siebie uderzenie fali i sprawia, że jej energia zostaje wytracona. Obiektami ochranianymi są zazwyczaj porty morskie, infrastruktura strategiczna i plaże.



Rys. 16. Schemat rozmieszczenia progów podwodnych w Orłowie w Gdyni [1]



Rys. 17. Widok na progi podwodne w sąsiedztwie Klifu Orłowskiego [8]



Rys. 18. Plaża od zachodniej części falochronu osłonowego we Władysławowie [9]

Falochron osłonowy we Władysławowie zaburza naturalny transport wzdłuż wybrzeża, co skutkuje intensyfikacją procesów akumulacyjnych po stronie zachodniej i erozyjnych po stronie wschodniej (rys. 18). Niedobory piasku od strony wschodniej uzupełnia się poprzez wykonanie refulacji brzegu morskiego.

PODSUMOWANIE – WYBÓR METODY

W Polsce stosuje się wiele metod ochrony i wzmocnienia brzegów morskich od najmniej wpływającej na środowisko, mającej naturalne i estetyczne walory, a jednocześnie najtańszej, lecz najmniej wytrzymałej, to jest refulacji plaży, do wznoszenia konstrukcji takich jak ostrogi, progi podwodne i falochrony.

Na etapie doboru metod, spośród wielu stosowanych w Polsce, niezbędna jest analiza czynników i możliwości lokalnych. Wybór zależy głównie od lokalizacji danego odcinka brzegu. Na podstawie pomiarów morfologicznych należy dokonać analizy przyczyn i zakresu erozji, a także wykonać modele przewidujące działanie wybranej metody. Ważne jest również określenie wpływu wyboru sposobu ochrony plaży na bezpieczeństwo, środowisko, rekreację, infrastrukturę i gospodarkę obszaru. Jednym z elementów często powodującym podjęcie decyzji są dostępne środki finansowe, a więc koszty użycia danego sposobu ochrony czy wzmocnienia, a także koszty utrzymania w przypadku zastosowania budowli hydrotechnicznej bądź konieczność powtarzalności sztucznego zasilania brzegu. Niezależnie od kosztów, ze względu na bezpieczeństwo obszarów i wielkość szkód powodowanych przez procesy erozji, należy wzmocniać i ochraniać plaże, a także, jeśli jest to możliwe, stosować metody przyjazne środowisku naturalnemu.

LITERATURA

1. Łobuz T.: – Raport WWF 2013 – Sposoby Ochrony brzegów morskich i ich wpływ na środowisko przyrodnicze polskiego wybrzeża Bałtyku.
2. Materiały Przedsiębiorstwa Robót Czerpalnych i Podwodnych.
3. Projekt budowlany budowy systemu ostróg na brzegu Półwyspu Helskiego – km 0,0 – 12,3. Tom 2 Konstrukcja ostróg na km 0,0 – 2,0 (Rys. T.2-03) – 21.05.2023.
4. Projekt budowlany inwestycji “Przebudowa opaski brzegowej w Jarosławcu. Etap III Projekt narzutu i ostróg.”
5. <https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/budowa-ostrog-na-mierzei-helskiej/nnq3539> (21.05.2023).
6. <https://inzynieria.com/tag/7774,ostrogi> (21.05.2023).
7. <https://jaroslawiec.pl/atracje/plaza-dubaj-w-jaroslawcu> (19.06.2023).
8. <https://www.umgdy.gov.pl/bezpieczenstwo-morskie/ochrona-wybrzeza/brzeg-klifowy/> (progi podwodne 21.05.2023).
9. <https://www.umgdy.gov.pl/bezpieczenstwo-morskie/ochrona-wybrzeza/brzeg-umocniony/> (21.05.2023).

Niniejszy artykuł powstał na podstawie pracy inżynierskiej Anity Byjós pt.: „Wzmocnienie i ochrona plaż morskich – przegląd metod stosowanych w Polsce i na świecie” na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej pod kierunkiem dr inż. Pawła Więclawskiego. W artykule wykorzystano materiały udostępnione dzięki życzliwości firmy Przedsiębiorstwo Robót Czerpalnych i Podwodnych Sp. z o.o.