

DROZDOWSKA Karolina<sup>1</sup>

## Systemy stałych i tymczasowych przepraw przez przeszkody wodne oparte na mostach pływających

*Mosty na podporach pływających  
Mosty pontonowe*

### Streszczenie

Mosty pływające to najstarsze konstrukcje używane przez wojska w celu przekraczania przeszkód wodnych. Informacje świadczące o wykorzystaniu takich konstrukcji pochodzą z bardzo starych źródeł. W dzisiejszych czasach można wyróżnić dwa rodzaje przepraw pływających. Pierwszym z nich są mosty na oddzielnych podporach pływających, w których spotyka się trzy układy statyczne: wolnopodparty, przegubowy i ciągły. Najczęściej używanym rodzajem, ze względu na zalety był system ciągły, który jednak w miarę upływu lat ustąpił miejsca nowoczesnym mostom pływającym typu „wstęgi”, które stanowią drugi rodzaj omawianych przepraw. W artykule przedstawiono dwa przykłady mostów pływających: polski most Sobieszewski, oraz most Królowej Emmy mieszczący się na karaibskiej wyspie Curaçao. Przedstawiono także problemy występujące w czasie eksploatacji mostów pływających.

### SYSTEMS FOR PERMANENT AND TEMPORARY WATER CROSSINGS THROUGH THE OBSTACLEBASED ON THE FLOATING BRIDGES

#### Abstract

Floating bridges are the oldest structures used by the army to cross water obstacles. Providing information about the use of such structures are derived from very old sources. Nowadays, there are two types of floating bridges. The first of these bridges are on separate floating supports, which meets three static systems: freely propped, articulated and continuous. The most common type, due to the advantages of a continuous system, but which over the years has given way to modern floating bridges a "ribbon", the second type of these crossings. The article presents two examples of floating bridges: Polish bridge Sobieszewo, and the Queen Emma Bridge located on the Caribbean island of Curacao. Also presented problems occurring during operation of floating bridges.

#### 1. WSTĘP

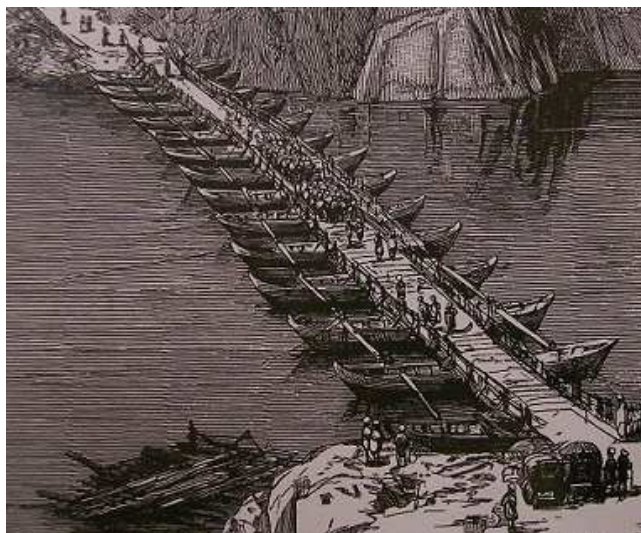
Mosty pływające to najstarszy rodzaj mostów wojskowych (Rys. 1). Najdawniejsze wzmianki o tych mostach, używanych przez wojska asyryjskie, zbudowanych za pomocą powiązanych ze sobą łodzi lub też na dmuchanych, skórzanych pływakach pochodzą z IX wieku p.n.e. Prawdopodobnie już od 2000 roku p.n.e. starożytni Chińczycy budowali również mosty pontonowe, złożone z łodzi przycumowanych co kilka stóp, równoległe do nurtu [1].

Istnieją wzmianki o użyciu mostów pływających przez wojska Cyrusa Wielkiego w 537 roku p.n.e., a także o konstrukcji Greka Mandroklesa z Samos, dzięki której wyprawa Dariusza I w 512 roku p.n.e. przekroczyła Bosfor. Z zapisów greckiego historyka Herodota z Halikarnasu można poznać najbardziej sławną konstrukcję wojskową zbudowaną w 480 r. p.n.e. przez cieśninę Dardanele o szerokości ponad 1,5 km, przez którą przeprowadziła się armia Kserksesa. Na most złożyły się 314 łodzi powiązanych grubymi linami [1]. Ułożono na nich pomosty pokryte faszyną i warstwą ubitej ziemi. W Polsce pierwszym mostem pływającym był most skonstruowany przez mistrza Jarosława w Puszczy Kozienickiej, spławiony Wisłą do Czerwińska, gdzie w czerwcu 1410 roku przeszły po nim wojska spieszące pod Grunwald [4].

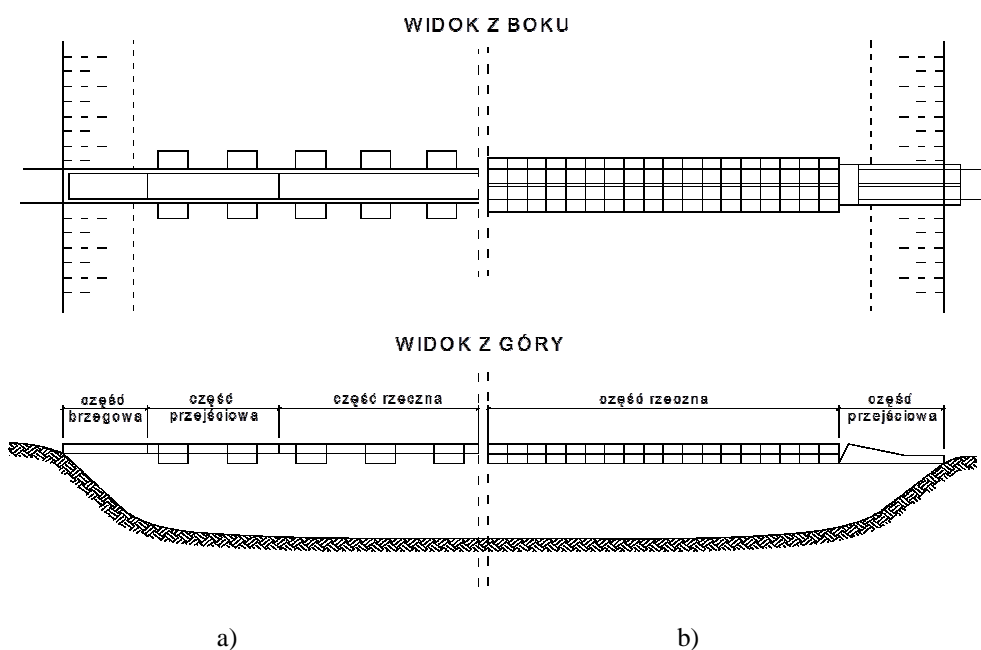
#### 2. RODZAJE KONSTRUKCJI MOSTÓW PŁYWAJĄCYCH

Most pływający jest to budowla służąca do utrzymania ciągłej komunikacji drogowej przez przeszkodę wodną. Budowany jest z parków pontonowych, barek rzecznych, łodzi, tratw pneumatycznych, które mogą być przemieszczane w inne miejsce danej przeszkody wodnej. Charakteryzują się szybkim montażem i demontażem konstrukcji mostowej, dużą manewrowością na przeszkodzie wodnej, możliwością przejścia z przeprawy promowej na przeprawę mostową i odwrotnie. Głównymi kryteriami podziału mostów pływających jest sposób podparcia który dzieli je na dwa rodzaje. Pierwszym jest most pływający na oddzielnych podporach, drugim jest most pływający typu wstęga, gdzie konstrukcja przeszła opiera się w sposób ciągły na wodzie [3] (Rys. 2).

<sup>1</sup> Politechnika Opolska, Wydział Budownictwa; ul. Ozimska 75 A, 45-370 Opole  
Tel: (+48 77) 453 66 45-46, E-mail: k.drozdowska@po.opole.pl; kardro21@interia.pl



Rys.1. XIX-wieczna rycina prawdopodobnie indyjskiego mostu pontonowego, pochodząca z zapisów Herodota [4]



Rys.2. Rodzaje konstrukcji mostów pływających a) na oddzielnych podporach pływających; b) most pływający typu „wstęga” [3]

## 2.1. Mosty na oddzielnych podporach pływających

Tego typu mosty składają się najczęściej z trzech części: rzecznych, przejściowych i brzegowych, różniących się między sobą konstrukcją i przeznaczeniem. Część brzegowa występuje jako przęsło wolnopodparte na sztywnych podporach. Występuje ona tylko wtedy gdy głębokość przeszkody wodnej w okolicach brzegu jest niewystarczająca do zapewnienia normalnej pracy podpór pływających. Część przejściowa służy do połączenia nieruchomej, brzegowej części z ruchomą, rzeczną, którą stanowią oddzielne podpory pływające z opartą na nich konstrukcją przęsłową. W połączeniu części przejściowej z rzeczną należy pamiętać o zapewnieniu możliwości przemieszczania pionowego i obrotu [3]. Połączenie z częścią brzegową powinno również umożliwić pewien obrót spowodowany ruchem rzecznej części mostu.

W mostach pływających na oddzielnych podporach spotyka się trzy układy statyczne: wolnopodparty, przegubowy i ciągły.

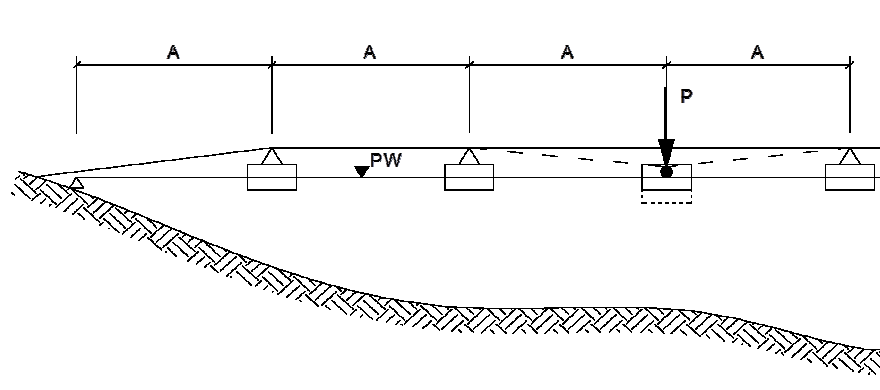
### 2.1.1 System wolnopodparty.

Charakteryzuje się prostotą konstrukcji przęsłowej i małymi momentami zginającymi, które wywoływane są przez obciążenie zewnętrzne (Rys. 3). Wahania poziomu wody nie wywołują żadnych dodatkowych naprężeń. Wadą takiego rozwiązania są między innymi duże reakcje podporowe, które powodują konieczność stosowania podpór o dużych

rozmiarach. Każde powiększanie gabarytów podpory wpływa na możliwości transportowe, szybkości montażu, a ostatecznie obniża Właściwości taktyczne i techniczne mostu pływającego. Problem pojawia się także w przypadku osi mostu, która pod wpływem obciążeń zewnętrznych jest linią łamaną, wykazującą duże załamania i spadki nad podporami [3]. Prowadzi to do ograniczenia płynności i prędkości jazdy.

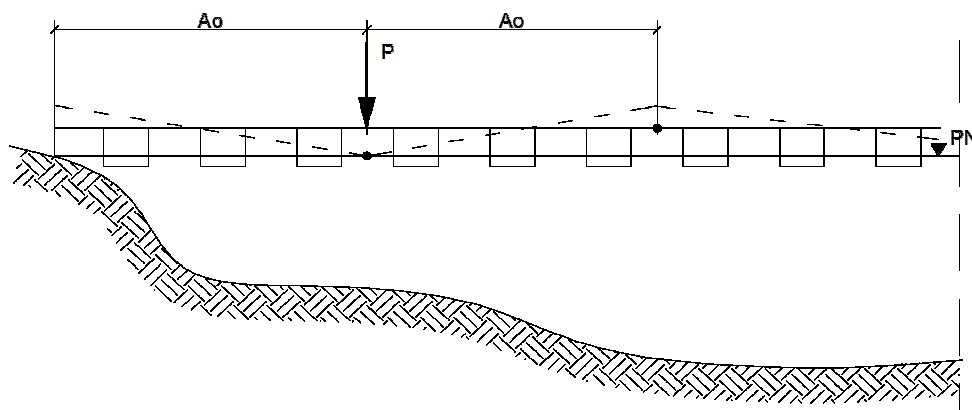
### 2.1.2. System przegubowy.

Utworzony jest poprzez łańcuch ogniw połączonych przegubami. Ogniwa tworzą dwie, trzy lub więcej podpór pływających (bloków pontonowych) ustawionych osiami podłużnymi prostopadłe do osi podłużnej mostu. Konstrukcja



Rys.3. Schemat mostu na oddzielnych podporach pływających w systemie wolnopodpartym- linia przerywana oznacza deformacje wywołane siłą P [3]

samego przęsła jest ciągła na długości całego ogniwa i opiera się na podporach pływających, gdzie połączona jest wspornikowo przegubami z sąsiednimi przęsłami. Do zalet takich układów mostów pływających należą między innymi mniejsze reakcje podporowe w porównaniu z układem wolnopodpartym, gdyż ciężar przekazywany jest na dwa ogniwa za pomocą przegubów (Rys. 4). Dodatkowo system przegubowo-wspornikowy umożliwia szybkie przejście z przeprawy mostowej na przeprawę promową i odwrotnie. Wadą tego układu są dodatkowe naprężenia w dźwigarach wywołane wahaniami poziomu wody. Pod wpływem ruchomego obciążenia ogniwa mostu tworzą załamania pod przegubami, co sprawia, że profil podłużny mostu przedstawia linię łamaną ze znacznymi spadkami [3]. Ogranicza to oczywiście prędkość przejazdu pojazdów po moście. Podobnie jak most w układzie wolnopodpartym, mosty w układzie przegubowym nie występują w konstrukcji współcześnie wykorzystywanych etatowych mostów pontonowych.



Rys.4. Układ mostu pływającego w systemie przegubowym- linia przerywana określa deformacje mostu spowodowane obciążeniem zewnętrznym [3]

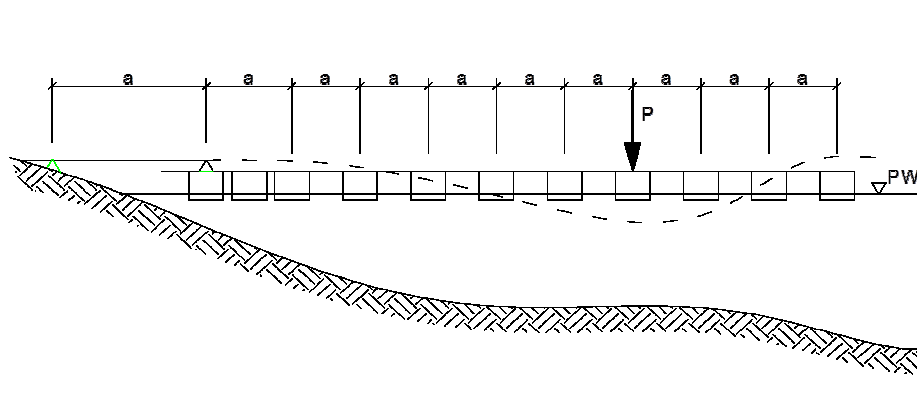
### 2.1.3. System ciągły

Utworzony jest z ciągłej konstrukcji przęsłowej opartej na oddzielnych podporach pływających. Pod względem statycznym jest to belka ciągła na sprężystych podporach. Zaletą takiego układu jest między innymi mała reakcja podporowa od obciążenia zewnętrznego, spowodowana przekazaniem go na szereg sąsiednich podpór. W czasie przejazdu samochodów po moście w układzie ciągłym, konstrukcja przęsłowa tworzy płynną krzywą z niewielkimi spadkami, dając tym samym odpowiednie warunki do ruchu po moście. Moment zginający powodowany obciążeniem zewnętrznym

i falowaniem wody, rozkłada się równomiernie na dźwigary (Rys. 5). Wadą systemu ciągłego jest konieczność wykonania sztywnych styków na wszystkich dźwigarach w przekrojach poprzecznych, co opóźnia naprowadzanie mostu [3]. Kolejnym problemem jest znaczny przyrost dodatkowych naprężeń w dźwigarach konstrukcji przęsłowej spowodowany wahaniami poziomu wody. System ciągły na podporach pływających był najczęściej stosowaną konstrukcją w zestawach etatowych parków pontonowych tradycyjnych jak i samobieżnych.

## 2.2. Mosty pływające typu wstęgi

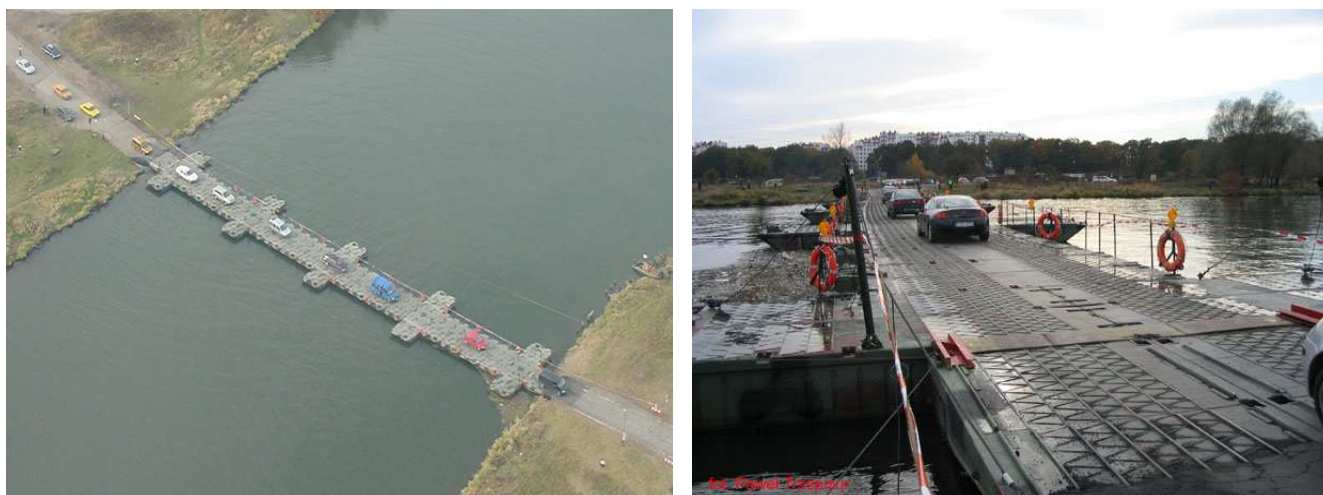
Podstawowym elementem składowym tego mostu są bloki pontonowe, które stanowią gotowe odcinki mostów lub promów. W tej konstrukcji w jedną całość zostały połączone wszystkie podstawowe części mostu: część pływająca, jezdna i nośna [3].



Rys.5. Schemat mostu pływającego w systemie ciągłym- linią przerywaną określono deformacje mostu [3]

W mostach typu „wstęgi” można wyróżnić dwa rodzaje bloków. Pierwszym z nich jest blok rzeczny, tworzący część rzechną mostu, drugim jest blok przejściowy (w tym przypadku można też go nazwać brzegowym), który służy do łączenia mostu z brzegiem rzeki. Układ jezdny mostów typu „wstęgi” umożliwia zestawienie konstrukcji w postaci wstęgi pojedynczej, podwójnej lub mieszanej. Konfiguracja dobierana jest w zależności od nośności mostu, prędkości prądu wody i nośności środka transportowego [2,3].

Wstęga pojedyncza charakteryzuje się łączeniem pontonów za pomocą burt w taki sposób, że w przekroju poprzecznym mostu występuje jeden ponton. W wstędze podwójnej dwa pontony pływające połączone są rufami. Dzięki połączeniu zaczepami burtowymi takich bloków, otrzymuje się most o jednakowej szerokości na całej jego długości. Ostatnie wstęgi mieszane typu A, B, C, D składane są z odcinków zawierających odpowiednio 4, 3, 2, 1 pojedyncze pontony pomiędzy pontonami podwójnymi [2, 3] (Rys. 6).



Rys.6. Widok na most most pływający w układzie wstęgi mieszanej zbudowany we Wrocławiu na Odrze, łączący dwa duże osiedla: Kozanów i Osobowice [5]

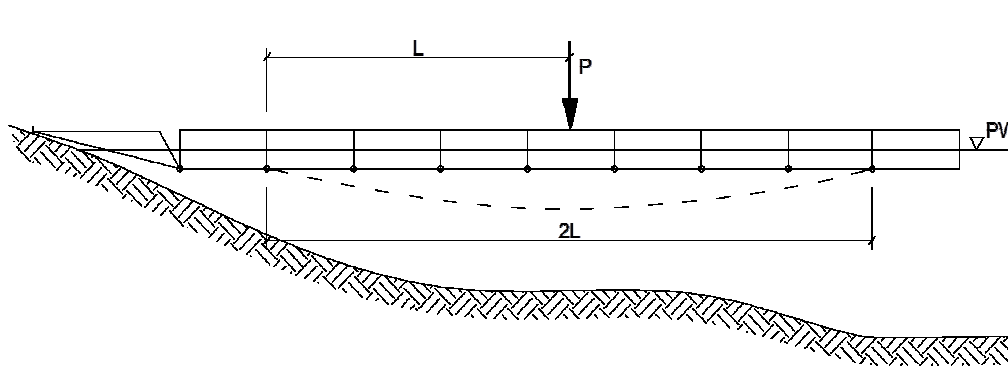
Mosty pływające typu „wstęgi” są obecnie najczęściej wykorzystywaną konstrukcją spośród mostów pływających. Budowane są w systemie ciągłym i przedstawiają belkę spoczywającą na podłożu sprężystym (Rys. 7). Mosty te posiadają wszystkie zalety mostów pływających na oddzielnych podporach, nie posiadają jednak ich wad. Do cech szczególnych tych konstrukcji należy możliwość składania różnych typów mostów pod różne obciążenia. Kolejną ważną cechą jest

możliwość urządzenia przeprawy promowej bez konieczności budowania specjalnej przystani. Elementy mostu wypełnione są styropianem, co daje gwarancję niezatapialności uszkodzonych części, a w razie konieczności szybkiej ich wymiany w osi mostu [3].

### 3. PRZYKŁADY MOSTÓW PŁYWAJĄCYCH

#### 3.1. Most Sobieszewski

Most zbudowany w ciągu drogi wojewódzkiej nr 501, łączy ze sobą Wyspę Sobieszewską z Wiślinką (gminę Gdańsk z gminą Pruszcz Gdański). Jest głównym szlakiem komunikacyjnym umożliwiającym dojazd ze stałego lądu na wyspę (Rys. 8 a i b). Pozostałe połączenia Sobieszewa z resztą miasta to prom uruchamiany awaryjnie gdy most musi być rozpięty, a także most zwodzony nad śluzami w Przegalinie, usytuowany po drugiej stronie wyspy.



Rys.7. Układ mostu pływającego typu „wstęga” w systemie ciągłym- linia przerywana oznacza deformację mostu wywołaną siłą P [3]

Pierwotnie na odcinku Sobieszewo- Wiślinka kursował wyłącznie statek pasażerski. W latach 70 dwudziestego wieku zbudowano most pływający na pontonach w kształcie łódek, po którym ruch odbywał się w systemie wahadłowym. W 1973 roku utworzono obecną przeprawę, do budowy której wykorzystano jeden z odcinków wybudowanego (po II wojnie światowej do celów wojskowych) mostu pontonowego w Kieźmarku [8]. Jedną część odbudowano w miejscu dzisiejszego Mostu wantowego im. Jana Pawła II, a drugą zainstalowano między wyspą a Wiślinką.



a)



b)

Rys.8. Sobieszowski most pontonowy: a) widok na most z góry; b) widok na most od strony dolnej wody [6]

Most Sobieszewski jest to most posiadający 9 przęseł, które opierają się na 14-stu stalowych pontonach (Rys. 8 a), stanowiących jednostki pływające, posiadające świadectwa wydane przez Polski Rejestr Statków. Nawierzchnia mostu jest drewniana. Środkowe przęsło o długości 30 metrów jest ruchome i otwierane w celu umożliwienia żeglugi po Martwej Wiśle statkom. Całkowita długość mostu wynosi ok. 180 metrów, a jego projektowana nośność wynosi 15 ton [8].

Most pontonowy jest obecnie w katastrofalnym stanie technicznym. W maju 2011 roku podjęto decyzję o zmniejszeniu nośności do 3,5 tony [7]. Tym samym zakazano przejazdów autobusów i samochodów ciężarowych po moście. Poruszanie się samochodów osobowych i pieszych jest również utrudnione, ponieważ naprawy wymagają poszczególne elementy

konstrukcji. Uszkodzone pontony zostały zalane wodą, aby można było je odczepić od konstrukcji mostu, a na ich miejsce zamontowano nowy element, który wcześniej zatopiono w miejscu docelowego użycia. Następnie wypompowano wodę aby zmniejszyć jego wyporność, po czym stalową liną przymocowano pływak w odpowiednim miejscu [7]. Naprawa uszkielek, włazów i innych elementów, a także samych pontonów nie rozwiązuje jednak problemu nośności mostu, po którym i tak nie mogą już poruszać się pojazdy komunikacji miejskiej. Dlatego też mieszkańcy wyspy korzystający z komunikacji miejskiej muszą część drogi przebyć piechotą, aby następnie po drugiej stronie mostu wsiąść do podstawionego autobusu. Nie tylko konstrukcja podpór pływających wymaga naprawy. Cała konstrukcja przeseł jest bardzo zniszczona i wymaga bezwłóczego remontu [7].

Obecny most pływający, pomimo wielu lat wysługi wymusza prowadzenie stałych remontów, ponieważ intensywność ruchu kołowego jest duża, zwłaszcza w okresie wakacyjnym. Problem powstaje również w czasie znacznie podwyższonego i obniżonego stanu wód, Istnieje wtedy ryzyko zerwania przeseł, dlatego konstrukcja mostu jest wtedy rozpinana. Nieustanne problemy w eksploatacji i remonty wymuszają podjęcie decyzji o budowie nowego mostu, który umożliwi ruch nie tylko pojazdom kołowym, ale i żegludze. W planach Miasta Gdańsk przewidziano w niedługim czasie budowę przeprawy zwodzonej, która ma umożliwić przepływ wielu jednostkom pływającym nawet bez konieczności otwierania. Ma on być docelowo wybudowany tuż obok obecnego mostu pontonowego [7].

### 3.2. Most Królowej Emmy (Queen Emma Bridge)

Most im. Królowej Emmy jest pontonową przeprawą na karaibskiej wyspie Curaçao należącej do Holandii. Most łączy ze sobą dwie części stolicy Willemstad, a mianowicie Punda i Otrobanda. Zbudowany został w 1888 roku w zatoce o nazwie St. Anna Bay, przez Leonarda Burlingtona Smitha i nazwany na część królowej Emmy. Całkowity remont przeprowadzono w 1939 i 2006 roku. Most składa się z 16-stu pływających łodzi pontonowych, na których oparte są przeseła. Całkowita długość przeprawy wynosi 167 metrów, a szerokość 9,80 metrów [11]. Nawierzchnia mostu została w czasie ostatniego remontu przywrócona do dawnego wyglądu, kiedy oryginalny pokład stanowiły drewniane deski [9].



Rys.9. Widok na pontonowy most Królowej Emmy [11]

Most pontonowy wyposażony jest w dwa duże silniki które otwierają most i tym samym umożliwiają dostęp statkom do portu (Rys. 10). Gdy most jest otwarty dla żeglugi morskiej, piesi są przewożeni bezpłatnie przez małe promy na drugi brzeg. W latach 1901 do 1934 przejazd przez most był płatny, za wyjątkiem pieszych udających się przez niego boso [9].



a)



b)

Rys.10. a) Zdjęcie ukazujące mostu Królowej Emmy w trakcie otwierania; b) most po otwarciu usytuowany obok brzegu po stronie Otrobanda [10]

#### 4. WNIOSKI

Mosty pływające były szeroko używane zarówno przez wojska jak i cywilów na początku XX wieku. Część funkcjonowała tymczasowo, a niektóre używane były przez dłuższy okres czasu. Obecnie wojsko wykorzystuje nowoczesne mosty pontonowe, do których budowy nie są potrzebne oddzielne podpory pływające.

Most Królowej Emmy i Most Sobieszewski to przykłady mostów o oddzielnych podporach pływających. Pierwszy z nich charakteryzuje się dobrym stanem technicznym. Wynika to z przeprowadzonego w roku 2006 całkowitego remontu. Stan techniczny mostu w Sobieszewie pozostawia wiele do życzenia, dlatego konieczny jest całkowity remont. Jednakże koszty kompleksowej naprawy są bardzo duże, dlatego też wykonywane są stopniowe remonty poszczególnych elementów konstrukcji.

Przy projektowaniu mostów pływających należy brać pod uwagę maksymalne obciążenie przewidywane na tym moście. Pontony muszą przenosić projektowane obciążenie, ale także powinny być wystarczająco lekkie, aby mogły utrzymywać się na wodzie. W czasie eksploatacji obiektów pływających należy podejmować wszelkie środki ostrożności, gdyż zbyt duże przeciążenie, bądź nierównomierne rozłożenie obciążenia na moście może spowodować awarię. Zmienny poziom wody w rzece ma również istotny wpływ na stan konstrukcji. Nurt wody może nieść ze sobą różnego rodzaju zanieczyszczenia i obiekty pływające (np. gałęzie drzew), które osadzając się na pontonach, zwiększają ich ciężar, lub po prostu uszkadzają je podczas uderzenia. Groźne dla mostów pontonowych są również silne wiatry. Powodują one między innymi fale mogące rozerwać konstrukcję.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Brown David J.: *Mosty, trzy tysiące lat zmagañ z naturą*, Wydawnictwo „Arkady”, Warszawa 2005.
- [2] Krasoń W., Wieczor M.: *Wytrzymałość mostów pływających w ujęciu komputerowym*. Warszawa: Bel Studio 2004.
- [3] Ministerstwo Obrony narodowej, *Mosty wojskowe-podręcznik*, (Inż.563/92), Warszawa 1994.
- [4] <http://wynalazki.slomniki.pl/index.php/o-joomla/56-m/396-most.html?start=2>
- [5] <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=429025&page=211>
- [6] [http://gdansk.naszemiasto.pl/serwisy/most\\_sobieszewo/1146681,gdansk-wyremontowany-most-pontonowy-do-sobieszewa-ma,id,t.html#7](http://gdansk.naszemiasto.pl/serwisy/most_sobieszewo/1146681,gdansk-wyremontowany-most-pontonowy-do-sobieszewa-ma,id,t.html#7)
- [7] [http://gdansk.naszemiasto.pl/serwisy/most\\_sobieszewo/](http://gdansk.naszemiasto.pl/serwisy/most_sobieszewo/)
- [8] [http://pl.wikipedia.org/wiki/Most\\_Sobieszewski](http://pl.wikipedia.org/wiki/Most_Sobieszewski)
- [9] <http://www.curacao.com/The-Curacao-Difference/Vibrant-Architecture/Bridges?lang=en>
- [10] <http://www.flickr.com/photos/24736216@N07/3148150667/?q=queen's%20emma%20bridge>
- [11] <http://en.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0005991>