



INWESTOR: **Urząd Morski w Gdyni**

ZADANIE:

„BUDOWA FALOCHRONU OSŁONOWEGO W PORCIE RYBACKIM W PUCKU”

FAZA:

**WIELOWARIANTOWA KONCEPCJA BUDOWY FALOCHRONU
OSŁONOWEGO W PORCIE RYBACKIM W PUCKU**

SPIS TREŚCI

- 1 STRONA FORMALNA OPRACOWANIA
- 2 CEL OPRACOWANIA
- 3 LOKALIZACJA TERENÓW OBJĘTYCH OPRACOWANIEM
- 4 ZAŁOŻENIA KONCEPCYJNE
- 5 NAWIGACJA
- 6 STAN ISTNIEJĄCY I WARUNKI GEOTECHNICZNE
- 7 KONCEPCJE PRZEBUDOWY FALOCHRONU
- 8 WYPOSARZENIE NAWIGACYJNE
- 9 PODSUMOWANIE
- 10 MATERIAŁY WYKORZYSTANE DO OPRACOWANIA

SPIS RYSUNKÓW

- 1.0. Plan sytuacyjny Zatoki Puckiej.
- 2.0. Mapa nawigacyjna Zatoki Puckiej.
- 3.0. Wariant I budowy falochronu.
- 4.0. Wariant II budowy falochronu.
- 5.0. Wariant III budowy falochronu.
 - 5.1. Wariant III – częściowa rozbudowa portu.
- 6.0. Wariant IV budowy falochronu.

1. STRONA FORMALNA OPRACOWANIA

Niniejszą dokumentację wykonano na podstawie umowy nr TI-2-JB/25/I/82/09 zawartej w dniu 15.07.2009 roku, pomiędzy Urzędem Morskim w Gdyni, a INGEO Sp. z o.o. Gdynia.

Przedmiotem umowy jest wykonanie opracowań dla zadania inwestycyjnego: „BUDOWA FALOCHRONU OSŁONOWEGO W PORCIE RYBACKIM W PUCKU”

Do opracowań tych należą:

- WIELOWARIANTOWA KONCEPCJA BUDOWY FALOCHRONU OSŁONOWEGO W PORCIE PUCKU WRAZ Z OKREŚLENIEM WSKAŹNIKOWYCH KOSZTÓW WYKONANIA.
- WYKONANIE BADAŃ GEOTECHNICZNYCH
- BADANIA MODELOWE FALOWANIA NA WEJŚCIU DO PORTU GDAŃSK
- **ANALIZA NAWIGACYJNA**
- WSTĘPNA OCENA ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO

Niniejsze opracowanie dotyczy ANALIZY NAWIGACYJNEJ (poz. wytłuszczona)

2. CEL OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest wykonanie Koncepcji dotyczącej projektu Budowa falo-chronu osłonowego w Porcie Rybackim w Pucku woj. Pomorskie. Istniejąca infrastruktura hydrotechniczna nie zapewnia pełnej osłony przed niekorzystnymi warunkami falo-wymi wewnątrz analizowanego portu. Budowa nowego układu falochronów związana jest z przeprojektowaniem układu oznakowania nawigacyjnego oraz sposobu podejścia jednostek pływających do portu

3 LOKALIZACJA TERENÓW OBJĘTYCH OPRACOWANIEM

Teren portu rybackiego i przewidywanej rozbudowy mariny przynależny jest administra-cyjnie do miasta Puck i leżą w jego północnej części. Omawiane tereny położone są na Kaszubach u ujścia rzeki Płutnicy do Zatoki Puckiej w północno-wschodniej części Kępy Puckiej na Pobrzeżu gdańskim Charakterystyczną cechą tego regionu jest występowanie wyodrębnionych płatów wysoczyznowych o wysokości kilkudziesięciu metrów, roz-dzielonych formami dolinowymi (tzw. "kępy"), ponadto mierzei i rozległej delty Wisły. Ze względu na położenie klimat regionu ma cechy nieco bardziej kontynentalne, zimą jest tam chłodniej niż w przypadku pozostałych makroregionów Pobrzeża Południowobałtyc-kiego. Pobreże Kaszubskie jest mezoregionem fizycznogeograficzny (nr regionalizacyj-ny 313.51), znajdujący się na obszarze administracyjnym Gdańska, Sopotu, Gdyni oraz powiatów wejherowskiego i puckiego, wszystkie te powiaty leżą w województwie pomor-

skim. Pobrzeże Kaszubskie jest częścią Pobrzeża Gdańskiego. Występują tu kępy: Ostrowska, Swarzewska, Pucka, Oksywska i Redłowska, kępy są poprzedzielane pradolinaми. Przez mezoregion przepływa wiele krótkich rzek wpływających do Zatoki Puckiej. Pod względem gospodarczym widać sporą różnicę pomiędzy północą a południem. Południowa część regionu cechuje się wysokim stopniem urbanizacji i industrializacji (między innymi Port w Gdyni). Część północna regionu wykorzystywana jest przede wszystkim turystycznie jednakże znajdują się tu też porty rybackie: port Puck i port Władysławowo.

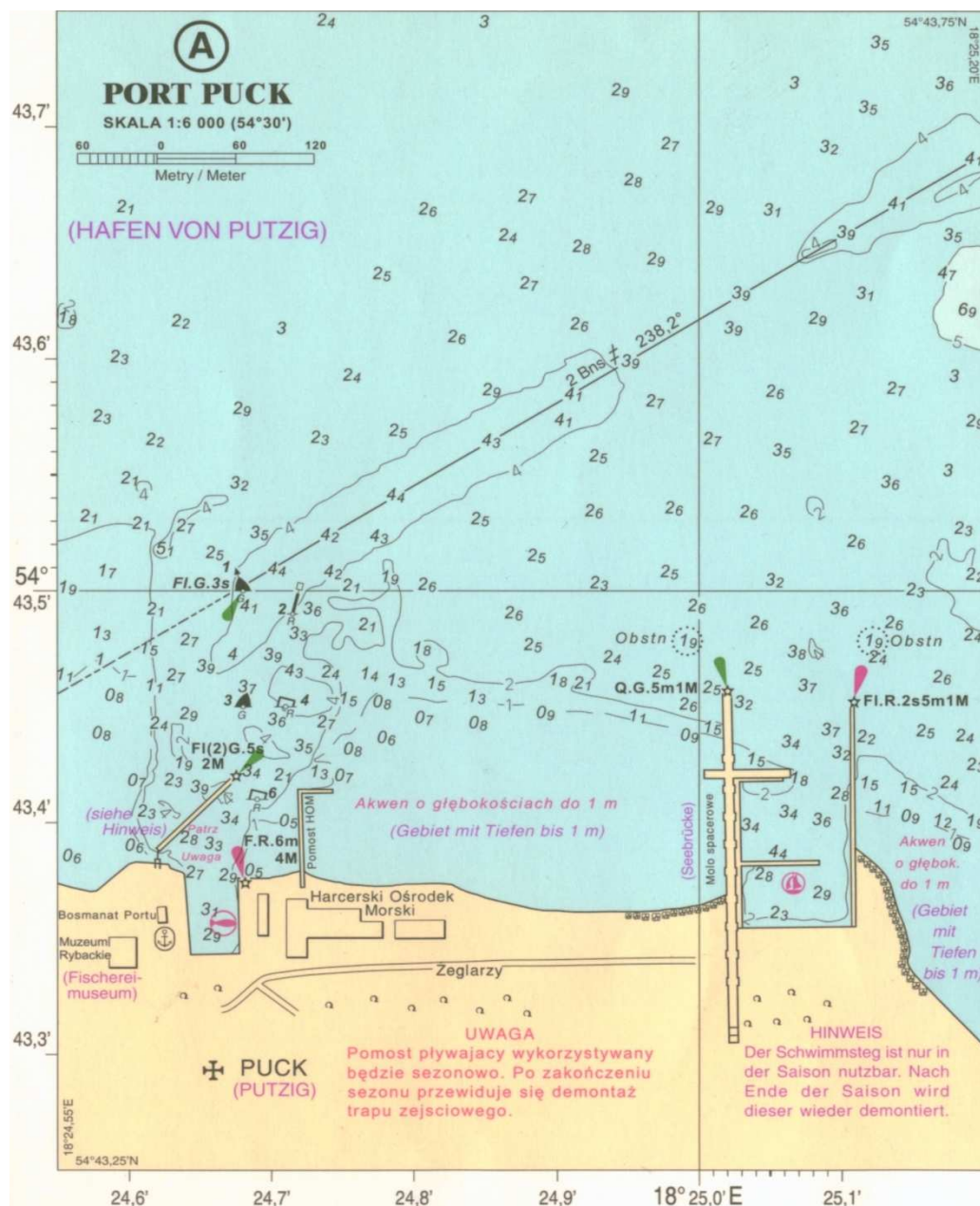
Pobrzeże Kaszubskie jest rejonem o dość wydłużonym kształcie. Granicą wschodnią jest wybrzeże Morza Bałtyckiego oraz na krótkim fragmencie na południu Mierzeja Wiśłana. Północnym fragmentem wschodniej granicy jest wcinająca się w morze Mierzeja Helska. Od północy Pobrzeże Kaszubskie graniczy z Morzem Bałtyckim. Zachodnią granicę mezoregionu tworzą (od północy) Wybrzeże Słowińskie, Wysoczyzna Żarnowiecka, Pradolina Łeby i Redy oraz Pojezierze Kaszubskie z którym Pobrzeże Kaszubskie ma najdłuższą granicą (oprócz morza). Granicę od południa zamykają w Gdańsku Żuławy Wiślane. Pod względem administracyjnym mezoregion leży na terenie powiatów: miasto Gdańsk, miasto Sopot, miasto Gdynia, wejherowski i pucki.

Port Puck tworzą dwa baseny portowe oddzielone plażą i obiektami Harcerskiego Ośrodka Morskiego. Poza basenem Rybackim i basenem Jachtowym, na zachód od portu znajdują się także nieużytkowane baseny pozostałe po dawnym lotnisku nadmorskim.

Według rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 1999 roku, port morski w Pucku obejmuje obszar od wschodniego falochronu basenu Jachtowego do rowu melioracyjnego przy zachodniej części basenu Rybackiego, a także obszar do ulic Tadeusza Kościuszki i Żeglarzy.

Ruchem statków kieruje Bosmanat Portu Puck podległy pod Kapitanat Portu Władysławowo. Infrastrukturą portową administruje Urząd Morski (Port Rybacki) w Gdyni oraz miasto Puck (Marina).

Na rys.1 oraz w przedstawiono mapę nawigacyjną Portu w Pucku. Obydwie jednostki funkcjonalne portu zabezpieczone są przed oddziaływaniem falowania jedynie na pewnych odcinkach. Zarówno falochron pływający jak i falochron półwyspowy mariny nie zapewniają należytej ochrony przed falowaniem, a co najważniejsze ich wzajemna współpraca w ochronie obszarów portowych właściwie nie występuje. Cechą charakterystyczną jest całkowity brak osłonięcia od falowania i wiatrów z kierunku N do NE. W załączniku graficznym przedstawiono mapę nawigacyjną Zatoki Puckiej



Rys. 1. Mapa nawigacyjna Portu w Pucku

4 ZAŁOŻENIA KONCEPCYJNE

Zgodnie z specyfikacją warunków zamówienia przedmiotem zamówienia jest opracowanie koncepcji projektu budowy falochronu osłonowego dla Portu Rybackiego w Pucku. Proponowane w koncepcji rozwiązania oparte są na propozycji IV wariantu opracowania „Rozbudowa portu w Pucku – wstępna analiza warunków falowych i transportu rumowiska” BMT Cordah 2008. Geometria założenia projektowego oparta jest na koncepcji architektonicznej „Via Marina – Ekologiczny port jachtowy w Pucku” Aren Architects, 2009 oraz założeniach ekonomicznych tego przedsięwzięcia opracowanych przez Frąszczak i inni (2003) dotyczących wybudowania nowej, docelowej mariny jachtowej w Pucku w

której znajdują się miejsca cumownicze dla ponad 500 jednostek. Opracowany raport zawiera analizę finansową przedsięwzięcia, pokazuje potencjalne źródła finansowania oraz zamieszcza podstawowe informacje techniczne dotyczące planowanej mariny.

Zgodnie w specyfikacją zamówienia koncepcja wykonana miała być w minimum 2 wariantach, w toku analiz falowania i funkcjonalności portu pod względem możliwości cumowania mniejszych jednostek opracowano 4 warianty układu falochronów osłonowych. Jednostka reprezentatywna dla opracowanych koncepcji spełnia następujące wymagania:

- długość: $L_c=25m$,
- szerokość: $B=8m$,
- zanurzenie: $T_c=3m$.

Głównym celem projektu Via Marina jest stworzenie rozwiązania kompleksowego, zaspokajającego zarówno potrzeby Urzędu Miasta Puck, jak i Miejskiego Ośrodka Kultury, Sportu i Rekreacji w Gminie Puck oraz ludności miasta. Zgodnie z zawartymi w opisie uwagami projekt powstał w oparciu o wyraźną potrzebę rozwiązań architektoniczno - urbanistycznych rozbudowy istniejącego już portu jachtowego.

Jednocześnie rozbudowa ma w sobie łączyć elementy portu rybackiego z tradycją połowów i przetwórstwa, rewitalizując i rozbudowując tradycje rybackie.

Przewiduje się, że strefa rybołówstwa będzie przeznaczona do cumowania, remontu oraz zimowania jednostek pływających.

W związku z faktem, że projekt zakłada rozbudowę na terenach objętych programem „Natura 2000”, to głównym założeniem rozbudowy portu jest dbanie o środowisko naturalne, a właściwie pogodzenie wymagań komercyjnego wykorzystania natury z jej ochroną.

4.1 Analiza koncepcji układu portu Via Marina

Przy realizacji koncepcji portu Via Marina podjęto wiele założeń funkcjonalnych mających na celu uwypuklenie jego ekologicznego i przyjaznego dla środowiska charakteru. W koncepcji Via Mariny przewidziano podział terenów portowych na trzy główne części:

- Zachodnia - port turystyczny
- Centralna - port regatowy
- Wschodnia - port motorowodny (istniejący port jachtowy)

W układzie urbanistycznym zostanie utworzony trakt składający się z zespołu placowopasażowego. Od strony zachodniej: teren przyszłego kempingu - przejście przed tere-

nem przyszłego hotelu - plac przy przyszłym budynku gospodarczo-socjalnym - pasaż przy porcie rybackim - plac w okolicach katedry - pasaż z planowaną ulicą Żeglarzy - plac przy budynkach portowych - plaża miejska - port motorowodny - plaża miejska.

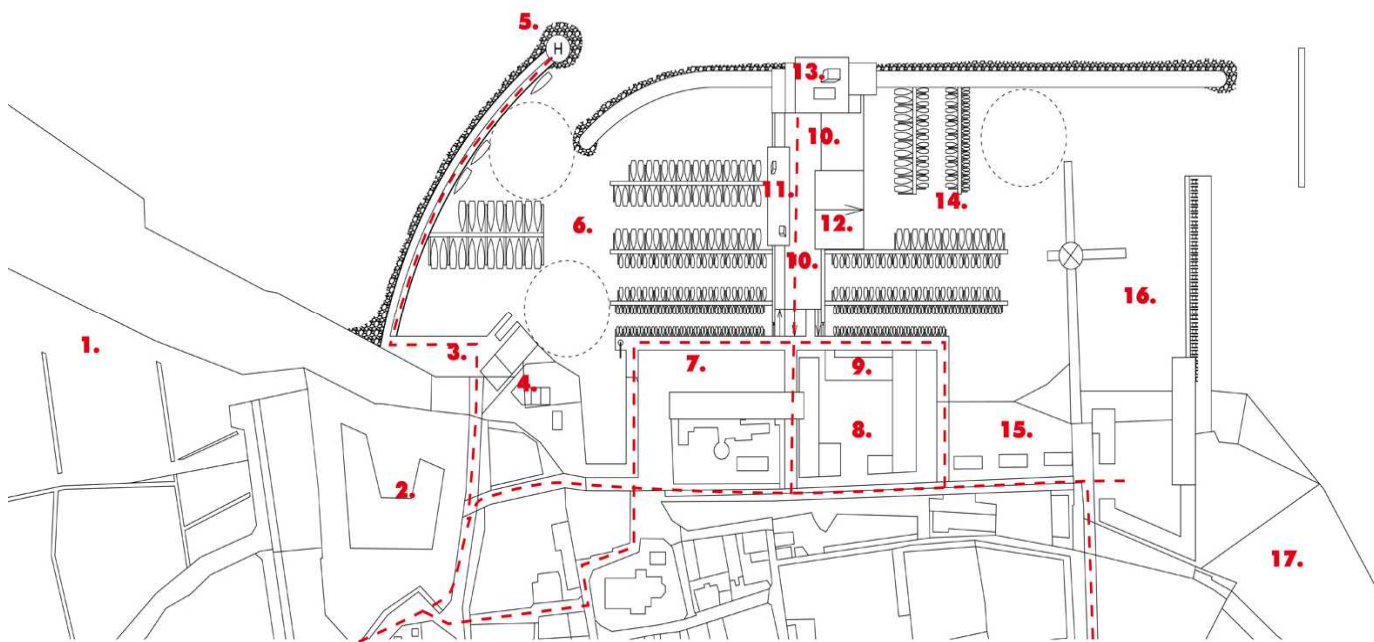
Odpowiednio wykonana konstrukcja oraz rozlokowanie falochronów ma zapewnić że woda wewnątrz portu zachowa naturalną cyrkulację (z czym niezwykle trudno się zgodzić). Część centralna to serce całego założenia - zostanie tam zlokalizowane centrum handlowe oraz hotel konferencyjny - dzięki takiemu układowi port będzie ośrodkiem pracującym przez cały rok, a nie jedynie w sezonie letnim.

W projektowanym założeniu urbanistyczno-architektonicznym wyodrębniono następujące jednostki funkcjonalne (patrz rys.2 i 3):

- 1) Teren kempingowy
- 2) Teren przyszłego hotelu
- 3) Plac rozładunkowo-remontowy z uwzględnieniem rybołówstwa
- 4) Budynek gospodarczo-socjalny
- 5) Lądowisko helikoptera
- 6) Port - część turystyczna
- 7) Plac do wykorzystania na potrzeby HOM
- 8) Zespół budynków portowych
- 9) Plac do wykorzystania na potrzeby portu
- 10) Plac regatowy
- 11) Budynek części regatowej
- 12) Główny slip
- 13) Hotel konferencyjny
- 14) Port - część regatowa ,
- 15) Plaża miejska
- 16) Port - część motorowodna
- 17) Plaża miejska

Założenie architektoniczne portu przewiduje wykonanie 2 niezależnych wejść do portu – Wschodniego (port jachtowy) i Zachodniego (port rybacki i regatowy). Wejście Zachodnie pod względem nawigacyjnym należy uznać na optymalne – wykorzystano istniejący tor podejściowy (kierunek 238.2°). Pewne kłopoty może sprawić podchodzenie jednostek w dół falowania sztormowego z kierunku NE. Dla takiego układu podejścia jednostki wpływające do wejścia portu mają obniżone zdolności nawigacyjne (falowanie od rufy).

Nie do końca fortunnym rozwiązaniem było także wykonstruowanie kanału wejścia do portu pomiędzy dwoma falochronami narzutowymi. Podchodzenie jednostek przy silnym wietrze bocznym prostopadłym do głowicowych części falochronu doprowadzić może do zejścia z kursu i kolizji z narzutem falochronu.



Rys.2. Schemat funkcjonalnego wykorzystania projektowanego portu Via Marina



Rys.3. Wizualizacja projektowanego portu w Pucku

Kolejnym zagadnieniem było kłopotliwe umiejscowienie jednego z pomostów cumowniczych (na zachód od obszaru 6). Przewidziana lokalizacja pomostów i obrotnicy pokrywa się idealnie ze strefą ekspansji falowania dla kierunków NE. Poza tym dla przyjętej do koncepcji miarodajnej jednostki projektowej stanowi to duże utrudnienie w nawigacji. Rezygnacja z tego elementu wyposzczenia umożliwia lepsze wykorzystanie portu rybackiego zapewniając możliwość wpływania jednostek morsko-rzecznych (kabotażowce) o długości $L_c=70\text{m}$ (wyporność 1500-2500t) oraz jednostek rybackich pełnomorskich o długości $L_c=35\text{-}40\text{m}$ (wyporność do 400t). Projektowana głębokość przemysłowej części portu (4m) umożliwia swobodne wprowadzenie jednostek o podanych parametrach.

4.2 Warunki meteorologiczne i hydrologiczne

Poziomy wody

Średni poziom wody w Zatoce Puckiej na podstawie danych z lat 1951-1975 wynosi:

- Hel: $500.7 \pm 1.2 \text{ cm}$,
- Puck: $502.0 \pm 1.2 \text{ cm}$,
- Gdynia: $502.0 \pm 1.1 \text{ cm}$.

Przebieg średnich miesięcznych poziomów wody w Zatoce Puckiej, podobnie jak i w Zatoce Gdańskiej, zbliżony jest do sezonowych wahań wód w Morzu Bałtyckim.

W tabeli 1 zamieszczono średnie częstości występowania poszczególnych stanów wody w latach 1975-1978 w Pucku i Kuźnicy.

W okresie prowadzonych na wodach Zatoki Puckiej pomiarów poziomów wody zanotowano następujące absolutne maksima i minima:

- | | | |
|----------|------------------|-------------------|
| - Hel | 665 cm (1905 r.) | 405 cm (1904 r.), |
| - Gdynia | 626 cm (1983 r.) | 411 cm (1937 r.), |
| - Puck | 614 cm (1983 r.) | 417 cm (1901 r.). |

Dla potrzeb projektowych za najbardziej reprezentatywne poziomy wody w Zatoce Puckiej uznaje się materiały pomiarowe zgromadzone przez stację w Gdańsku-Nowym Porcie, głównie z uwagi na fakt, że charakteryzują się one najdłuższą serią pomiarową, od 1886 roku, z niewielką przerwą w czasie wojny (1940-46). Obszarze uwagi na niewielką głębokość i małą pojemność zbiornika w Zatoce występują największe na Bałtyku różnice w temperaturach wód w cyklu rocznym. W okresie letnim notuje się wysokie temperatury wody (nawet 24°C).

Tabela 1. Częstości występowania poszczególnych poziomów wody w Pucku i Kuźnicy na podstawie danych z lat 1975-1978

Przedział [cm]	Puck r%i	Kuźnica [%]	Przedział [cm]	Puck [%]	Kuźnica [%]
570-579	—	0.3	490-499	24.4	23.6
560-569	0.5	1.0	480-489	19.7	19.6
550-559	0.8	1.6	470-479	11.3	9.0
540-549	2.1	2.0	460-469	5.3	1.7
530-539	2.4	2.8	450-459	0.9	0.7
520-529	4.3	6.3	440-449	0.4	-
510-519	10.3	11.5			
500-509	17.6	20.3			

Stan wody w Zatoce Puckiej uzależniony jest oddziaływania spiętrzeń wiatrowych. Analizując rozkłady sezonowe spiętrzeń sztormowych w Zatoce Gdańskiej i czasy ich trwania stwierdzić można, że w ciągu roku stany wody powyżej 550 cm mogą pojawić się 3 do 4 razy, a stany powyżej 600 cm pojawiają średnio raz na dwa lata. Przeciętne spiętrzenie sztormowe powyżej 0.5 m (ponad poziom 500 cm) trwa około 31-32 godziny, zaś powyżej 0.8 m około 9 godzin. Z kolei przeciętny sztormowy przyrost stanu wody wynosi od około 10 do około 16 cm/godz, zaś największe sztormowe przyrosty wynosiły 21 i 22 cm/godz ale może mieć także znacznie szybszy przebieg. Ostatnie groźne spiętrzenie miało miejsce w 1993 roku. Wówczas poziom wody w Pucku w ciągu 3,5 godzin wzrósł o 180 cm. Zjawisko to wywołał zachodni wiatr, który zmienił swój kierunek na południowo-zachodni powodując nagłe spiętrzenie wody od strony Zatoki, a w rezultacie zalanie Chałup. Poziom wody podniósł się wówczas 133 cm (to przekroczyło średni poziom notowany na tym obszarze).

Przyjmując jako reprezentatywne dane ze stacji w Gdańsku-Nowym Porcie dla całej Zatoki Gdańskiej prawdopodobieństwa pojawienia się określonych stanów wody wynoszą:

<u>maksymalne</u>	<u>minimalne</u>
• 612 cm raz na 10 lat,	420 cm,
• 621 cm raz na 20 lat	413 cm,
• 639 cm raz na 50 lat	406 cm,
• 651 cm raz na 100 lat	400 cm,
• 694 cm raz na 1000 lat	384 cm.

Należy pamiętać, że na istniejące dane statystyczne charakteryzujące poziomy morza w Zatoce Gdańskiej nakładają się dwa efekty wielkoskalowe.

Pierwszy z nich to obserwowane od stu lat powolne podnoszenie się wody w Morzu Bałtyckim, Średnią wielkość tego podniesienia można oszacować na około 20-30 cm w ciągu ostatnich 100 lat. Przyczyną tego zjawiska mogą być między innymi długookresowe zmiany klimatyczne wywołujące większy napływ wód z Morza Północnego i związane z tym większe napełnienie Bałtyku.

Drugi z nich to prognozowany efekt cieplarniany powodujący wzrost temperatury atmosfery, co z kolei jest źródłem podnoszenia się poziomu wód wszechoceanu. W zależności od przyjętego rozwoju efektu cieplarnianego poziom wody w oceanach i morzach świata podniesie się o 1 metr do roku 2045, 2060, 2080 lub 2140. Dlatego też przy projektowaniu inwestycji o trwałości 50 lat i większych należy przyjmować poziom wody projektowej uwzględniając poprawkę na wielkoskalowe zmiany poziomu morza lub przewidzieć możliwość łatwego podwyższenia wykonanych falochronów, nabrzeży i pomostów.

Szacunki oparte na badaniach m.in. IPCC, Państwowego Instytutu Geologicznego, Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej pozwalają przypuszczać, że w Morzu Bałtyckim wzrosną: poziom wody, liczba i siła sztormów, średnia temperatura wody i jej zasolenie. Są to zmiany, które muszą spowodować nie tylko konsekwencje dla roślin i zwierząt, ale także zmiany struktury wybrzeża oraz użytkowania wód Bałtyku. Według szacunków Oddziału Pomorskiego Państwowego Instytutu Geologicznego główną przyczyną podnoszenia się poziomu wód Bałtyku (mimo słabej wymiany z Oceanem Światowym) jest topnienie lodowców na obszarach okołobiegunowych oraz procesy geologiczne związane z odprężeniami na Półwyspie Skandynawskim po ustąpieniu lądolodu.

Poziom wód Bałtyku w rejonie wybrzeża podnosi się o 1–2 mm rocznie; w ciągu ostatnich 100 lat podnosił się średnio 1,5 mm na rok; od lat 50 XX w. tempo zmian wzrosło do 5 mm rocznie, a przypuszcza się, że osiągnie wzrost nawet o 80 cm w ciągu najbliższych 100 lat. Według szacunków Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, takie podniesienie się poziomu wód zagrozi terenom położonym nawet do 2,5 m nad poziomem morza.

Należy jednak podkreślić, że głębokość i wielkość Bałtyku zmieniają się od dawna. Około 10 tys. lat temu poziom wody w południowej części morza był o ok. 50 m niższy niż obecnie. Polska linia brzegowa była wówczas położona od 20 do 100 km dalej na północ niż dziś. Na skutek podnoszenia się poziomu morza już około 5–4 tys. lat temu linia brzegowa zbliżyła się do dzisiejszej.

Wiatry

Na całej Zatoce Puckiej przeważają wiatry z sektora zachodniego. Ich łączny udział wa-
ha się od 40 do 50%. W tabelicy 2 zamieszczono procentowe rozkłady występowania wia-
trów z poszczególnych kierunków oraz ich średnie prędkości na podstawie danych po-
mierzonych na stacjach brzegowych w Rozewiu, Helu i Gdyni w latach 1951-1975.

Tabela.2. Częstość występowania wiatrów z poszczególnych kierunków [%] oraz ich średnie
prędkości [m/s] w ciągu roku

Miejscowość	Kierunek wiatru															
	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW	
	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s
Rozewie	6.3	5.0	10.0	4.7	6.9	3.9	10.0	4.8	11.2	4.7	19.0	4.9	19.6	6.6	12.4	6.0
Hel	8.0	4.3	8.9	4.4	10.2	4.2	9.5	4.1	13.3	4.1	12.1	4.7	19.8	5.2	12.5	4.9

Z wyników uzyskanych przez IMGW podczas rejsów na wodach Zatoki Gdańskiej wyni-
ka, że rzeczywiste wiatry występujące na zatoce są średnio o 2 m/s większe niż pomie-
rzone na stacjach brzegowych. W tabeli 3 i 4 przedstawiono wyniki badań z lat 1951-
1975 dla Pucka określające liczbę dni z wiatrem o prędkości przekraczającej odpowied-
nio 10 i 15 m/s.

Tabela. 3. Orientacyjna liczba dni z wiatrem o prędkości przekraczającej 10 m/s dla Pucka

styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
7.6	7.4	7.0	4.5	4.2	3.5	3.6	5.0	4.8	4.7	6.4	4.8

Tabela. 4. Orientacyjna liczba dni z wiatrem o prędkości przekraczającej 15 m/s dla Pucka

styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
3.1	2.8	3.1	1.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.8	1.8	2.2	4.6

Maksymalną prędkość wiatru dochodzącą do 40 m/s zanotowano nad Zatoką Pucką 14
stycznia 1993 roku.

Dla potrzeb projektowych, zob. Szurowski (1983), jako reprezentatywne dane dla Pucka
przyjmuje się dane zamieszczone w tabeli 1 – stacja meteorologiczna w Rozewiu. W la-

tach 1951-1975 w Rozewiu odnotowano średnio rocznie 68.3 dni w roku z wiatrem przekraczającym 10 m/s oraz 24 dni z wiatrem przekraczającym 15 m/s.

W związku z zmianami klimatycznymi wzrastać będzie zagrożenia powodziowe terenów sąsiadujących z Portem w Pucku – w szczególności dotyczy to zachodniego przedpoła. Zagrożenie powodziowe wzrośnie z powodu większej intensywności opadów i sztormów. Jak oceanom z powodu globalnego ocieplenia grożą coraz częstsze i coraz intensywniejsze huragany, tak na Bałtyku można spodziewać się coraz liczniejszych i coraz silniejszych sztormów. Kilkadziesiąt lat temu liczba sztormów na Bałtyku nie przekraczała 2–3 w ciągu roku, obecnie sięga 5 [dane IMiGW]. Częstotliwość sztormów w Zatoce Gdańskiej wzrosła z 11 w latach 60. do 38 w latach 80. XX w.

Stałemu niszczeniu ulega aż 60% polskiego wybrzeża, a dalsze 35% jest w takim stanie, że każdy kolejny sztorm może niszczenie zapoczątkować. Szacuje się, że rocznie Polska traci na rzecz morza ok. 50 ha plaż.

Falowanie

Na obszarze wewnętrznej części Zatoki Puckiej nie prowadzono systematycznych pomiarów falowania wiatrowego. W opracowaniu BMT Cordah dla analizowanego rejonu wykonano obliczenia wysokości i okresów fali przy wykorzystaniu prognostycznej metody Kryłowa. Obliczenia te zostały wykonane dla czterech podstawowych kierunków wiatru (N, E, S i W) oraz dodatkowo dla kierunku SE powodującego największe sfalowanie powierzchni Zatoki. Dla każdego z kierunków wiatru obliczenia wykonano dla dwóch prędkości wiatru: 5 i 15 m/s. W obliczeniach tych przyjęto krok siatki numerycznej równy 1 km. Wyniki tych obliczeń dla strefy brzegowej w rejonie Pucka pokazano w tabeli 5.

Tabela. 5. Obliczone modelem Kryłowa średnie wysokości H i okresy fali T na akwenie przyległym do Pucka (BMT Cordah).

Kierunek Wiatru	Prędkość wiatru			
	5 [m/s]		15 [m/s]	
	H [m]	T [s]	H [m]	T[s]
N	0.10	1.0	0.2	1.5
E	0.15	1.5	0.4	2.0
S	0.10	1.0	0.2	1.0
W	0.1	1.0	0.2	1.5
SE	0.15-0.20	1.5-2.0	0.4-0.6	2.0-3.0

Z tabeli tej widać, że dla przeciętnych warunków pogodowych nie należy się spodziewać fal wyższych od 0.2 m, a dla warunków sztormowych - 0.6 m.

Jedyne pomiary falowania wykonano w rejonie Mechelinek, tj. w zewnętrznej części Zatok Puckiej, na początku lat 70-tych ubiegłego wieku (Druet i inni (1972)). Z pomiarów tych otrzymano, że średnia wysokość i średni okres fali wynosiły: $H_{sr}=0.35m$, $T_{sr}=2.6s$.

Z zamieszczonych w tej samej pracy empirycznych funkcji przewyższenia wysokości i okresów fali wynika, że prawdopodobieństwa pojawienia się określonych parametrów falowania wiatrowego w rejonie Mechelinek wynoszą;

$H=0.57$ m, $T=3.9$ s raz na 10 lat

$H=0.68$ m, $T=4.8$ s raz na 50 lat,

$H=0.75$ m, $T=5.1$ s raz na 100 lat.

Jak podaje Bystrzanowski (2001) dla rejonu Pucka i poszczególnych kierunków wiatrów mamy do czynienia z następującymi rozciągłościami działania wiatru:

- kierunek N W - rozciągłość działania wiatru 1.5 km,
- kierunek N - rozciągłość działania wiatru 6 km.
- kierunek NE - rozciągłość działania wiatru 6 km,
- kierunek E - rozciągłość działania wiatru 12 km.
- kierunek SE - rozciągłość działania wiatru 50 km.

Zgodnie z powyższymi danymi teoretycznie, jedynie dla kierunku wiatru SE może wystąpić znaczące falowanie. Jednakże fala generowana na Zatoce Gdańskiej przed dojściem do Pucka musi pokonać Rybitwią Mieliznę na której większość fal ulegnie załamaniu. W raporcie Bystrzanowskiego (2001) przyjęto, że przy wysokim poziomie morza przez mieliznę nie przejdą fale wyższe od 1m. Na ponowną rozbudowę fali pozostaje zaledwie około 10 km rozciągłości działania wiatru.

W przybliżeniu w odległości około 300 m. (Bystrzanowski (2001) oraz Cieślak i Różański (2001)), na północ od portu w Pucku na głębokości 4.0 m oszacowano następujące parametry projektowe fali:

- wysokość średnia fali: $H=0.67$ m,
- wysokość znaczna fali: $H_s=1.07m$,
- fala projektowa o 1% prawdopodobieństwie wystąpienia: $H_{1\%}=1.6m$.

Obserwacja ostatnich wezbrań sztormowych w pełni potwierdza słuszność przyjęcia jako reprezentatywnej wysokości fali nie mniejszej niż 1m. Przyjęte w opracowaniu BMT falowanie o wysokości 0.4m jest nieporozumieniem, jest to mało prawdopodobne aby wywołała zniszczenia przedstawione na rys.4. Fala o podanych w parametrach $H=0,4m$ i $T=3,2s$ nie wymaga najmniejszych zabezpieczeń falochronowych, wprowadzić może jedynie pewien dyskomfort wśród osób znajdujących się na niewielkich jednostkach.



Rys.4. Zniszczenia w porcie jachtowym w Pucku – sztorm z połowy października 2009.



Rys.5. Falowanie w porcie jachtowym – sztorm z połowy października 2009.

Dla analizowanej jednostki projektowej $L_c=25\text{m}$ tego rodzaju falowanie nie powodowało by praktycznie żadnych przemieszczeń.. Wysokość fali nabiegającej z kierunków N i NE zdecydowanie przekraczała 0.4m (patrz rys. 5 i 6), zarówno w porcie jachtowym jak i rybackim. Poważnemu uszkodzeniu uległo wiele łodzi oraz konstrukcje pomostów cumowniczych w porcie jachtowym i falochron pływający w porcie rybackim.

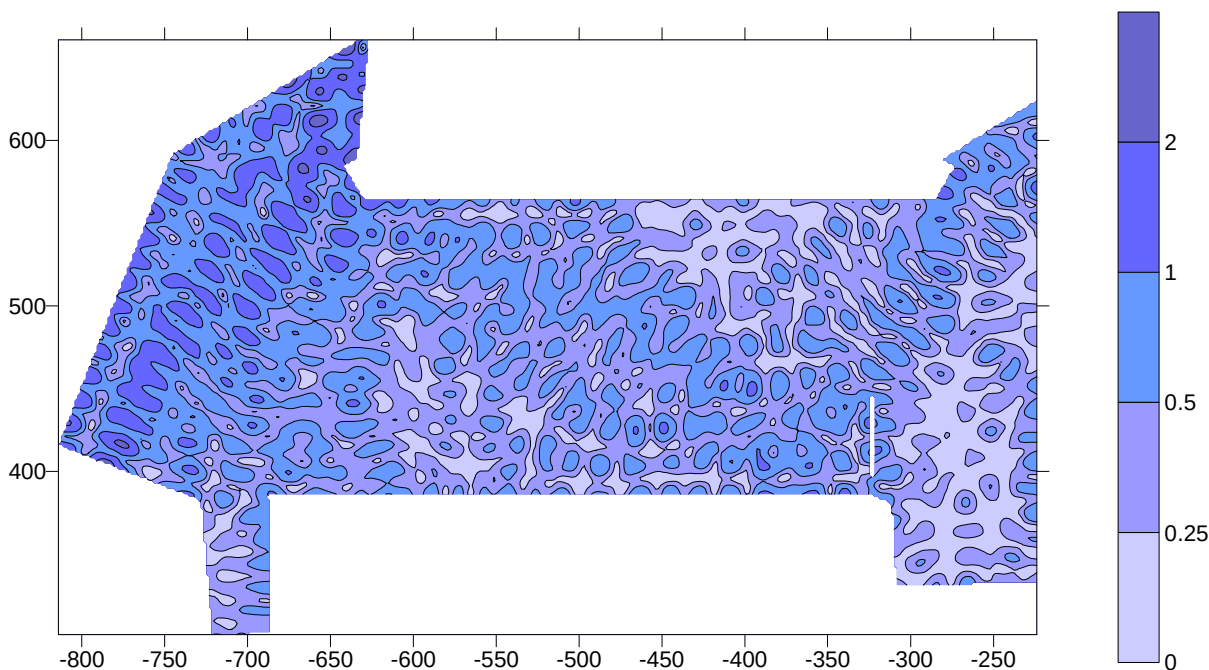
Zabezpieczenie Portu w Pucku przed falowaniem jest niezwykle istotnym zagadnieniem. Aktualne warunki sztormowania jednostek na słabo osłoniętym akwenie wewnętrznym portu jest niebezpieczne (patrz rys. 4-6).



Rys.6. Falowanie w porcie rybackim – sztorm z połowy października 2009.

Wykonane badania modelowe wykazały że mimo zastosowania komór tłumiących w konstrukcji falochronu nabrzeża położone w zachodniej części portu były by wyłączone z eksploatacji w czasie takiej charakterystyki falowania (NE). Sytuacja w pozostałej części portu jest co najmniej niezadowalająca – w szczególności dla małych jednostek pływających. Wykorzystanie w tych warunkach jako stanowisk postojowych pomostów pływających z prostopadłymi bomami cumowniczymi było by niemożliwe. Proponowany układ falochronów zapewnił by natomiast stosunkowo spokojny stan wody w istniejącej części portu jachtowego - wschodniej. Układ falochronów wejścia zachodniego do portu utrudni bezpieczne wejścia jednostek do

akwenu. Powodem tego jest znaczna wysokość fali od nabiegającej od rufy i konieczność wykonywania zwrotu na zafalowanym akwenu.



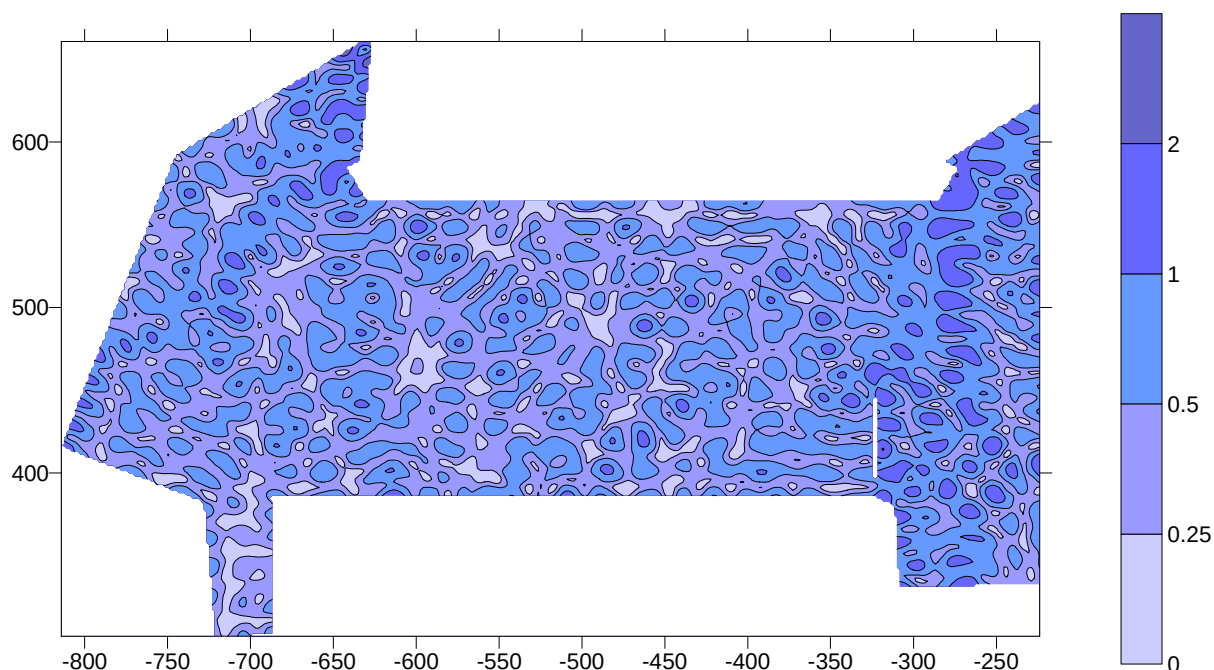
Rys.7. Prognoza wysokości falowania wewnątrz portu, wariant I układu falochronów dla kierunku oddziaływania sztormu NE.

W przypadku falowania sztormowego z kierunku NNE (rys.8), warunki w zachodniej części portu można uznać za zadowalające. Niestety zaproponowany układ falochronów zabezpieczający wschodnie rejony portu nie gwarantuje wymaganej wysokości falowania. Dla sztormu z kierunku N warunki falowe w tej części portu ulegają znacznemu pogorszeniu (rys.9). Bezpieczna eksploatacja istniejącego portu jachtowego w takich warunkach jest niemożliwa. Opisana w modelu sytuacja przypomina sytuację falową z sztormu w październiku 2009. Wysokie falowanie wzdłuż kei falochronu wschodniego identyczne jak na modelu obliczeniowym przedstawiono na rys.5. Można tu zauważyć pełną zbieżność wyników obliczeń z zaobserwowaną charakterystyką rzeczywistego falowania. Potwierdza to słuszność przyjętych założeń.

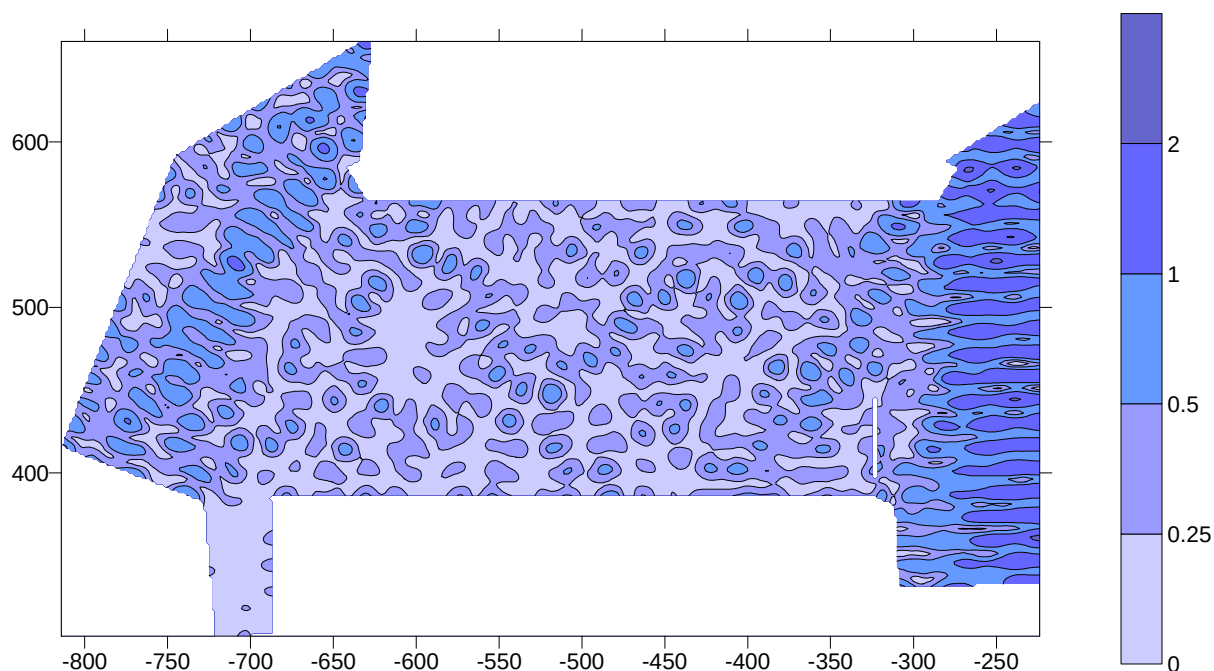
Wykonane analizy potwierdziły konieczność zabezpieczenia obydwu wejść portowych głównie z kierunków N do NNE. Wykonanie falochronu zabezpieczającego jedynie zachodnią część portu nie zapewni oczekiwanego stanu falowania.

Zmodyfikowany układ falochronów wariantu II w znacznie poprawił warunki postoju jednostek, w szczególności w wschodniej części portu (rys.10). Zmiana układu wejścia do portu wraz przedłużeniem falochronu wschodniego zapewniła istotnie ogra-

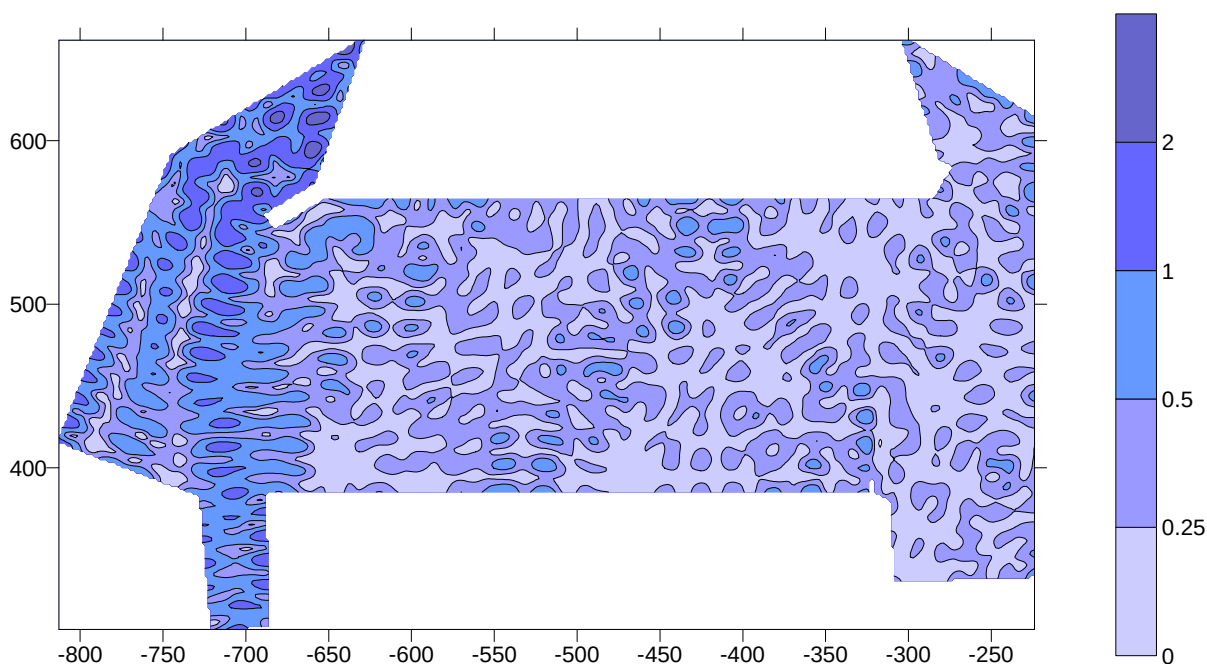
niczenie wysokości falowania. Podobny efekt osiągnięto w na przeciwnym akwenie. Wydłużenie głowicy wyspowego falochronu północnego osłabiło propagację falowania wzdłuż zachodniej linii nabrzeży.



Rys.8. Prognoza wysokości falowania wewnątrz portu, wariant I układu falochronów dla kierunku oddziaływania sztormu NNE.



Rys.9. Prognoza wysokości falowania wewnątrz portu, wariant I układu falochronów dla kierunku oddziaływania sztormu N.



Rys.10. Prognoza wysokości falowania wewnątrz portu, wariant II układu falochronów dla kierunku oddziaływania sztormu NE.

Zjawiska lodowe

Na przebieg zjawisk lodowych w wewnętrznej części Zatoki Puckiej decydujący wpływ mają stosunki batymetryczne oraz kierunki wiatrów. Woda w wewnętrznej części Zatoki łatwo ulega ochłodzeniu w całej swej objętości (od powierzchni do dna) ze względu na małą pojemność cieplną tego płytkiego akwenu. Dodatkowym czynnikiem sprzyjającym powstawaniu lodu jest niewielkie falowanie występujące na tym akwenu dla kierunków wiatrów charakterystycznych dla okresu zimowego oraz utrudnione przenikanie falowania z zewnętrznej części Zatoki Puckiej.

Na podstawie obserwacji zlodzień Zatoki prowadzonych w latach 1946/47-1990/91 przez posterunki lodowe w Pucku, Jastarni, Helu i Gdyni, zob. Korzeniewski (1993), stwierdzić można, że:

- najwcześniej lód pojawia się w części północno-zachodniej Zalewu Puckiego w rejonie Pucka i Swarzewa (druga dekada grudnia),
- na początku stycznia lód pokrywa cały Zalew Pucki (dochodzi do Rybitwiej Mielizny),
- lód w części wewnętrznej utrzymuje się przeciętnie przez 60-80 dni, w ciągu całego analizowanego okresu w Pucku wystąpiła tylko jedna zima bez lodu, a w rejonie Jastarni - dwie zimy, dla Pucka średnia liczba z dni z lodem wynosi 71 dni,
- grubość lodu mierzona w rejonie Pucka w poszczególnych latach, w zależności od surowości zimy, wynosiła od 0.1 do 0.7m,

- średnia grubość pokrywy lodowej w wewnętrznej części Zatoki Puckiej wynosi od 0.25 m w rejonie Pucka do 0.20 m w rejonie Rybitwiej Mielizny.

W rozpatrywanym okresie obserwacji w Zatoce Puckiej zaobserwowano łącznie około 60 spiętrzeń lodowych. Powstały one na brzegach zatoki, na mieliznach przybrzeżnych i w obrębie pól lodowych dociskanych przez wiatry do brzegu.

Spiętrzenia lodowe w wewnętrznej części Zatoki Puckiej są formowane z kry powstałej w wyniku rozpadu stałej pokrywy lodowej pod wpływem działania silnych wiatrów. W rejonie Pucka i Swarzewa obserwowano spiętrzenia sięgające do wysokości 3-4 m ponad poziom wody. Dla budowli usytuowanych na wodach Zatoki Puckiej najbardziej niebezpieczne są dryfujące pola lodowe, które mogą się piętrzyć przy konstrukcjach hydrotechnicznych. W marcu 2006 roku wielkie pole lodowe w Zatoce Puckiej (na północ od Rybitwiej Mielizny) spowodowało awarię budowli hydrotechnicznych w porcie Puck (port rybacki i przystań jachtowa). Sytuacja była bardzo groźna, poważnemu uszkodzeniu uległa konstrukcja moła spacerowego (rys.11 i 12).



Rys.11. Spiętrzenie pola lodowego, port jachtowy w Pucku, marzec 2006.



Rys.12. Uszkodzone moło spacerowe, port jachtowy w Pucku, marzec 2006.

Dla potrzeb projektowych, zob. Bystrzanowski (2001) oraz Cieślak i Różański (2001), dla akwenu położonego w sąsiedztwie Pucka można przyjąć grubość pokrywy lodowej równej 0.7 m, występującej od połowy listopada do początku kwietnia. Projektowane w koncepcji konstrukcje falochronów są odporne na oddziaływanie pola lodowego. Łagodnie pochyłe skarpy narzutów kamiennych umożliwią „wślizgiwanie” bloków lodu na koronę falochronu.

5 NAWIGACJA

a) *Opis stanu istniejącego*

Nabieżnik dzienny PUCK-REDA (krk 238,2°) na zachód od portu - kratowe wieże z oszalowaniem pomalowanym na biało.

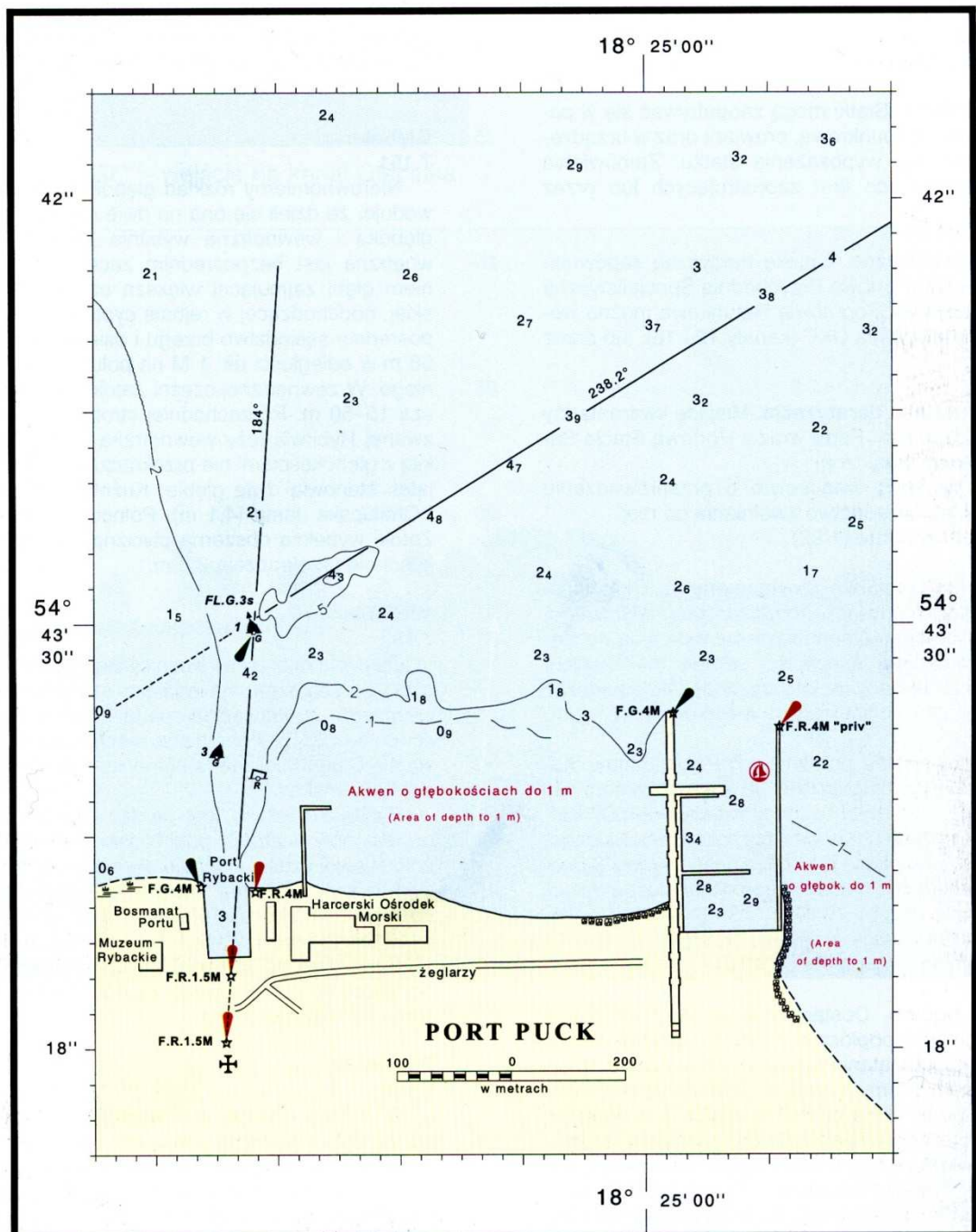
Podejście - od pławy świetlnej „GL” należy sterować kursami zmiennymi przez kanał Głębinka w czerwonym sektorze światła REWA, kierując się wystawionym oznakowaniem. Po wejściu w biały sektor światła REWA, wykonać zwrot w prawo i położyć się na kurs 352° prowadzący w osi światła (stawa za rufą). Gdy stawa RZUCEWO znajdzie się w namiarze 270° należy wykonać zwrot w lewo na kurs prowadzący na pławę świetlną „P-K” wystawioną w linii nabieżnika dziennego PUCK-REDA. Przy pławie wykonać zwrot w lewo na zieloną pławę świetlną „1”, oznakowującą prawą stronę początku toru wodnego.

go do portu. Po osiągnięciu pławy położyć się na kurs 184° i sterować do wejścia w linii nabieżnika świetlnego PUCK-PORT. Szerokość kanału Głębinka wynosi 80 -100 m; najmniejsza głębokość 2,8 m; dopuszczalne zanurzenie jednostek nie powinno przekraczać 2,0 m. Sztormy z kierunków północno-zachodnich lub południowo-wschodnich mogą spowodować zamulenie kanału. Na odcinku, przez który steruje się do pławy „P-K”, głębokości wynoszą 4,0-4,5 m; z prawej strony ciągną się spłylenia (2,6 m). Przy głowicy wschodniego mola portu rybackiego w Pucku leży osychająca mielizna. Przy silnych wiatrach i falowaniu żegluga przez rejon podejściowy jest utrudniona. Przeszkodą jest również zastawny sprzęt rybacki. Na rys.17 przedstawiono układ oznakowania wejścia do Portu Rybackiego. Szczegółową mapę nawigacyjną Zatoki Puckiej wraz z opisanymi powyżej znakami nawigacyjnymi załączono do części graficznej niniejszego opracowania (rys.3). Aktualnie układ wejścia do basenu uległ zmianie, falochron pływający w trakcie ostatnich sztormów uległ uszkodzeniu. W tabeli 6 zestawiono podstawowe parametry znaków nawigacyjnych podejścia do Portu w Pucku (na podstawie Spisu świateł i sygnałów nawigacyjnych tom II BHMW, Gdynia 2002). Oprócz opisanych technicznych znaków nawigacji pomocnymi elementami dziennej orientacji są także wieże kościołów (Puck, Swarzewo, Kuźnica, Jastarnia i Hel), komin cegielni i wieża zamku w Rzucewie oraz maszty elektrowni wiatrowych. W nocy są dobrze widoczne światła latarni w Roze-wiu, Jastarni i Helu. Ważnym punktem orientacyjnym jest także bardzo charakterystyczna sylwetka restauracji Bursztynia znajdującej się na pomoście mola spacerowego w porcie jachtowym.

b) Modyfikacja toru podejściowego

W przypadku wariantu I, II i IV tor podejściowy do Portu w Pucku nie ulega istotnym modyfikacjom. Główne kierunki podchodzenia i oznakowanie nawigacyjne pozostaje bez zmian, dotyczy to zarówno części zachodniej (rybackiej) jak i wschodniej (jachtowej) portu. Oznakowanie wymagać będzie jedynie niewielkiego uzupełnienia i modernizacji. Konieczne będzie wykonanie nowego oznakowania wejścia wschodniego i zachodniego do portu oraz pomocniczych znaków nawigacyjnych w miejscu rozdzielenia torów wodnych. W przypadku wariantu III zmiany przebiegu podejścia do portu w stosunku do istniejącego stanu mają zdecydowanie większy zakres. Kierunek istniejącego toru (238.2°) zachowany jest do miejsca rozdzielenia torów podejściowych wschodniego i zachodniego wejścia portu. W tym miejscu należy wykonać zwrot na prawo (kurs 265°) utrzymując zadany kierunek aż do główki Falochronu Północnego. Zaprojektowany w tym miejscu akwen manewrowy umożliwia wykonanie zwrotu i nakierowanie jednostki na kurs 107° prowadzący bezpośrednio do wnętrza portu.

Dla wariantu IV manewry wejścia do portu ograniczają się do wykonania zwrotu na lewo z głównego toru podejściowego na kurs 190° .



Rys.13. Schemat oznakowania nawigacyjnego Portu w Pucku.

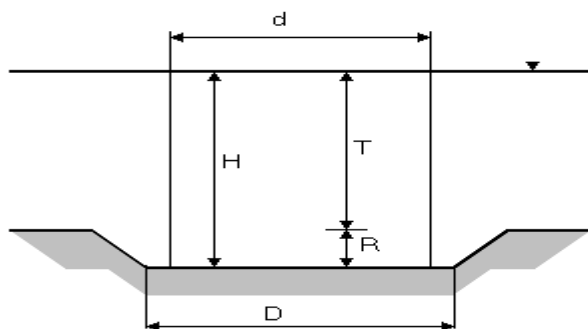
Tabela. 6. Spis świateł i sygnałów nawigacyjnych na podejściu do Portu Puck.

Nr wg.BHMMW 521	Rejon, nazwa i położenie	Pozycja N E	Charaktery- styka świa- tła, okres [s]	Wys. św ponad wodą [m]	Nomi- nalny zasięg światła [M]	Opis	Uwagi
0265	Zat. Pucka Pława świetlna „GŁ”	54 39.1 18 32.4	LFI 10s 2.5+(7.5)	-	-	Białe i czerwone pasy pionowe, kolumnowa, kula	-
0267 C 3010	Rewa Światło sektorowe na S cypla rewskiego	54 38.0 18 30.7	Oc W R 4s (1)+3	10.0	W 6 R 4	Pomarańczowa stawa kratowa, biały trapez z pomarańczowym obramowaniem	132°-R-167- W-177-R- 222°
0268	Pława świetlna „1”	54 39.3 18 31.0	FI G 3s 0.3+(2.7)	-	1	Zielona, drążkowa, reflektor radarowy	
0269	Pława świetlna „4”	54 39.2 18 31.0	FI R 3s 0.3+(2.7)	-	1	Czerwona, drążkowa, reflektor radarowy	
0270	Puck Pława świetlna „P-K”	54 43.9 18 25 .8	FI 3s 0.3+(2.7)	-	-	Białe i czerwone pasy pionowe, kula	
0271	Pława świetlna „1”	54 43.5 18 24.7	FI G 3s 0.3+(2.7)	-	-	Zielona, stożek	
0273 C2996	Nabieżnik PUCK-PORT Światło dolne w pobliżu Bosma- natu Portu	54 43.3 18 24.7	FR	12.0	1.5	Słup z żółtym rombem	Nbż. krk 184°
0273.1 C2996.1	Światło górna w pobliżu Kościoła	54 43.3 18 24.7	FR	18.0	1.5	Słup z żółtym rombem	
0274 C3000.1	Puck- port rybacki, Wejście strona - W	54 43.4 18 24.6	FG	6.0	4	Słup	
0274.1 C3000.2	Wejście strona - E	54 43.4 18 24.7	FR	6.0	4	Słup	
0275 C 3000	Puck- port jachtowy, Wej- ście strona - W	54 43.5 18 25.0	FG	6.0	4	Słup	
0276 C 2999	Wejście strona - E	54 43.5 18 25.1	FR	6.0	4	Słup	Św. prywat- ne

c) Parametry toru wodnego.

Dla prostoliniowych odcinków torów wodnych stosowane są dwa podstawowe kryteria oceny bezpieczeństwa nawigacji. Są to:

- rezerwa wody pod stępką,
- szerokość pasa ruchu,



Dla określenia parametrów toru wodnego przyjęto wymiary „statku modelowego”, tzn. statku maksymalnego, który może przechodzić torem bez jakichkolwiek ograniczeń eksploatacyjnych

Głębokość toru wodnego.

Podstawowym kryterium oceny bezpieczeństwa żeglugi na wszystkich rodzajach akwenów jest **rezerwa wody pod stępką**. Głębokość na szlaku żeglownym powinna być dostatecznie duża, aby pod dnem statku czy barki, przy pełnym zanurzeniu, pozostało co najmniej kilkadziesiąt centymetrów wody. Dla potrzeb opracowywanej koncepcji przyjęto zalecenia IHO, według których, w celu zapewnienia bezpiecznego manewru na danym akwencie, musi być spełniony warunek:

$$H \geq T + R$$

gdzie:

H – głębokość wody na danym akwencie pływania (m),

T – zanurzenie statku (m),

R – rezerwa wody pod stępką (m),

δR – błąd oceny poprawek (m).

Elementy składowe rezerwy R wody pod stępką

R_1 – rezerwa na błąd sondażu zależna od głębokości – głębokość do 4 m – 0,1 m,

R_2 – rezerwa nawigacyjna (dla dna miękkiego, częstych sondaży) – 0 m,

R_3 – rezerwa na zamulanie – 0,2 m,

R_4 – rezerwa na błąd określenia pływu – 0 m,

R_5 – rezerwa na błąd określenia stanu wody – 0,1 m,

R_6 – rezerwa na błąd zanurzenia statku – 0,1 m,

R_7 – rezerwa na przechył statku – 0 m,

R_8 – rezerwa na osiadanie statku w ruchu obliczona wg wzoru:

$$R_8 = 0,01V^2 \cdot \delta$$

gdzie:

V – prędkość statku [węzły]

δ – współczynnik pełnotliwości podwodzia dla statku umownego $R_8 = 0,3$ m,

R_9 – rezerwa na falowanie wody – 0,2 m

Rezerwa wody pod stępką $\Sigma R = 1,0$ m

Minimalna głębokość toru, głębokość techniczna zapewniającą rezerwę na przechył statku podczas wykonywania zwrotów dla statku umownego tj o zanurzeniu

$$T = 3,0 \text{ m} \quad \text{wyniesie: } H_{min} \geq 4,0 \text{ m}$$

W nawiązaniu do zapisów umowy istniejący tor wodny spełnia powyższe założenie.

Przy zrealizowaniu w 100% rezerwy bagrowniczej przyjętej w projekcie jako 0,5m można dopuścić jednostkę o zanurzeniu do $T \leq 3,5\text{m}$.

Szerokość toru wodnego.

Szerokość toru wodnego jest drugim podstawowym kryterium oceny bezpieczeństwa nawigacji. Ma ona zapewnić bezpieczne przejście „statku modelowego”, którego właściwości manewrowe, zwłaszcza w wąskich przejściach i przy małych prędkościach są ograniczone.

W literaturze fachowej spotyka się znaczne rozbieżności przy obliczaniu szerokości torów wodnych. Najczęściej stosowane jest określenie szerokości pasa ruchu w funkcji szerokości statku.

Przy opracowywaniu niniejszej koncepcji w celu obliczenia szerokości prostoliniowego pasa ruchu zastosowano metodę trzech składowych:

- nawigacyjna składowa szerokości pasa ruchu – dotycząca działania załogi statku (pozycje, kursy, ocena sytuacji żeglugowej),
- manewrowa składowa pasa ruchu – określa zdolności manewrowe statku,
- rezerwowa szerokość pasa ruchu – parametry statku, działanie prądu i wiatru (wymiary statku, powierzchnie nawiewu, siłę i kierunek wiatru).

Do obliczeń przyjęto:

- a) średnie parametry błędów ludzkich oraz złe warunki hydro-meteorologiczne,
- b) średnie czasy reakcji związane z manewrowością jednostka do 100 m,
- c) przyjęto „statek modelowy”, skrajny kąt kursowy wiatru 90° oraz prędkość wiatru 10 węzłów.

Dla tak przyjętych parametrów szerokość pasa ruchu wynosi 76 metrów (w tym):

- nawigacyjna składowa szerokość pasa ruchu – 48 m,
- manewrowa składowa szerokość pasa ruchu – 16 m,
- rezerwa szerokości pasa ruchu – 12 m.

Zgodnie z zaleceniami IALA, według których, szerokość pasa ruchu powinna być nie mniejsza niż pięć szerokości „statku modelowego” plus margines bezpieczeństwa:

$$d = 5B$$

gdzie:

d – szerokość pasa ruchu (m),

B – szerokość „statku umownego” (m).

$$d = 5 \cdot 8 \text{ m} = 40 \text{ m}$$

Uwzględniając margines bezpieczeństwa (0,5 B z każdej burty), szerokość pasa ruchu z możliwością ruchu dwukierunkowego wyniesie:

$$D = \sim 50 \text{ m}$$

Uwzględniając powyższe dane, do dalszej analizy projektowanych dwukierunkowych torów wodnych przyjęto następujące dane:

- szerokość toru w dnie – 50 metrów,
- głębokość – 4,0 metry.

6 STAN ISTNIEJĄCY I WARUNKI GEOTECHNICZNE

6.1 Opis istniejącej zabudowy

Początków portu puckiego należy szukać w VII w. a może nawet wcześniej, gdyż osadnictwo na terenie Pucka istniało już w III- IV w., czego dowodzą szczątki drewnianych budowli z tego czasu, odkryte przez archeologów w 1977 r. Dość liczne monety rzymskie, arabskie i inne z VIII - X w. spotykane na terenie Pucka świadczą o przybywaniu tutaj zarówno drogą morską, jak i lądową kupców. Ściągnęło ich zapewne istnienie osady portowo-targowej. Nadto od zarania jej istnienia czynna była bez przerwy do dzisiaj przystań rybacka. Domniemania te potwierdziły odkrycia wczesnośredniowiecznego por-

tu w odległości 300- 500 m na północ od dzisiejszego. Późniejszy znany z przekazów pisanych port znajdował się na terenie dzielnicy Korabne. Dzielnicę tę pochłonęło stopniowo morze, pozostawiając jedynie skrawek lądu z współczesną przystanią rybacką i żeglarską. W XVI i XVII wczasach stacjonowania tu floty królewskiej i przygotowań do wojennych wypraw tętniło tu bujne portowe życie.

W latach 1920-26 istniejący Port Pucki wypełniony był różnego rodzaju jednostkami pływającymi, jakimi dysponowała ówczesna polska Marynarka Wojenna. Dzisiejszy port jest przystanią dla kilku kutrów, w niczym nie przypominająca jednego z głównych portów I Rzeczypospolitej (rys.14). Dziś w miejscu pomostów i przystani rosną przybrzeżne trzcinowiska. Prócz kutrów obejrzyć możemy tu pamiątkowy Słup Zaślubinowy, ustawiony na pamiątkę zaślubin Polski z morzem dokonanych przez gen. Hallera 10 lutego 1920 roku, a obok pamiętnego słupa w 2001 roku ustawiono popiersie Gen. Hallera.



Rys.14. Port w Pucku, początek lat 20.

Przystań rybacka w obecnej lokalizacji miejscu powstała w XVII wieku, a dzisiejszy prostokątny kształt basenu istnieje od końca XIX wieku. Basen ten był kilkakrotnie modernizowany, ostatni raz w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku.

Obecnie basen rybacki posiada powierzchnię 0.254 ha i ograniczony jest nabrzeżami: Zachodnim o długości 79.6 m, Południowym o długości 37.3 m i Wschodnim o długości 79.8 m. Głębokości przy nabrzeżach zawarte są w przedziale 3.5-4.5 m.

Na północny-zachód od basenu rybackiego znajdują się dwa małe baseny portowe. Wschodni basen posiada nabrzeża betonowe, a jego wejście osłania drewniany falo-

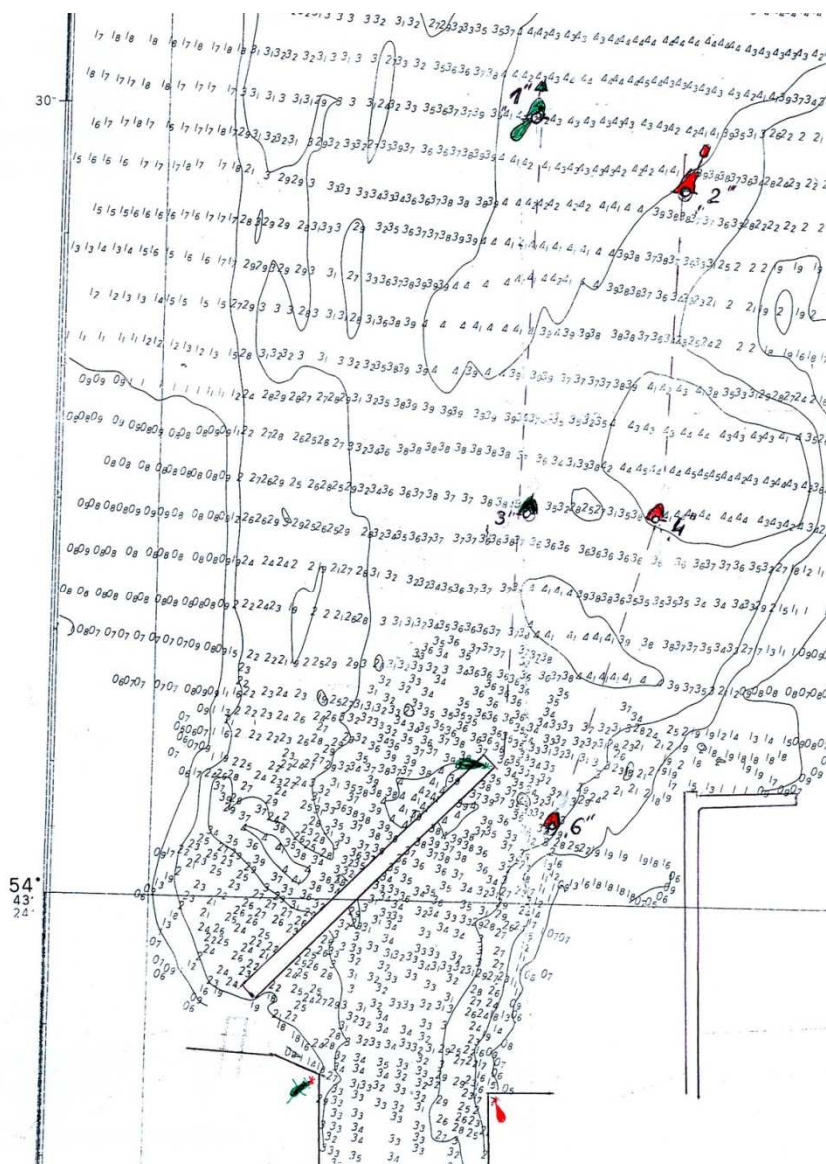
chron. Basen ten może być dostępny dla niewielkich jednostek pływających. Minimalna głębokość na podejściu do basenu wynosi 2,4 m, a głębokość w basenie wynosi ok. 2,0 m. Sąsiedni basen zachodni ze zniszczonym drewnianym falochronem jest niedostępny dla żeglugi. W okresie międzywojennym obszar przy basenach portowych stanowił lotnisko wojskowe, gdzie stacjonował Morski Dywizjon Lotniczy.

W 2005 roku w ramach inwestycji z udziałem środków unijnych w ramach tzw. „Pierścienia Zatoki Puckiej” postawiono na zewnątrz basenu rybackiego, po jego stronie zachodniej, pomost pływający. Pomost ten, pełniący także funkcję falochronu pływającego - ogranicza falowanie docierające do basenu z sektora zachodniego, o całkowitej długości 100 m składa się z dwóch betonowych segmentów. Jego usytuowanie w stosunku do basenu rybackiego pokazano na rys.1. Po ustawieniu falochronu pływającego nastąpiło częściowe zamknięcie dotychczasowego toru wodnego prowadzącego do basenu. W rezultacie koniecznym się stało wykonanie korekty kierunku toru podejścia. Nowo wytyczony przebieg toru podejściowego został przedstawiano na rys.16. Niestety ostatnie sztormy bardzo nadwyrężyły konstrukcję opisywanego falochronu.

Brzeg na zachód od basenu rybackiego jest na krótkim odcinku umocniony opaską brzegową wykonaną w postaci łańcucha Galla oraz narzutu z gruzu betonowego. Poza tym umocnieniem widoczna jest niewielka zatoka erozyjna, z wyraźnie podcięтым brzegiem (patrz rys. 15).



Rys.15. Widok na wejście do portu rybackiego z kierunku zachodniego



Rys.16. Zmiany toru podejściowego do Basenu rybackiego w wyniku budowy pływającego falochronu osłonowego..

Na wschód od basenu rybackiego pod koniec lat 50-tych XX wieku rozpoczęto budowę Harcerskiego Ośrodka Morskiego (HOM), który oddano do eksploatacji w 1960 roku. W ramach tej inwestycji jedyną wybudowaną konstrukcją hydrotechniczną był drewniany pomost posadowiony na palach o długości około 80 m.

Port jachtowy powstawał etapami w latach 1985-1995 obok moła spacerowego. Powstały basen jachtowy od strony zachodniej jest ograniczony mołem spacerowym. Jest to konstrukcja ażurowa o pokładzie drewnianym osadzonym na ruszcie konstrukcji żelbetowej wspartej na palach prefabrykowanych. Część głowicowa falochronu uległa poważnym uszkodzeniom w marcu 2006r. W latach 2007-2008 wykonano kompleksowy remont moła połączony z odbudową jego głowicowej części. Obecnie ta część konstrukcji

posadowiona jest na rurowych palach stalowych. Drewniany pokład mola umieszczony jest na rzędnej +1.85 m. Po wschodniej stronie mola wybudowano pokład niższy dla cumowania jachtów, drewniany, oparty również na konstrukcji żelbetowej na palach prefabrykowanych. Pomost ten o szerokości około 5 m występuje na długości od nasady lądowej do pomostu poprzecznego mola i wzdłuż tego pomostu na długości 37 m. Prostopadle do pomostu cumowniczego dla jachtów na jego 51mb występuje pomost o długości 59 m i szerokości 3.5 m. Pokład pomostu jest wykonany z płyt żelbetowych prefabrykowanych o rzędnej pokładu +1.05 m.

Od strony południowej basen zamyka nabrzeże pionowościenne, przy którym wykonane są dwie rampy ruchome do wodowania jachtów. Rzędna nabrzeża wynosi +0.6-0.7 m.

Od strony wschodniej, narażonej na najbardziej niekorzystne falowanie, basen chroniony jest falochronem o konstrukcji masywnej z pionowościennym parapetem (odbijaczem fal). Długość całkowita falochronu wynosi 192 m, odcinek z parapetem ma długość 115 m. Rzędna nadbudowy falochronu wynosi +0,90 do +1.00 m.

W 2001 roku na zewnątrz basenu jachtowego postawiono falochron pływający. Jego celem było osłonięcie basenu przed falowaniem docierającym do jego wnętrza przy wiatrach północnych. Falochron ten został wykonany w postaci 7 sztuk betonowych pływających pontonów o wymiarach 20x4 m, które były utrzymywane systemem łańcuchów kotwicznych, zakotwiczonych do betonowych (martwych) kotwic, częściowo wkopanych w dno. Jak podaje Komorowski (2007) 30 marca 2003 roku w trakcie silnego sztormu kilka segmentów pływającego falochronu zerwało się z kotwic i niemal doszczętnie rozbiło. Pozostałe segmenty przetrwały do wiosny 2006 roku, kiedy to pod naporem lodu pękły pozostałe łańcuchy kotwiczne, a segmenty falochronu zostały wyrzucone na brzeg. Zarówno kotwice jak i łańcuchy zostały wydobyte z dna latem 2006 roku. Obecnie strona północna basenu jest otwarta na falowanie. Basen jachtowy zapewnia stanowiska postojowe dla jachtów o zróżnicowanej wielkości przy nabrzeżach stałych i pomostach pływających z tzw. Y-bomami zdolnych przyjąć jednorazowo na postój do 60 jednostek średniej długości 6-10 m, 3.6 m szerokości i maksymalnym zanurzeniu do 2.8 m

6.2 Warunki geotechniczne i transport rumowiska

Geologia

Warunki geotechniczne dla obliczenia wstępnego konstrukcji hydrotechnicznych rozeznane są na podstawie danych archiwalnych oraz własnych badań geotechnicznych wykonanych w październiku 2009. W sumie wykonano 4 wiercenia na wodzie (W1 do W4) oraz otwór lądowy. Lokalizacja otworów pokrywa się z umiejscowieniem projektowanych falochronów.

W dnie Zatoki Puckiej występują osady należące do dwóch typów genetycznych. Są to przede wszystkim morskie osady okruczowe (głównie piaski) oraz słodkowodne osady bagienno-jeziorne, które sporadycznie odsłaniają się na niewielkich przestrzeniach dna.

Osady grubo okruczowe, takie jak żwiry i piaski gruboziarniste z otoczkami i głazami występują jedynie w bezpośrednim sąsiedztwie abraadowanych brzegów klifowych w rejonie Pucka i Rzucewa. Piaski średnioziarniste zajmują wąską przybrzeżną strefę dna, przeważnie do izobaty 1 m oraz budują płytkowodne mielizny: Piaski Dziewicze, Rybitwią Mielizną, Mielizną Bórzyńską i Długą Mielizną. Piaski drobnoziarniste są dominującymi osadami w wewnętrznej części Zatoki Puckiej, gdzie zajmują rozległe rejony dna. Jedynie na dnie Jamy Chałupskiej, Kuźnickiej i Rzucewskiej występują gruboziarniste piaski (aleuryty). Wschodnie osadów bagienno-jeziornych odsłaniają się lokalnie w przybrzeżnej strefie dna, na przedłużeniu ujść rzeki Redy i Płutnicy. Pod względem litologicznym są one wykształcone w postaci torfów i gytii wapiennej. W badanym podłożu poniżej warstwy osadów dennych nawiercono czwartorzędowe utwory piaszczyste. Lokalnie w pakiecie utworów niespoistych stwierdzono występowanie przewarstwień utworów lodowcowych reprezentowanych przez gliny pylaste. W punkcie nr 5 w strefie przypowierzchniowej nawiercono również holocenijskie utwory aluwialno-bagienne reprezentowane przez namuły i torfy. Swobodne zwierciadło wody gruntowej stabilizuje się w poziomie zwierciadła wody w Zatoce Puckiej.

Transport rumowiska

Wzdłuż brzegowy transport rumowiska jest niezwykle szkodliwym zjawiskiem dla pracy portu. Najlepszym przykładem takiego oddziaływania są ciągłe kłopoty z utrzymaniem zakładanej głębokości toru podejściowego do Portu w Władysławowie. Większość polskich portów położonych nad otwartym morzem boryka się z tym problemem. Prawidłowe rozpoznanie mechanizmu i intensywności zjawisk transportu rumowiska ma nieocenione znaczenie dla lokalizacji hydrotechnicznych konstrukcji każdego portu.

Ruch rumowiska generowany jest przepływem wody generowanym między innymi, falowaniem, nurtem rzek, prądami pływowymi. W rejonie Pucka nie wykonywano w przeszłości ciągłych pomiarów prędkości przepływu wody. Analiza zmian linii brzegowej dla ostatnich 200 lat w rejonie Portu w Pucku wskazuje na nikły wpływ procesów abrazji brzegów. Procesy o charakterze globalnym, takie jak podnoszenie zwierciadła wody wszechoceanu i powolne obniżanie się terenów południowego brzegu Bałtyku ma tu znacznie większe znaczenie.

Główne przyczyny potencjalnego transportu rumowiska w analizowanej lokalizacji są następujące (Ostrowski i inni 2005):

- zasadniczym czynnikiem generującym prądy jest wiatr,
- w strefie przybrzeżnej kierunki przepływu wody są z reguły równoległe do brzegu,
- w części zewnętrznej Zatoki Puckiej w warstwie powierzchniowej (0-5.0 m) kierunki prądów są na ogół zgodne z ruchem wskazówek zegara, a ich prędkości średnie wynoszą około 0.09 m/s, natomiast w warstwie przydennej średnie prędkości prądów wynoszą około 0.04 m/s, a ich kierunki są przeciwne do kierunków prądów powierzchniowych,
- Rybitwia Mielizna stanowi utrudnienie dla swobodnego przepływu wód pomiędzy obiema częściami Zatoki Puckiej, z reguły ruch wody odbywa się równoległe do Rybitwicy Mielizny po obu jej stronach, przy czym kierunki tych prądów rozwidlają się w północnej części Mielizny, w wyniku czego po stronie wewnętrznej przepływ ten jest skierowany w kierunku N-W, a po stronie zewnętrznej w kierunku S-E, a dopiero przy stanach wody w Pucku przekraczających 520 cm, co występuje średnio jedynie przez 17 dni w roku, następuje wymiana wód poprzez Rybitwia Mieliznę,
- w części wewnętrznej Zatoki Puckiej kierunki przepływów wody układają się równoległe do mielizn, basenów i linii brzegowej,
- w obrębie Basenu Puckiego główną osią przepływu i wymiany wód wewnętrznej części Zatoki Puckiej stanowi rynna biegnąca od Głębinki do Pucka, przy czym tworzący się w tym basenie układ cyrkulacyjny w większości przypadków ma kierunek zgodny z ruchem wskazówek zegara,
- dla średnich prędkości wiatrów z poszczególnych kierunków prędkości powierzchniowe przepływu wody w sąsiedztwie Pucka nie przekraczają 0.04 m/s, a prędkości przydenne są mniejsze od 0.01 m/s,
- drugi system tworzący się na Zalewie Puckim związany jest z Basenem Kuźnickim. gdzie również przeważają prądy o kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara, a ich powierzchniowe prędkości wynoszą około 2-3 cm/s
- z pewnym przybliżeniem zależność pomiędzy prędkością wiatru U_w a prędkością przepływu wody U_p w warstwie powierzchniowej można opisać zależnością:

$$U_p \approx 0.015 \cdot U_w$$

Przy długotrwałych (około 40 godzin) wiatrach z sektora zachodniego tworzy się specyficzny układ prądów powierzchniowych na Zatoce Puckiej. Wiatry te, jak podaje Korzeniowski (1993), powodując napływ wody do Zatoki Gdańskiej wypełniają kolejno zewnętrzną i wewnętrzną część Zatoki Puckiej. W rezultacie na Zalewie Puckim wody przemieszczają się równoległe do brzegów w górę Basenu Puckiego, a więc przeciwnie do kierunku wiatru. Średnie prędkości takiego przepływu nie przekraczają 4-5 cm/s.

Pomierzone w warunkach sztormowych przy wietrze z kierunku zachodniego o prędkościach 10-15 m/s maksymalne prędkości przepływu wody w poszczególnych punktach Zatoki Puckiej były następujące:

- Głębinka i Przejście Kuźnickie: 0.50-0.80 m/s,
- wzdłuż Rybitwiej Mielizny: 0.20-0.40 m/s,
- Jama Rzucewska: 0.37 m/s,
- Jama Kuźnicka: 0.07-0.10 m/s.

Na podstawie istniejących danych pomiarowych zebranych w przeszłości w różnych punktach Zatoki Puckiej i wykonanych obliczeń Bystrzanowski (2001) oraz Cieślak i Różański (2001) sugerują, że przyjąć można w pewnym przybliżeniu dla potrzeb projektowych, iż maksymalne prędkości w warunkach sztormowych w rejonie Pucka nie przekraczają wartości 0.5 m/s. Należy pamiętać, że w sedimentologicznych warunkach strefy brzegowej Zat. Puckiej przy prędkościach przydennych rzędu 0.2 m/s mamy do czynienia z początkiem ruchu osadów dennych, a przy prędkościach przekraczających 0.4 m/s występuje wyraźny transport rumowiska. Dokładne granice początku ruchu osadów zależą przede wszystkim od rodzaju materiału dennego i jego uziarnienia. Z pobranych do analizy próbek gruntu z basenu rybackiego i toru podejściowego. zob. Bystrzanowski (2001) wynika, że osady denne można uznać za nisko skażone zarówno w zakresie zawartości metali ciężkich, jak wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), węglowodorów chlorowcopochodnych i olejów mineralnych.

Według Szurowskiego i Dobrzykowskiego (1983) w rejonie Pucka nie stwierdzono wyraźnego występowania wypadkowego wzdłużbrzegowego transportu osadów.

Obserwacje erozji terenów przylegających do terenu portu wskazują, że linia brzegowa po zachodniej stronie basenu rybackiego oraz wschodniej basenu jachtowego wykazuje pewną tendencję do cofania się. W rejonie tym występują słabo zaznaczone stałe formy erozyjnego oddziaływania morza na brzeg.

7. KONCEPCJE UKŁADU NOWYCH FALOCHRONÓW

W koncepcji projektowej przedstawiono 4 warianty budowy nowego układu falochronów osłonowych dla Portu w Pucku, Wyjściowym rozwiązaniem był układ falochronów projektowanego przedsięwzięcia Via Marina. Ze względu na brak szczegółowych rozwiązań zabudowy wnętrza portu pominięto je w analizach falowania.

W wszystkich wariantach rozwiązań głównym elementem konstrukcyjnym jest falochron narzutowy z kamienia naturalnego zwieńczony żelbetowym łamaczem fal oraz ciągiem komunikacyjnym. Konstrukcja falochronu od wewnętrznej strony basenu umożliwi cu-

mowanie jednostek, w zależności od umiejscowienia falochronu jest wykonana w postaci nabrzeża pionowo ściennego lub wyposażona w komorę tłumiącą poprawiającą warunki falowe akwatorium portowego. Ochronę zewnętrzną falochronu stanowi warstwa narzutu przechodzącego łagodnym łukiem w kierunku plaż i istniejących brzegów.

7.1 Wariant I

Szczegóły układu nowych falochronów wariantu I pokazano na rys. xx. Projektowana konstrukcja składa się z trzech zasadniczych falochronów: półwyspowego Falochronu Zachodniego (dł. ~404m) i Wschodniego (~230m) oraz wyspowego Falochronu Północnego (~365m). Opracowany schemat jest zbliżony do określonego w specyfikacji zamówienia jako podstawowego wariantu IV.

Falochron Zachodni jest całkowicie nową konstrukcją w miejscu jego posadowienia nie stwierdzono żadnych istniejących konstrukcji. Możliwe jest jednak odnalezienie pozostałości zabudowy hydrotechnicznej z lat 20 ubiegłego wieku oraz średniowiecznych fundamentów istniejącej w tej lokalizacji zabudowań przystani.

Falochron Północny, podobnie jak Zachodni będzie konstrukcją całkowicie nową, umiejscowiony równolegle do projektowanego brzegu zapewniając 180m szerokości akwatorium portowego. Zgodnie z koncepcją Via Marina jego konstrukcja ma być połączona z lądem za pomocą pirsu lub mola – szczegółowego rozwiązania nie określono. W celu zlikwidowania nieużytkowych płycizn zlokalizowanych pomiędzy mołem spacerowym a zabudowaniami HOM przewidziano wykonanie w tym miejscu nabrzeża oczepowego o głębokości użytkowej 2m.

W konstrukcji Falochronu Wschodniego wykorzystano istniejący falochron portu jachtowego. Przewidziano przedłużenie jego głowicowej części o ~115m oraz modernizację istniejącego odcinka falochronu i opaski brzegowej. Tor podejściowy dla obydwu dla wschodniego i zachodniego wejścia do portu nie ulega istotnej zmianie, wskazane jest jedynie niewielkie uzupełnienie oznakowania nawigacyjnego ułatwiającego lokalizację toru podejścia do portu jachtowego. Projektowana szerokość wejścia do portu od strony zachodniej – 62m, natomiast dla części wschodniej portu ~51m. Proponowany układ falochronów gwarantuje optymalne warunki nawigacyjne, niestety odsłonięte wejścia do akwatorium ułatwiają propagację falowania do wnętrza portu (patrz rys.12, 13 i 14).

Zalety rozwiązania:

- wykorzystanie istniejących torów podejściowych,

- najmniejszy z opracowanych wariantów zakres prac pogłębiarskich i robót hydrotechnicznych,
- proste warunki nawigacyjne, umożliwiające wpływanie jednostek o wymiarach przekraczających założenia projektowe.

Wady rozwiązania:

- zakładany układ falochronów nie zapewnia pełnej ochrony przed falowaniem w szczególności dla wiatrów z kierunków NW-N dla wejścia wschodniego i NNE-E dla wejścia zachodniego, falowanie sztormowe generowane z w/w kierunków uniemożliwi wykorzystanie do cumowania znacznych obszarów portu.

7.2 Wariant II

Szczegóły rozmieszczenia falochronów przedstawiono na rys. xxx xxx. Proponowany układ oparty jest na rozwiązaniach opisanych w wariantcie I (p.7.1). Analiza wyników propagacji falowania wewnątrz portu wymusiła wprowadzenie modyfikacji układu obydwu wejść do portu. Najbardziej znaczącą zmianą było rozbudowanie głowicowej części Falochronu Wschodniego. Przedłużony odcinek głowicowy o długości ~97m, odchylony o 122° względem głównego kierunku falochronu zapewnia dobrą osłonę wejścia do portu jachtowego dla falowania z sektora N-E. Wyniki analiz numerycznych potwierdziły trafność wprowadzonych zmian. Zaproponowane rozwiązanie w nieznacznym stopniu utrudni warunki podejścia do portu jachtowego. Projektowane oznakowanie i geometria wejścia nie powinna sprawić większych problemów nawigacyjnych dla jednostki spełniającej założenia projektowe.

W przypadku wejścia zachodniego zmiany konstrukcji miały o wiele mniejszy zakres. Objęły tylko zachodnią główkę Falochronu Północnego, zmieniono jej kierunek i długość w celu lepszego osłonięcia od falowania z kierunku N-NNE. Niestety dla sztormów z kierunku NE poprawa warunków falowych nie jest zadowalająca (rys.15). Przewidywana wysokość falowania przy nabrzeżach zachodniej części akwatorium jest zdecydowanie za duże. Dalsze zwiększanie długości falochronów (zachodniego i głowicy północnego) nie przyniesie wymiernych efektów, ale niewątpliwie pogorszy warunki nawigacyjne podejścia do rybackiej części portu.

Zalety rozwiązania:

- wykorzystanie istniejącego toru podejściowego do Portu Rybackiego,
- zakres prac pogłębiarskich i robót hydrotechnicznych zbliżony do wariantu I,

- zapewnienie lepszych niż w wariantach I warunków falowych wewnątrz portu, w szczególności dotyczy to wschodniej części akwatorium.

Wady rozwiązania:

- podobnie jak w przypadku wariantu I zakładany układ falochronów nie zapewnia pełnej ochrony przed falowaniem zachodniej części portu.
- konieczność modyfikacji istniejącego układu nawigacyjnego podejścia do portu jachtowego (nowy tor i obrotnica).

7.3 Wariant III

Analiza wyników badań modelowych falowania wskazała jednoznacznie że schemat osłonięcia wschodniego wejścia do portu zaproponowany w wariantach II jest najbardziej skutecznym rozwiązaniem. Wejście portu skierowane na północny-zachód w połączeniu z odpowiednią geometrią falochronów pomocniczych daje szanse uzyskania optymalnych warunków falowych chronionych akwenów. W związku z tym w wariantach III zdecydowano się na dość radykalny charakter zmian układu falochronów i toru podejściowego do zachodniej części portu. Linia przebiegu wyspowego Falochronu Północnego odchylona została o 17° w kierunku N w stosunku do rozwiązań wariantów I i II. Zmianie uległa także jego długość z 365m została zwiększona do ~457m (wydłużenie o ~92m względem war. I lub ~52m dla war. 2). Dodatkowo zredukowano długość Falochronu Zachodniego z 404m (war. I i II) do ~346m. Bilans zmian ogólnej długości falochronów jest praktycznie zerowy w porównaniu do poprzednich wariantów rozwiązań, a w przypadku analizy kosztów bardziej korzystny ponieważ Falochron Zachodni w wariantach III projektowany jest na znacznie mniejsze falowanie. A co za tym idzie, wymaga lżejszej konstrukcji. Dodatkowo dla tej wersji projektu opracowano rozwiązanie tymczasowego zabezpieczenia basenu rybackiego (rys.xxxx) w przypadku zaniechania realizacji pozostałych falochronów (w szczególności północnego). Zmiana sposobu podchodzenia do zachodniego wejścia portu związana jest z koniecznością radykalnej przebudowy toru podejściowego. Jego dotychczasowa forma i kształt zachowane były by aż do miejsca rozgałęzienia toru wejścia wschodniego (port jachtowy) i zachodniego. W tym miejscu w trakcie nawigacji konieczna była by zmiana kursu podejścia z 238.2° na 265° i utrzymania zadanego kierunku aż do główki Falochronu Północnego. Zaprojektowany w tym miejscu akwen manewrowy umożliwia wykonanie zwrotu i nakierowanie jednostki na kurs 107° prowadzący bezpośrednio do wnętrza portu. Dla jednostki pływającej o zadanych parametrach projektowych wejście do portu nawet przy niesprzyjających warunkach falowych i wiatrowych nie powinno nastroczać najmniejszych problemów. Wykona-

nie nowego toru wodnego wiąże się z znacznie większymi nakładami robót pogłębiarskich i koniecznością przebudowy istniejącego układu znaków nawigacyjnych.

Zalety rozwiązania:

- dobre warunki falowe wewnątrz akwatorium portu, zaprojektowane kierunki otwarcia wejść portowych uniemożliwiają wnikanie do portu falowania z kierunków o realnym zagrożeniu sztormowym.
- zbliżone do poprzednich rozwiązań nakłady na konstrukcje hydrotechniczne,
- możliwość etapowego wykonania założenia inwestycyjnego.

Wady rozwiązania:

- konieczność modyfikacji istniejącego układu nawigacyjnego podejścia do portu jachtowego (nowy tor i akwen manewrowy),
- zwiększone nakłady na roboty czerpalne.

7.4 Wariant IV

Rozwiązanie zaproponowane w wariantcie IV na celu ograniczenie zakresu robót czerpalnych charakterystycznych dla poprzedniego rozwiązania. Podobnie jak w wariantcie II zdecydowano o zmianie kierunku podchodzenia do zachodniego wejścia portu. Jednakże w tym przypadku możliwe jest wykorzystanie istniejącego toru podejściowego z kierunku 238.2° . Ogólne zasady podejścia do portu są zbliżone do stanu aktualnego. Po minięciu zachodniej główki Falochronu Północnego konieczne jest wykonanie ostrego zwrotu na kierunek $110-120^{\circ}$ prowadzący do wnętrza portu. Dla jednostki pływającej o zadanych parametrach projektowych wejście do portu nie powinno sprawiać problemów.

Zalety rozwiązania:

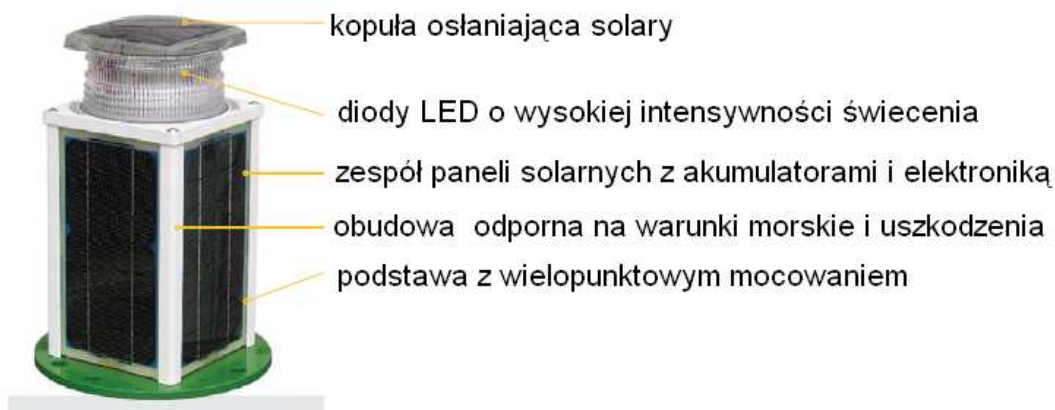
- dobre warunki falowe wewnątrz akwatorium portu, zaprojektowane kierunki otwarcia wejść portowych uniemożliwiają wnikanie do portu falowania z kierunków o realnym zagrożeniu sztormowym, jednak zgodnie z przewidywaniami nie będą tak optymalne jak w przypadku war. III.
- zbliżone do poprzednich rozwiązań nakłady na konstrukcje hydrotechniczne,
- ograniczenie nakładów robót czerpalnych.
- możliwość etapowego wykonania założenia inwestycyjnego.

Wady rozwiązania:

- przeanalizować należy warunki falowe na akwenu osłoniętym wyspowym Falochronem Zachodnim, w przypadku niekorzystnego układu falowania wykonanie opisanych powyżej manewrów wejścia do portu może być utrudnione.

8. Wyposażenie nawigacyjne

Projektowany falochrony i trasy torów wodnych powinny być wyposażone w nowe oznakowanie nawigacyjne. Kwestią otwartą pozostaje rozważenie wykonania nowego układu nabieżników, proponowany układ pław świetlnych zdaniem autorów niniejszej dokumentacji jest wystarczający. Do oznakowania nawigacyjnego wytypowane zostały autonomiczne latarnie nawigacyjne typu CARMANAH 702-GPS (rys.17). Latarnie CARMANAH nie wymagają zasilania zewnętrznego, w związku z czym nie wystąpi potrzeba wykonania osobnej linii zasilającej na falochronach wyspowych, co zdecydowanie obniży koszty budowy oraz późniejszej eksploatacji systemu światła ostrzegawczych. Źródłem energii elektrycznej jest wbudowany na stałe akumulator, z możliwością jego wymiany w przypadkach awaryjnych, wspomagany z baterii solarnej, zintegrowanej z obudową. Wysokowydajne diody LED, stosowane jako źródło światła, w połączeniu z autonomicznym zasilaniem, gwarantują wieloletnią, całkowicie bezobsługową pracę, w związku z czym późniejsze koszty eksploatacji w praktyce nie występują (pomijając przypadki uszkodzeń spowodowanych kolizją).



Rys.17 Latarnia CARMANAH 702-GPS

Latarnia CARMANAH 702-GPS posiada wbudowany moduł GPS, dzięki czemu system światła ostrzegawczych będzie mógł posiadać wspólną charakterystykę świecenia, zsynchronizowaną zarówno między sobą, jak również z charakterystyką świecenia

czerwonego światła wejściowego. Możliwa jest również praca latarni bez charakterystyki, jako światła stałe. Zostanie to określone na poziomie projektu wykonawczego.

Do oznakowania projektowanego toru głównego i odgałęzień torów do planowanych kanałów żeglugowych (w zależności od przyjętego wariantu) niezbędnych będzie zastosowanie następujących oznakowań:

Wariant I

Tor główny:

- pław świetlnych – 2 sztuki,
- oznakowania wejścia do portu – 4 sztuki.

Wariant II

Tor główny:

- pław świetlnych – 2 sztuki,
- Tor portu jachtowego – 2 sztuki,
- oznakowania wejścia do portu – 4 sztuki.

Wariant III

Tor główny:

- pław świetlnych – 5 sztuk,
- oznakowania wejścia do portu – 4 sztuki.

Wariant IV

Tor główny:

- pław świetlnych – 4 sztuki,
- Tor portu jachtowego – 2 sztuki,
- oznakowania wejścia do portu – 4 sztuki

Dla wariantów I – IV oznakowanie nawigacyjne odcinka toru głównego na dojściu do Portu w Pucku nie uległo zmianie

9 PODSUMOWANIE

1. Wariant I i II w najmniejszym stopniu ingerują w istniejący układ nawigacyjny, ewentualny zakres przebudowy oznakowania będzie w tym przypadku najmniejszy. Poważną wadą zakładanego układu falochronów jest niedostateczna ochrona przed falowaniem, co w praktyce dyskwalifikuje to rozwiązanie.

2. Wariant III zapewnia znacznie lepsze warunki falowe wewnątrz portu. Zmiana układu falochronów powinna zlikwidować problemy charakterystyczne dla układów z wariantów I i II. Układ projektowanych falochronów wymusza zmianę układu toru podejściowego do zachodniego wejścia portu.
3. Wariant IV jest kompromisowym rozwiązaniem pomiędzy rozwiązaniami I i II oraz III. Zapewnia znacznie lepsze warunki falowe niż war. I i II, niewątpliwą wadą tego rozwiązanie jest brak osłonięcia kanału podejściowego z kierunków NE.

10. MATERIAŁY WYKORZYSTANE DO OPRACOWANIA

1. *Dziennik Ustaw z 2003 r. Nr 20. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 29 października 2002 r. w sprawie sposobu oznakowania nawigacyjnego polskich obszarów morskich.*
2. *Dziennik Ustaw z 1998 r. Nr 101. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie.*
3. *IALA. Maritime Buoyage System. 1983.*
5. *UM Gdynia. Zarządzenie Nr 14 Dyrektora Urzędu Morskiego w Gdyni z dnia 15 lipca 2005 r. w sprawie określania obiektów, urządzeń i instalacji wchodzących w skład infrastruktury zapewniającej dostęp do portów innych niż porty o podstawowym znaczeniu dla gospodarki narodowej i przystaniach morskich.*
6. *BHMW Nr 502. Locja Bałtyku – Wybrzeże Polskie. Biuro Hydrograficzne Marynarki Wojennej, Gdynia 2009 (z bieżącą korektą).*
7. *Mapa morska Nr 41. Biuro Hydrograficzne Marynarki Wojennej, Gdynia 2006 (z bieżącą korektą).*
8. *BHMW Nr 521. Spis Światel i Sygnałów Nawigacyjnych, tom I. Biuro Hydrograficzne Marynarki Wojennej, Gdynia 2009 (z bieżącą korektą).*
9. *Gdynia. Katalog pław. Urząd Morski w Gdyni, Gdynia 2002.*
11. *Biuro Hydrograficzne Marynarki Wojennej – Spis światel i sygnałów nawigacyjnych tom I – Gdynia 2002*
12. *Zalecenia do projektowania Morskich konstrukcji hydrotechnicznych Z1-Z46, Politechnika Gdańska ; Katedra Budownictwa Morskiego*
13. *Inwentaryzacja własna*
14. *Obowiązujące normy, przepisy i literatura techniczna*

Gdynia październik 2009r.