

Tomasz Szubrycht¹, Stefan Kowalski²

Teoretyczne i praktyczne aspekty przeprowadzonych testów pływających siatkowych barier ochronnych

Wstęp

Wzrastające zagrożenia związane z szeroko rozumianą pozaprawną działalnością na akwenach morskich, w szczególności atakami terrorystycznymi na jednostki pływające, instalacje portowe czy hydrobudowlę sprawiają, iż w ostatnich latach zaobserwować można bardzo dynamiczny wzrost zysków związanych z usługami z zakresu bezpieczeństwa. Szacuje się, że w najbliższych pięciu latach wzrosną one o blisko 190% (coroczny wzrost prawie o 40%). Konsekwencją powyższej tendencji jest podjęcie przez wiele firm i ośrodków rozwojowych na świecie prac naukowo-badawczych i konstrukcyjnych mających na celu stworzenie nowoczesnych systemów minimalizujących zagrożenia bezpieczeństwa na akwenach wodnych (zarówno morskich, jak i śródlądowych).

O ile prace konstrukcyjne w zakresie szeroko rozumianego sprzętu, wyposażenia czy urządzeń ratowniczych prowadzone od kilkudziesięciu lat, przyczyniły się do istotnego wzrostu bezpieczeństwa żeglugi i bezpieczeństwa życia na morzu³, o tyle prace konstrukcyjne i badawcze nad biernymi oraz aktywnymi systemami mającymi minimalizować zagrożenia generowane przez pozaprawną działalność człowieka, w szczególności zagrożenia terrorystycznego, prowadzone są zaledwie o lat kilku.

Wzrost zapotrzebowania na tego typu wyposażenia i sprzętu, skutkuje rozszerzeniem oferty wyposażenia technicznego i usług z zakresu bezpieczeństwa oraz jest wzrastającą konkurencją na szeroko pojmowanym rynku usług z zakresu bezpieczeństwa. Potencjalnym odbiorcom - armatorom, władzom portowym, przedsiębiorstwom pozyskującym z dna morskiego zasoby nieożywione czy administratorom szlaków żeglugowych (morskich i śródlądowych) czy wreszcie użytkownikom różnego rodzaju budowli hydrotechnicznych oferowana jest szeroka gama produktów, których koszt jednostkowy waha się od kilkunastu tysięcy do kilku milionów dolarów.

Oto przykładowe produktów, proponowanych potencjalnym odbiorcom:

- spryskiwacze pozwalające rozprzaskiwać wodę pod dużym ciśnieniem wokół burt statku⁴;
- systemy zraszania, rozprzaskiujące wodę o temperaturze 80-90° wokół statku;
- non lethal weapon, w tym akustyczne urządzenia obezwładniające (LRAD - Long Range Acoustics Device) oraz elektromagnetyczne urządzenia obezwładniające;
- akustyczno-światłowe zintegrowane systemy alarmowania o nieautoryzowanej próbie wtargnięcia na statek.

Jedną z firm, która podjęła aktywną działalność na rynku usług z zakresu bezpieczeństwa, jest szwajcarska firma Geobruugg AG. Specjalizuje się ona w produkcji szerokiej gamy siatkowych barier ochronnych i zabezpieczających. Podjęła ona prace konstrukcyjno-badawcze nad nimi już kilkanaście lat temu. W kolejnych latach systematycznie doskonaliła konstrukcje kolejnych wersji, modeli takich barier, a które znajdują coraz szersze praktyczne zastosowanie.

Produkty tej firmy dowiodły już wielokrotnie swojej użyteczności nie tylko w trakcie testów, ale przede wszystkim w wielu różnorodnych zastosowaniach praktycznych w kilkunastu państwach na świecie położonych na wszystkich kontynentach.

¹ dr hab. inż. Tomasz Szubrycht, prof. nadzw. AMW, Akademia Marynarki Wojennej W Gdyni, Wydział Dowodzenia I Operacji Morskich.

² dr Stefan Kowalski, Akademia Marynarki Wojennej W Gdyni, Wydział Dowodzenia I Operacji Morskich.

³ ILAMA - Międzynarodowe Stowarzyszenie Wytwórców Urządzeń Ratunkowych jest to pozarządowa organizacja zrzeszająca szeroko rozumianych producentów sprzętu i wyposażenia ratowniczego. Powstała ona w 1956 roku początkowo jako LAMA. Pierwsze spotkanie ILAMA odbyło się w 1976 roku w Londynie. W jej skład wchodzi 48 członków. Do jej zasadniczych zadań należy zaliczyć: wsparcie i decydujący głos przy opracowywaniu standardów dla sprzętu ratowniczego i szkolenia ratowniczego, monitorowanie przestrzegania obowiązujących standardów z zakresu sprzętu ratowniczego, promocja uczciwej konkurencji na polu produkcji sprzętu ratowniczego oraz wspieranie prac badawczych w zakresie produkcji sprzętu ratowniczego.

⁴ Zob. „Lloyd's List”, 09.11. 2009

Wszystkie produktu firmy Geobruigg AG, pomyślnie przeszły badania testowe nadzorowane przez wiodące instytucje naukowo-badawcze (jedną z instytucji nadzorujących jest szwajcarski Instytut Badawczy ds. Lasu, Śniegu oraz Krajobrazu).

Firma Geobruigg AG oferuje między innymi: bariery zabezpieczające przed **zagrożeniami naturalnymi** (bariery przeciwrumowiskowe, bariery wychwytyjące odłamki skalne, bariery zabezpieczające przed osuwiskami), **bariery ochronne** (siatki oraz klatki ochronne przed odłamkami powstałymi w czasie detonacji lub eksplozji, aplikacje siatkowe, siatki zwiększające bezpieczeństwo techniczne) oraz **bariery zabezpieczające przed różnymi formami działań pozaprawnych** (system Light Armor System against Shaped Ordnance - LASSO, pływające i stałe bariery wodne, przenośny system ogrodzenia rozwijanego FENCEBOX)⁵.

Nowym intensywnie rozwijanym obszarem działalności rynkowej niniejszej firmy są akweny wodne.

Pływające siatkowe bariery ochronne

W przypadku zabezpieczenia instalacji portowych i hydrobudowli pływająca siatkowa wodna bariera ochronna FOXX firmy Geobruigg AG po raz pierwszy została zaprezentowana na Targach „NAVDEX” towarzyszących International Defence Exhibition „IDEX” odbywającej się w Zjednoczonych Emiratach Arabskich w dniach 20 – 24 lutego 2011 r. Aktualnie tego typu konstrukcje użytkowane są na kilku akwenach morskich na świecie, między innymi na wodach Zatoki Perskiej. Najdłuższa dotychczas wykorzystywana pływająca siatkowa wodna bariera ochronna ma długość ponad 30 km.

Dla zwiększenia szeroko pojmowanego zabezpieczenia instalacji portowych, hydrobudowli przed nieautoryzowanym wtargnięciem na zabezpieczany akwen wodny czy terrorystycznym zamachem samobójczym przy użyciu szybkich łodzi motorowych na statki czy okręty - najbardziej efektywne wydają się być stałe i pływające siatkowe wodne bariery ochronne.

Do ich zasadniczych zalet należy zaliczyć:

- stosunkowo niski koszt (uwzględniający zarówno koszty zakupu, jak i obsługi);
- możliwość wykorzystania zarówno na akwenach morskich, jak i śródlądowych;
- wysoka wytrzymałość na rozciąganie, duża odporność na przecinanie oraz odporność dynamiczna, a także długa żywotność;

- łatwość montażu (czteruosobowy zespół jest w stanie zamontować barierę o długości 50 metrów w czasie 8 godzin) i dokonywania przeglądów;
- odporność na działanie czynników hydro-meteorologicznych (pływy morskie, napór wiatru, falowanie, prądy i zlodzenie) oraz korozję;
- ze względu na swoją konstrukcję bariera nie ogranicza pola obserwacji;
- odporność na promieniowanie UV, ogień, detonacje oraz ostrzelanie z broni palnej;
- możliwość dokładnego zaprojektowania do specyficznych wymagań i warunków lokalnych;
- brak możliwości przedostania się łodzi motorowych zarówno pod, jak i nad barierą.

Jak każda nowa konstrukcja również pływająca siatkowa wodna bariera FOXX przeszła serię badań testowych, które realizowane były w Polsce i we Francji.

Testy pływającej siatkowej wodnej bariery FOXX

W dniach 25.10 – 30.10.2010 miały miejsce przygotowania organizacyjno-logistyczne, natomiast realistyczne testy w skali 1:1 pływającej siatkowej wodnej bariery FOXX przeprowadzono w dniach 02.11 – 05.11.2010 na wodach Zalewu Zakrzówek w Krakowie. Bariera FOXX przeznaczona jest do ochrony wybranych elementów infrastruktury krytycznej w portach, cumujących jednostek pływających, elektrowni wodnych, tam oraz mostów przed zagrożeniami pochodzącymi z powierzchni wody, poczynając od prób przedostania się i infiltracji ochraniających obiektów, po zagrożenia pochodzące od szybkich łodzi motorowych lub łodzi o dużym tonażu wypełnionych materiałami wybuchowymi.

Akwenem, na którym przeprowadzono testy, był zbiornik powstały w wyrobisku będącym pozostałością kamieniołomu w południowej części wzgórza zrębowego Krzemionek Zakrzowskich. Ciekawostką historyczną jest to, że w czasie II światowej na terenie kamieniołomu pracował Karol Wojtyła. Poniżej na rys. 1. przedstawiono lokalizację zalewu.

Powierzchnia zalewu wynosi około 12 ha, lustro wody znajduje się na wysokości powyżej 200 m n.p.m., a maksymalna głębokość zalewu wynosi 32 m. Widoczność pod wodą potrafi sięgać 15 metrów, jednak na głębokości 23 metrów widoczność spada drastycznie. Jest to spowodowane zalegającym siarkowodorem.

⁵ Zob. Szubrycht T., Kowalski S., Zastosowanie barier zabezpieczających w minimalizowaniu zagrożeń bezpieczeństwa, Logistyka 6/2010



Rys.1 Zalew Zakrzówek

Źródło:

http://www.fotosik.pl/pokaz_obrazek/a627030dbcf8b95.html
oraz google maps

Zalew znajduje się na terenie Parku Krajobrazowego „Skałki Twardowskiego”, aktualnie wykorzystywany jest przez płetwonurków. Na jego brzegach znajduje się baza Centrum Nurkowe Kraken. Wybór tego akwenu podyktowany był kilkoma względami. Po pierwsze, jego lokalizacja (w południowej części Polski - zmniejszało czas dojazdu ze Szwajcarii części zespołu badawczego). Istotnym był również fakt, że w Krakowie znajduje się siedziba polskiej filii firmy Geobrugg AG.

Ponadto wysokie i strome brzegi zalewu minimalizowały wpływ falowania wiatrowego na uzyskane wyniki przeprowadzanych testów. Nie bez znaczenia pozostawał fakt, stosunkowo łatwego i bezpośredniego dojazdu do brzegów tego zbiornika wodnego. Przy podejmowaniu decyzji o wyborze miejsca badań testowych nie bez znaczenia, na podjęcie decyzji, była lokalizacja w bezpośrednim sąsiedztwie Zalewu Zakrzówek hotelu Sympozjum, który stanowił bazę logistyczną dla realizowanych

prób. Szwajcarskie standardy przeprowadzania tego typu prób testowych wymuszały konieczność zapewnienia specjalistycznego zabezpieczenia: medycznego, nurkowego i z zakresu ochrony środowiska. W tym kontekście wybór Polski jako miejsca przeprowadzenia testów podyktowany był również wymiarem finansowym. Koszty przeprowadzenia badań testowych, przy zapewnieniu takich samych standardów jakości, w Polsce były znacznie mniejsze, niż w Szwajcarii lub w innych krajach Unii Europejskiej.

Testy pływającej siatkowej wodnej bariery FOXX realizowano z rygorystycznym przestrzeganiem wszystkich wymogów zawartych w Standard Test Method for Boat Barriers opracowanych przez ASTM (Komitet F12 - *Security Systems and Equipment*, a konkretnie jego podkomitet *Systems Products and Services*).

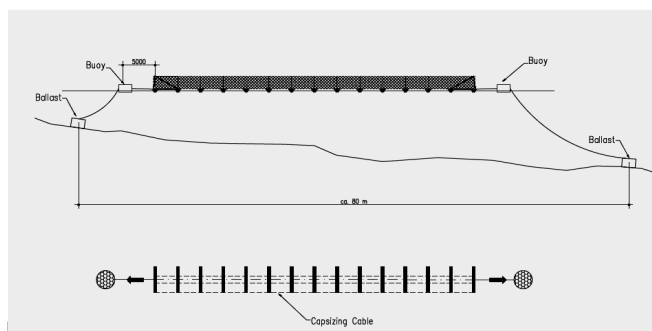
Należy podkreślić, iż warunki pogodowe w trakcie przeprowadzania testów były optymalne. W ich trakcie prędkość wiatru wynosiła od 3 do 5 m/s, a wysokość fali na akwenu nie była większa niż 0,2 metra. Jedynym utrudnieniem był szybko zapadający zmierzch, który uniemożliwił przeprowadzenie rejestracji filmowej po godzinie 1500, tym samym testy przeprowadzono w godzinach 0800 - 1500.

Testowana **bariera FOXX** składa się z modułów, których głównym elementem jest siatka stalowa o wysokiej wytrzymałości MAXX, połączonych ze sobą w taki sposób, aby kompensować ruchy wody oraz zmiany jej poziomu. W związku z małymi oporami stawianymi przez bariery FOXX, świetnie nadają się one do instalacji w charakterze bramy. Bariery tego typu są również odporne na pływy oraz falowanie. Siatka tworząca pływającą barierę wodną wykonana jest ze splotu dwóch nierdzewnych drutów o średnicy 4 mm, które charakteryzuje wytrzymałość splotu wytrzymałość na rozciąganie wynoszące ponad 1,750 N/mm². Bariera tworzona jest z dowolnej liczby sekcji podstawowych o długości 50 metrów i wysokości 2,4 metra. Siatka tworząca każdą z sekcji podstawowych mocowana jest na 4-metrowych pływakach. Odstępy między kolejnymi pływakami wynoszą 3,5 metra. Istnieje możliwość łączenia dowolnej liczby sekcji podstawowych. W górnej części bariera wyposażona została w dodatkowe liny, które zmniejszają prawdopodobieństwo „przeskoczenia” bariery przez szybką łódź motorową (szczególnie przy wyższych stanach morza). Zaletą barier FOXX jest również to, iż może ona zostać przeholowana we wskazane miejsce za pomocą łodzi motorowej.

Istnieje możliwość takiego dobrania pływalności pływaków, by znajdowały się tuż pod powierzchnią wody, tym samym może to w znaczący sposób zmniejszyć widoczność bariery. Istotną zale-

tą niniejszej bariery jest to, iż może ona być rozczepiana i służyć jako brama dla wpływających lub przepływających jednostek przez zabezpieczony akwen. Otwarcie i odholowanie sekcji podstawowej możliwe jest z wykorzystaniem średniej wielkości łodzi motorowej. W przypadku testów na Zalewie Zakrzówek wykorzystano jedną sekcję podstawową. Na rysunkach poniżej przedstawiono testowaną sekcję podstawową oraz elementy ją tworzące.

Chcąc zapewnić stabilność testowanej sekcji podstawowej bariery FOXX wyposażono ją w dodatkowe balasty, które przymocowane zostały do boi znajdujących się na końcach sekcji. Poniżej na rys. 3 - 4 przedstawiono wybrane elementy testowanej bariery.



Rys. 2. Schemat testowanej na Zalewie Zakrzówek bariery FOXX

Źródło: Test Report FOXX Floating Barrier, Krakow, 25.10.2010 - 05.11.201



Rys. 3 - 4. Siatka oraz pływaki testowanej bariery FOXX

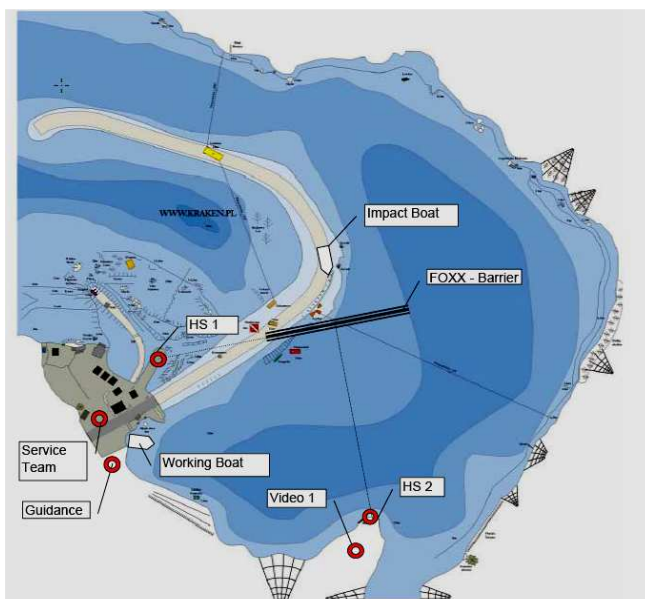
Źródło: zdjęcia ze zbiorów autorów



Rys. 5. Sekcja podstawowa bariery FOXX po zmontowaniu

Źródło: zdjęcia ze zbiorów autorów.

Na rys. 6 przedstawiono schemat zabezpieczenia organizacji przeprowadzonych prób.



Legenda:

HS 1, HS 2 – stanowisko rejestracji testów za pomocą specjalistycznych kamer

Video 1 – stanowisko rejestracji testów dla celów marketingowych.

Rys. 6. Schemat zabezpieczenia prób przebiegających na Zalewie Zakrzówek

Źródło: Test Report FOXX Floating Barrier, Krakow, 25.10.2010 - 05.11.201

W dniach 02.11-05.11. przeprowadzono łącznie siedem testów z wykorzystaniem łodzi typu „Calypso” oraz łodzi pneumatycznej typu RHIB. Były to następujące testy⁶:

- **test #1** - test statyczny łodzi typu „Calypso” (stały napór czołowy łodzi);
- **test #2** - czołowe uderzenie w barierę łodzi typu „Calypso” - prędkość jednostki w momencie kontaktu z barierą 10,9 km/h;
- **test #3** - czołowe uderzenie w barierę łodzi typu „Calypso” - prędkość jednostki w momencie kontaktu z barierą 29,9 km/h;
- **test #4** - czołowe uderzenie w barierę łodzi typu „Calypso” - prędkość jednostki w momencie kontaktu z barierą 45,4 km/h;
- **test #5** - czołowe uderzenie w barierę łodzi typu „RHIB” - prędkość jednostki w momencie kontaktu z barierą 48,0 km/h;
- **test #6** - czołowe uderzenie w barierę łodzi typu „Calypso” - prędkość jednostki w momencie kontaktu z barierą 56,1 km/h

⁶ W trakcie testów wykorzystano jednostki pierwszej i drugiej klasy czyli łódź pneumatyczną o sztywnym kadłubie (RHIB) o ciężarze całkowitym do 907 kg oraz jednostkę o napędzie motorowym o ciężarze całkowitym do 2 268 kg. Uwzględniając natomiast parametr prędkości łódź motorowa typu Calypso zaliczana jest do kategorii II (prędkość od 20 do 40 węzłów czyli 10,3 do 20,6 m/s)

(łódź dociążono workami piasku o wadze 250 kg);

- **test #7** - uderzenie bariery pod kątem przez łodzi typu „Calypso” – prędkość jednostki w momencie kontaktu z barierą 45,9 km/h (łódź dociążono workami piasku o wadze 250 kg).



Rys. 7-8. Dokumentacja fotograficzna przygotowań i wyników przeprowadzonego testu # 3

Źródło: zdjęcia ze zbiorów autora

Przy opracowywaniu wymogów przyjęto założenie, iż podczas testów jednostka pływająca powinna uderzyć w barierę pod kątem $90^{\circ} (\pm 15^{\circ})$. W związku z tym, iż łodzi testujące naprowadzone były na barierę przez sternika, który w ostatniej fazie naprowadzania wyskakiwał z płynącej jednostki. Konieczne było zapewnienie zabezpieczenia medycznego, które stanowił zespół ratownictwa medycznego z karetką pogotowia, zespół płetwonurków wyposażonych w jednostkę roboczą (szybką łódź motorową typu RHIB) oraz zespół do usuwania ewentualnych rozlewów paliwa oraz kilka zespołów dokumentujących wyniki testów. Ze względów praktycznych optymalne miejsce uderzenia łodzi w barierę oznaczono czerwono- białym markerem widocznym na rys. 7.



Rys. 9-10. Uszkodzenia siatki oraz łodzi „Calypso” po przeprowadzonych testach

Źródło: zdjęcia ze zbiorów autorów oraz materiały reklamowe firmy Geobruugg AG



Rys. 11-12. Dokumentacja fotograficzna przeprowadzonego testu #5

Źródło: zdjęcia ze zbiorów autorów oraz materiały reklamowe firmy Geobruugg AG



Rys. 13. Uszkodzenia siatki tworzącej barierę FOXX po przeprowadzonych próbach

Źródło: materiały reklamowe firmy Geobruugg AG

Należy podkreślić, iż uderzenie łodzi w barierę FOXX w trakcie przeprowadzania testów 4-7 powodowało „uwięzienie” łodzi, a jej uwolnienie wymagało podjęcia działań przez obsługę zabezpieczenia technicznego, która trwała 3 - 5 minut. Głównym elementem konstrukcyjnym, który powodował blokowanie łodzi był reling na dziobie jednostki (rys. 10).

Warto podkreślić, iż uderzenie łodzi przy prędkości powyżej 20 węzłów w pływak podtrzymujący siatkę powoduje uszkodzenie kadłuba mogące skutkować zatonięciem jednostki. Siła uderzenia jest tak duża, iż załoga łodzi bądź utraci możliwość skutecznego działania na okres od kilkunastu do kilkudziesięciu sekund. Co więcej, ponieważ odstęp między poszczególnymi pływakami wynosił 3,5 metra, to aby uderzyć kierowaną łodzią w siatkę osoba kierująca łodzią musi w ostatniej fazie misji całą uwagę skupić na manewrach.

Podsumowując przeprowadzone testy można przedstawić następujące wnioski:

- po zakończeniu testów, w wyniku których łódź typu Calypso kilkunastokrotnie uderzyła w pływającą barierę FOXX, zaobserwować

można było tylko niewielkie zniszczenia w tę część bariery (uderzenia były w środkową część bariery) i zachowywała ona zdolność do dalszego użytkowania;

- po każdym uderzeniu szybkiej łodzi bariera odkształcała się, jednak wielkość tego odkształcenia nie była większa niż 4-6% długości sekcji podstawowej (2 do 3 metrów). Powrót do stanu kształtu pierwotnego nie trwał dłużej niż 5 do 10 sekund;
- podczas ostatniej próby łódź Calypso uderzała z energią kinetyczną wynoszącą 150 kJ. Nie zaobserwowano istotnych zniszczeń w barierze, a tym samym można wnioskować, iż bariera jest w stanie skutecznie powstrzymać łódź o znacznie większej energii kinetycznej (większej i poruszającej się z większą prędkością);
- cechuje ją bardzo dobry współczynnik przenoszenia energii, ponieważ budowę bariery FOXX charakteryzują elastyczne połączenia. W odległości 25 metrów poziom energii kinetycznej był około 12 razy mniejszy, niż w punkcie uderzenia.

3. Standard Test Method for Boat Barriers, ASTM International, West Conshohocken, 2009
4. Test Report FOXX Floating Barrier, Krakow, 25.10.2010 - 05.11.2011
5. <http://www.geobrugg.com>
6. www.ruag.com/en/Land_Systems/Protection/Side_protection_for_armoured_vehicles
7. http://www.fotosik.pl/pokaz_obrazek/a627030dbcfd8b95.html

Streszczenie

W artykule omówiono przebieg testów biernych systemów zabezpieczenia, jakimi są pływające siatkowe wodne bariery ochronne FOXX, szwajcarskiej firmy Geobrugg AG, które przeprowadzone zostały na wodach Zalewu Zakrzówek. Zasadniczym celem przeprowadzonych prób było określenie ich przydatności do zabezpieczenia wybranych elementów infrastruktury przed zamachem samobójczym przy użyciu szybkich łodzi motorowych.

Abstract

The paper presents the theoretical and practical aspects of the floating net boat protection barriers test, which were provided in the water area Zakrzówek. The main reason of the tests was to find the answer how useful is the FOXX barrier for an antiterrorist's protection. The test was provided according Standard Test Method for Boat Barriers prepared by ASTM (Committee F12 - *Security Systems and Equipment*).

Literatura

1. Szubrycht T., Kowalski S., Zastosowanie bariery zabezpieczających w minimalizowaniu zagrożeń bezpieczeństwa, Logistyka 6/2010
2. „Lloyd's List”, 09.11. 2009