

# Katastrofy mostów na własne życzenie

WOJCIECH RADOMSKI\*  
Politechnika Warszawska

**Streszczenie:** Syntetycznie przedstawiono obiektywne i subiektywne przyczyny katastrof mostowych. Zaprezentowano dane statystyczne, dotyczące tych zdarzeń i obejmujące wszystkie zamieszkałe kontynenty. Szczególną uwagę zwrócono na subiektywne przyczyny katastrof, czyli spowodowane błędami ludzkimi, a wśród nich na te, które nie musiały prowadzić do tragicznych następstw i były spowodowane niefrasobliwością lub lekkomyślnością, głównie użytkowników obiektów mostowych. Przedstawiono przykłady katastrof spowodowanych tymi przyczynami. Sformułowano wnioski wskazujące na rolę odpowiedzialności ludzi za bezpieczeństwo użytkowania mostów.

**Słowa kluczowe:** most, katastrofa, przyczyny, skutki, błędy ludzkie, lekkomyślność

## 1. Wprowadzenie

Katastrofy obiektów mostowych należą do zdarzeń o tragicznych skutkach, pochłaniających nierzadko wiele istnień ludzkich, ale – paradoksalnie – w dużym stopniu tworzą postęp w mostownictwie, są źródłem rozwoju wiedzy także ogólnobudowlanej [1, 2]. Ponadto budzą one wielkie zainteresowanie społeczne, co wynika z ich nieszczęśliwych efektów i spektakularnego zwykle przebiegu. Katastrofy te są przedmiotem stosunkowo niedawno wydanej monografii [3], w której przedstawiono wszystkie podstawowe zagadnienia na ich temat wraz z licznymi przykładami historycznymi i współczesnymi. Natomiast niniejsze opracowanie jest poświęcone pewnemu znamionemu, choć często nieuświadomionemu lub wręcz skrywanemu aspektowi katastrof mostowych. Chodzi tu mianowicie o takie ich przypadki, w których mogły one nie wystąpić, gdyby nie brak wiedzy projektantów i wykonawców (ta sprawa będzie dalej bliżej zaprezentowana), ale przede wszystkim ludzka lekkomyślność, niefrasobliwość lub brak wyobraźni, a niekiedy też zwykła głupota. Dlatego tytuł tego opracowania został tak, a nie inaczej sformułowany.

Tytuł ten, mimo że dotyczy przecież zdarzeń przynoszących straty ludzkie i materialne, jest nieco sarkastyczny, a to dlatego, żeby pokreślić znaczenie odpowiedzialności w projektowaniu, budowie, a zwłaszcza w eksploatacji mostów. Ze zgromadzonych danych wynika bowiem, że to właśnie w fazie użytkowania obiektów owa lekkomyślność, brak poszanowania oficjalnie wprowadzonych ograniczeń co do gabarytów i ciężarów taboru komunikacyjnego oraz prędkości jego ruchu, są najczęstszymi powodami katastrof mostowych.

Inżynier budowlany, w tym oczywiście mostowiec, jest zawodem zaufania publicznego. To zrozumiałe i nie wymaga bliższego uzasadnienia. Jest również oczywiste, że to zaufanie jest nierozzerwalnie związane z odpowiedzialnością, która powinna być egzekwowana nie

---

\*Autor do korespondencji: w.radomski@il.pw.edu.pl

tylko od osób profesjonalnie związanych z projektowaniem, realizacją i szeroko pojętym utrzymaniem mostów, ale i od ich użytkowników. To właśnie oni najczęściej wykazują brak odpowiedzialności. Wskazują na to liczne przykłady. Niektóre są przedstawione w dalszej treści tego opracowania.

Generalnie rzecz biorąc, problematyka katastrof obiektów mostowych jest obszerna i wielokierunkowa. Dlatego mimo zapowiedzianego wyżej zawężenia tematyki niniejszego opracowania, warto jest podać informacje o niektórych ogólnodostępnych źródłach, z których zaczerpnąć można wiedzę o tych katastrofach. Jak można sądzić, pierwszą po II Wojnie Światowej wydaną w Polsce monografią o katastrofach budowlanych była tłumaczona z rosyjskiego pozycja [4] z 1956 roku. Zamieszczono w niej jeden rozdział dotyczący mostów. Na książkę polskich autorów, poświęconą wyłącznie katastrofom i awariom mostowym, trzeba było czekać aż do roku 1986 [5]. Przedstawiono w niej ogółem 157 tego rodzaju zdarzeń, w tym 16, które wystąpiły w Polsce w latach 1939–1984. Jak stwierdzili autorzy, mało o tych zdarzeniach publikowano i dlatego swoje opisy oparli przede wszystkim na relacjach i wspomnieniach samych mostowców, często świadków przebiegu katastrof. Najnowszą i najbardziej obszerną jest przywołana już poprzednio pozycja [3], wydana w 2021 roku, czyli 35 lat po poprzedniej pozycji [5]. Bardzo istotnym źródłem wiedzy o katastrofach są zestawienia internetowe [6, 7, 10], o których nieco dalej.

Warto zauważyć, że podobna sytuacja co do braku zwartych źródeł na temat katastrof mostów występowała i w światowym piśmiennictwie technicznym. Dopiero pod koniec pierwszej dekady XXI wieku ukazały się dwie obszerne pozycje monograficzne [8] w 2008 roku i [9] w 2010 roku. Pozycje te zawierają nie tylko opisy wielu tragicznych często w skutkach zdarzeń, ale także własne ich analizy oraz wskazania co do sposobów unikania błędów do katastrof prowadzących. W monografii [8] przedstawiono 20 głośnych katastrof zaistniałych na świecie w okresie od 1847 roku do roku 2003. W pozycji [9] podano informacje z różnym poziomem szczegółowości o ogółem aż 440 takich zdarzeniach, które nastąpiły w latach 1846–2008. Ponadto zamieszczono wzmianki o 96 dalszych katastrofach, głównie na podstawie doniesień prasowych; razem więc w monografii [9] zarejestrowanych jest 536 takich zdarzeń, w tym 4, które nastąpiły przed rokiem 1800.

W niektórych wcześniejszych podręcznikach (np. w [11]) można znaleźć opisy katastrof mostowych wraz z wnioskami z nich płynącymi, ale nie zmienia to faktu, że nowoczesne ujęcia monograficzne o tej tematyce zostały opublikowane względnie niedawno, a u nas – przed kilkoma miesiącami [3].

Unikatowymi pozycjami w skali nie tylko krajowej są dwie pozycje monograficzne dotyczące katastrof mostów spowodowanych ich pożarami [12, 13]. W drugiej z wymienionych, bardzo obszernej i wydanej w 2020 roku pozycji, autorzy przedstawili pożary 42 obiektów w 12 krajach świata, w tym 14 takich zdarzeń w Polsce. Najwięcej miejsca przeznaczili na opisy dwóch pożarów Mostu Łazienkowskiego w Warszawie, w roku 1975 oraz w roku 2015. Wbrew pozorom pożary mostów nie są tak rzadkie, jakby się mogło wydawać, na co wskazuje także źródło [9].

Tematyka katastrof mostowych bywa również przedmiotem dociekań naukowych, choć stosunkowo rzadko w postaci dysertacji doktorskich. Jako przykład można podać rozprawę doktorską obronioną w 2014 roku w USA [14]. Zanalizowano w niej 240 katastrof, które wystąpiły w tym kraju w latach 1987–2011.

Na uwagę zasługuje fakt, że w ostatnich latach opublikowano stosunkowo wiele prac zawierających dane statystyczne, ale dotyczące wyłącznie katastrof mostów metalowych. Jedną z najnowszych, zawierającą 28 pozycji bibliograficznych, jest praca [15]. Poddano w niej analizę przyczyny katastrof i awarii 69 przypadków, z których 27 wystąpiło w trakcie budowy, zaś 42 w fazie eksploatacji.

Problematyka awarii i katastrof obiektów mostowych, w tym także krajowych, od dawna bywa przedmiotem tzw. źródeł rozproszonych czyli pojedynczych artykułów i referatów konferencyjnych. Te ostatnie są prezentowane przede wszystkim na organizowanych w cyklach dwuletnich konferencjach „Awarie Budowlane”, których – nie licząc obecnej – było dotychczas 29. Tego rodzaju pozycje są bardzo cenne, ale wymagają ujęcia syntetycznego, czego przykładem jest cytowana już pozycja [3].

Katastrofy mostowe ze względu na ofiary ludzkie oraz groźbę przebiegu i finalnych skutków budzą ogromne zainteresowanie społeczne i medialne. Przypisuje się im również duże znaczenie w historii ludzkości i dlatego ich opisy są zamieszczane także w książkach o nietechnicznej tematyce. Przykładem tego jest pozycja [16], którą zaliczyć można do popularnych, w której przedstawiono 25 katastrof mostów od 1297 roku (Sterling Bridge w Szkocji) do roku 2007 (Harp Road Bridge, Oakville, USA), traktując je jako ważne wydarzenia w dziejach cywilizacji.

Bardzo ważnym źródłem wiedzy o katastrofach mostów są zestawienia dostępne w internecie, co już sygnalizowano poprzednio. Niektóre z tych zestawień są stale aktualizowane. Lista katastrof [6] (dostęp 16 marca 2022 roku) obejmuje w formie tabelarycznej zwięzłe informacje o 277 takich zdarzeniach w 58 krajach świata, w tym 5 historycznych, zaistniałych przed rokiem 1800. Ostatnia z wymienionych w źródle [6] wystąpiła 28 stycznia 2022 roku (Fern Hollow Creek Bridge, Pittsburgh, Pennsylvania USA, przyczyny jeszcze nieznanne, 10 osób rannych). Lista [7] z kolei zawiera podstawowe informacje o 385 katastrofach mostowych, które miały miejsce w latach 1813–2009 w 65 krajach. Autorowi nie udało się znaleźć aktualizacji tej listy.

Nieco innym źródłem internetowym jest lista [10], obejmująca 473 katastrofy budowlane od czasów starożytnych do roku 2022, które wystąpiły w 76 krajach świata – 122 takich wydarzeń dotyczy mostów (25,8% ogółu katastrof).

Jest rzeczą znamionną, że w światowych zestawieniach [6 i 7], jak również w obszernej monografii [9], nie ma żadnej katastrofy mostowej zaistniałej w Polsce. Natomiast na liście [10] uwzględnionych jest 5 katastrof budowlanych w Polsce, ale nie dotyczących mostów (są to katastrofy: chłodni kominowej w Turowie, 1987; masztu radiowego w Gąbinie, 1991; dźwigu w stoczni w Gdyni, 1999; Hali Targowej w Katowicach, 2006; masztu radiowego w Rawiczu, 2009).

Wyjaśnienie tego braku katastrof mostowych w Polsce w wymienionych źródłach internetowych i monografiach o zasięgu międzynarodowym, to niedostatek ogólnie dostępnych danych, także w językach obcych, albo – co można uznać za chyba nadmiernie optymistyczny wniosek – po prostu brak jakichkolwiek katastrof mostowych w naszym kraju lub ich bardzo niewielka skala, bez na szczęście wielu ofiar śmiertelnych lub osób rannych. Stwierdzenie to wymaga oczywiście weryfikacji. Niemniej warto wskazać na pewne uwarunkowania formalne w tej sprawie. Oprócz wydanej w 1986 roku pozycji [5], o której już wspomiano, w 2018 ukazała się monografia [17], zatytułowana „Katastrofy budowlane”, w której nie ma wymienionej żadnej katastrofy obiektu mostowego. Informacje na ten temat gromadzi Główny Urząd Nadzoru Budowlanego (GUNB). Na jego stronach internetowych znaleźć można raporty o katastrofach budowlanych w Polsce, jednakże w źródłach tych, opracowanych przez Departament Inspekcji Budowlanej i obejmujących lata 2004–2018, które to dokumenty przeglądał autor niniejszego opracowania, obiekty mostowe nie są wyodrębnione jako samodzielna grupa. Potwierdzenie, że tak jest w istocie, uzyskał, kontaktując się z GUNB. Innymi słowy, urząd ten gromadzi informacje o katastrofach i awariach mostów, tylko zdarzenia te włącza do bardziej ogólnej puli. Obiekty mostowe nie są też wyodrębniane w publikacjach na temat katastrof budowlanych w Polsce, na przykład w [18]. Sprawia to, że choćby tylko dane statystyczne o katastrofach mostowych w Polsce są trudne do uzyskania.

Niemniej jednak autor zwrócił się bezpośrednio do GUNB i uzyskał odpowiedź, której fragment brzmi: „System nie pozwala na automatyczne generowanie raportu dotyczącego wyłącznie obiektów mostowych. Umożliwia natomiast wyszukiwanie w rejestrze pozycji zawierających konkretne słowo lub sformułowanie, jak np. „most”. W granicach możliwości systemowych, po przeszukaniu jego zasobów, ustaliliśmy, że w latach 2013–2020 były trzy takie przypadki [tj. katastrof – przyp. aut.] [19]. Dwa nastąpiły wskutek przeciążenia obiektu samochodami ciężarowymi (lata 2014 i 2018), jeden – w trakcie prowadzenia robót na istniejącym obiekcie (rok 2018). W otrzymanym piśmie nie było nic na temat ewentualnych ofiar. Można sądzić, że ich na szczęście nie było.

## 2. Obiektywne i subiektywne przyczyny katastrof mostowych

Historia katastrof mostów jest tak długa jak historia całego mostownictwa, którego z kolei dzieje są niemal tak długie jak cywilizacja. Innymi słowy, katastrofy te były zawsze, zdarzają się także w obecnych czasach i będą zapewne następować w przyszłości. Są dwa podstawowe powody ich zaistnienia – klęski żywiołowe i groźne zjawiska klimatyczne oraz błędy ludzkie na etapach planowania, projektowania, wykonawstwa i eksploatacji obiektów mostowych, czyli w całym cyklu ich powstawania oraz użytkowania, wliczając w to remonty i rekonstrukcje lub modernizacje. Wymienione najbardziej ogólnie powody katastrof mogą być inaczej sklasyfikowane jako obiektywne, czyli niezależne od działalności człowieka w obszarze transportu, przede wszystkim zaś w mostownictwie, oraz subiektywne, które od takiej działalności zależą. Tych przyczyn subiektywnych jest znacznie więcej. Klasyfikację przyczyn katastrof mostowych na podstawie wymienionych dwóch głównych kryteriów, przedstawiono w tabl. 1.

Tablica 1. Ogólna klasyfikacja przyczyn powstawania katastrof

A. Czynniki obiektywne	Klęski żywiołowe i zjawiska klimatyczne: <ul style="list-style-type: none"> <li>• powódź i uderzenia przedmiotów niesionych przez wodę,</li> <li>• wiatr (huragan, tornado, tajfun),</li> <li>• ulewne deszcze,</li> <li>• parcie lodu,</li> <li>• trzęsienie ziemi.</li> </ul>
B. Czynniki subiektywne	Błędy ludzkie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• podczas projektowania, budowy, rozbiórki lub rekonstrukcji,</li> <li>• podczas eksploatacji – głównie przeciążenia,</li> <li>• uderzenia taboru pływającego,</li> <li>• uderzenia taboru drogowego lub szynowego pod obiektem,</li> <li>• uderzenia taboru drogowego lub szynowego na obiekcie,</li> <li>• pożary i wybuchy (nie skutki bombardowań<sup>1)</sup>),</li> <li>• katastrofy rusztowań<sup>2)</sup>.</li> </ul>
<sup>1)</sup> Bombardowania inne działania militarne (np. wysadzanie mostów), prowadzą oczywiście do katastrofalnych skutków, ale nie są błędami ludzkimi tylko niestety świadomymi działaniami, czasami koniecznymi z wojskowego punktu widzenia.	
<sup>2)</sup> Katastrofy rusztowań następują oczywiście głównie podczas budowy, a także remontów i przebudowy, wyodrębniono je jednak jako mającą swoją specyfikę [20, 21].	

Ogólna klasyfikacja zaprezentowana w tabl. 1. ma znaczenie głównie porządkowe, przydatne do celów tego opracowania. W rzeczywistości podział na czynniki obiektywne i subiektywne nie jest ostry („zero-jedynkowy”). Na przykład powódzie mogą być skutkiem zaniedbań ze strony człowieka (a więc czynnika subiektywnego) – braku zbiorników retencyjnych, obwałowań, etc.

To samo można powiedzieć o pewnej umowności niektórych przyczyn katastrof mostowych. Na przykład powódź prowadząca do zawalenia obiektu poprzedzona jest zwykle ulewnymi deszczami. Deszcze takie powodują też stosunkowo często osuwiska, których skutkiem jest katastrofa konstrukcji. Dlatego uporządkowanie przyczyn niektórych katastrof należy traktować „miętko”. Oczywiście istnieją też przyczyny zdefiniowane jednoznacznie, na przykład uderzenia statków w podpory mostów [22].

Warto również zauważyć, że katastrofy mostów w wielu przypadkach, zwłaszcza gdy następują w trakcie eksploatacji obiektów, ujawniają zaniedbania w ich utrzymaniu, co prowadzi do złego stanu technicznego. Szczególnie jest zatem ważna rola diagnostyki tego stanu i podejmowania działań jego poprawy. Tematyce tej jest poświęcona obszerna monografia [20], a także – w pewnej części – monografia [21]. Wiele katastrof mogłoby nie wystąpić, gdyby utrzymanie obiektów było odpowiednie.

Przyczyny subiektywne powstawania katastrof mostowych mogą mieć zróżnicowane źródła. Pierwszym z nich jest brak dostatecznej wiedzy i doświadczenia. Tu znów mogą być rozmaite tego przyczyny. Projektanci i wykonawcy mostów mogą mieć obszerną nawet wiedzę, ale odpowiadającą danemu jej w określonym czasie poziomowi – mogą więc nie zdawać sobie sprawy ze zjawisk i zagadnień jeszcze nieznanymi lub niedostatecznie poznanych. Przykłady katastrof, które to potwierdzają można znaleźć w monografii [3]. Dopiero ich wystąpienie pozwoliło na pogłębienie i rozszerzenie wiedzy, na jej rozwój. Z drugiej jednak strony zdarzały się katastrofy spowodowane niebałością projektantów i wykonawców lub nieopanowaniem przez nich dostępnej już w danym okresie wiedzy budowlanej. To właśnie jest szczególnie rażąca przyczyną katastrof, których można było przecież uniknąć, gdyby dostępną wiedzę po prostu stosować.

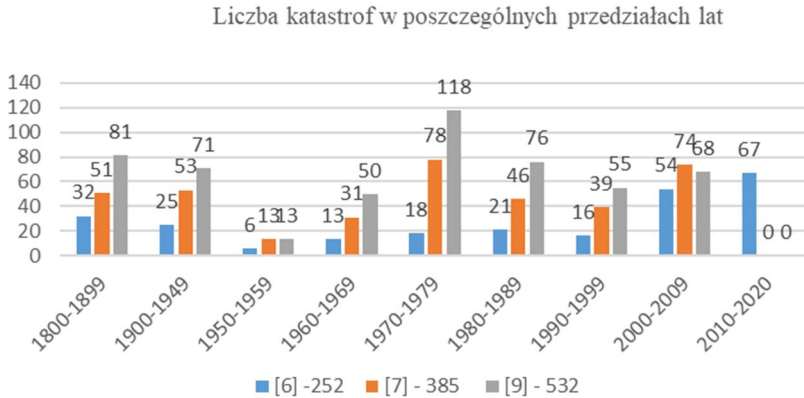
Katastrofy wreszcie ujawniają brak dostatecznej kontroli lub w ogóle jej brak na etapie eksploatacji obiektów mostowych. Dotyczy to nieszczęśliwych zdarzeń wywołanych na przykład przeciążeniami konstrukcji – gdyby obciążenia dostosować do rzeczywistej nośności obiektu, do katastrofy by nie doszło. Dużą jednak i negatywną rolę ogrywa często nieświadomość lub lekkomyślność ludzi.

## 2. Trochę statystyki

Szczegółowe dane statystyczne dotyczące katastrof mostowych, zilustrowane licznymi wykresami, przedstawiono w monografii [3]. Dlatego tu przedstawimy tylko kilka najbardziej podstawowych, aby zobrazować sytuację w skali światowej – historycznej oraz pod względem przyczyn i skutków tych katastrof.

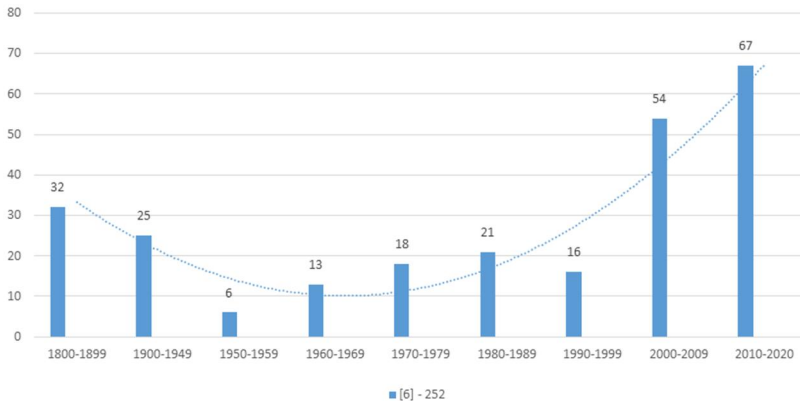
Zestawienia [6 i 7] oraz informacje podane w monografii [9], które to źródła przywołano już poprzednio, nie zawierają ujęć pozwalających na syntetyczne skomentowanie i sformułowanie wniosków. Poniżej przedstawiono więc proste, odautorskie wykresy które to umożliwiają. Syntetyczny wykres, oparty na trzech wymienionych źródłach i dotyczące liczby katastrof mostowych, sporządzono na rys. 1.

Sumaryczne liczby katastrof zarejestrowanych w zestawieniach w źródłach [6, 7 i 9] podano u dołu wykresów słupkowych. Dotyczą one stanu do 2020 roku. Uwzględnienie kilku następujących, które wystąpiły do roku 2022 i których było cztery [6], nie zmieniają ogólnego obrazu sytuacji. Pierwszy przedział lat, to cały wiek XIX, drugi przedział, to pierwsza połowa XX wieku, natomiast wszystkie dalsze, to przedziały 10-cio letnie (od roku 1950 do roku 2020). Przypomnijmy, że okresu obejmującym lata 2010–2020 w ogóle nie obejmują źródła [7 i 9].



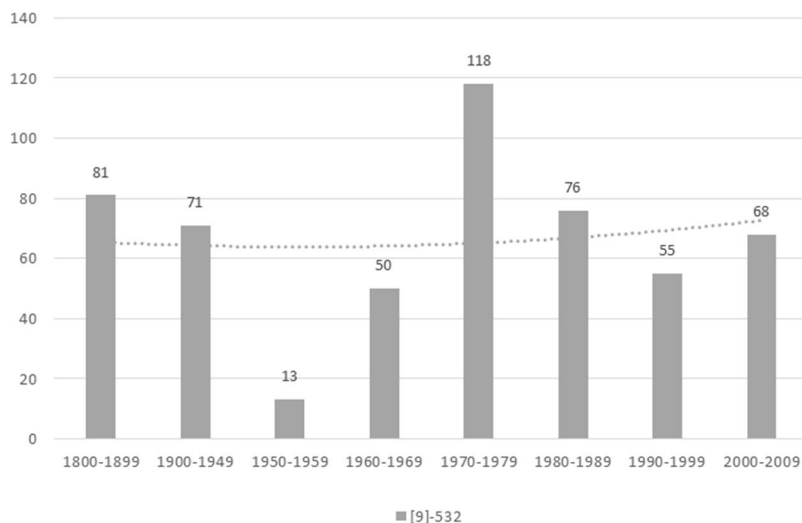
Rys. 1. Liczby katastrof w poszczególnych przedziałach lat – opracowanie własne [3] na podstawie wymienionych źródeł (stan do 2020 roku).

Ponieważ w trzech przywoływanych źródłach wiele katastrof się powtarza, tytułem przykładu pokazano na rys. 2. i rys. 3 wykresy z wrysowaną tzw. wielomianową linią trendu. Wynika z niej, że liczba katastrof na świecie wykazuje w funkcji czasu tendencję, mniej lub więcej, ale jednak wzrastającą (potwierdza to też linia trendu oparta na źródle [7] – por. [3]). Z wyjątkiem źródła [6], z pozostałych dwóch, [7 i 9], wynika, że pod względem liczby katastrof najtragiczniejszy okres to lata 1970–1979 (rys. 1.). Był to – przypomnijmy – okres dość intensywnego wprowadzania do mostownictwa dużych stalowych mostów skrzynkowych. Głównym problem stanowiła zbyt mała stateczność lokalna cienkościennych przekrojów. Wystąpiło kilka bardzo spektakularnych katastrof spowodowanych tą cechą konstrukcyjną [3]. Oczywiście były również w tym okresie katastrofy innej natury, ale najgłośniejsze i najbardziej tragiczne w skutkach były spowodowane wymienioną cechą.



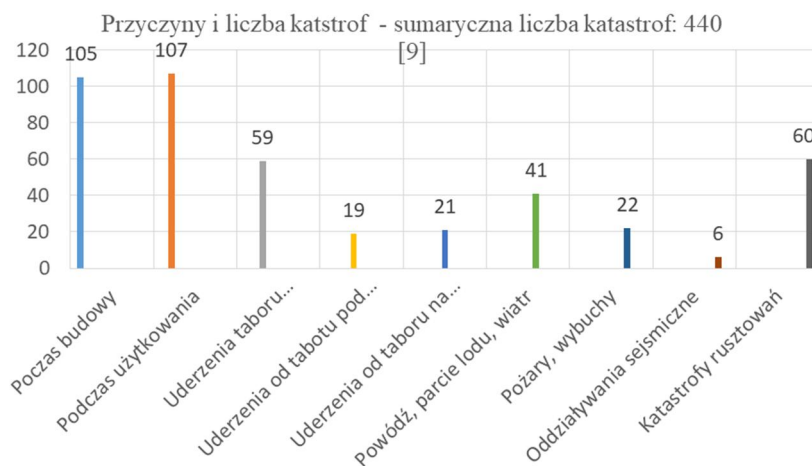
Rys. 2. Liczba katastrof w poszczególnych przedziałach lat z naniesioną wielomianową linią trendu – opracowanie własne na podstawie [6].

Ową wzrastającą linię trendu można wyjaśnić w ten sposób, że wprawdzie metody wznoszenia mostów są udoskonalane i wiedza budowlana jest (lub powinna być) stale rozwijana, to z drugiej jednak strony liczba realizowanych na świecie obiektów wzrasta, a wraz z nią prawdopodobieństwo wystąpienia błędów, a ponadto istniejąca infrastruktura mostów ulega starzeniu, co powoduje pogorszenie jej stanu technicznego, zwłaszcza przy brakach w należy- tym jej utrzymaniu i eksploatacji, co zwiększa możliwość wystąpienia katastrofy.



Rys. 3. Liczba katastrof w poszczególnych przedziałach lat z naniesioną wielomianową linią trendu – opracowanie własne na podstawie [9].

Na rys. 4. i 5 zestawiono w ujęciach liczbowym i procentowym katastrofy mostowe w zależności od podstawowej przyczyny ich zaistnienia. Ograniczono się tu tylko do podstawowego rejestru zamieszczonego w [9] i obejmującego 440 takich zdarzeń. Z wykresów tych wynika że najczęściej katastrof wystąpiło podczas budowy i w czasie normalnej eksploatacji obiektów (spowodowane głównie przeciążeniem konstrukcji) – odpowiednio 105 (23,9%) i 107 (24,3%), czyli prawie tyle samo. Zwraca uwagę relatywnie duża liczba katastrof rusztowań (60, 13,6%) oraz spowodowanych uderzeniami taboru pływającego w podpory (59, 13,4%).

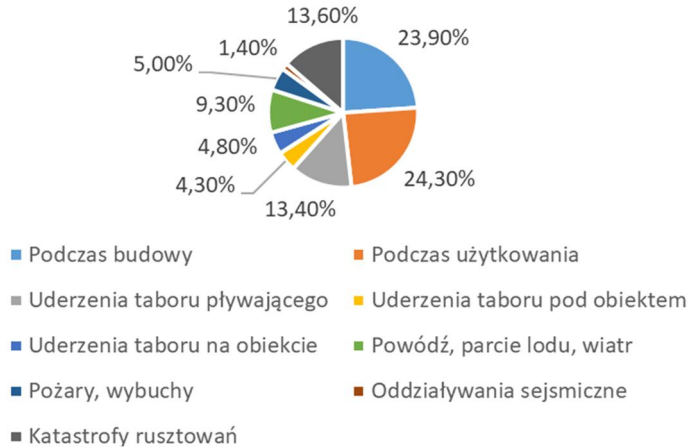


Rys. 4. Liczba katastrof w latach 1846–2009 w zależności od ich podstawowej przyczyny – opracowanie własne na podstawie [9], uwzględniono tylko katastrofy z podstawowego rejestru w liczbie 440.

W kontekście katastrof rusztowań warto zauważyć, że w Polsce podjęto w ostatnich latach bardzo szeroko zakrojony program badawczy, dotyczący wieloaspektowej analizy bezpieczeństwa tych urządzeń. Jego realizacja zaowocowała już wieloma publikacjami. Program ten realizowany jest z myślą głównie o budownictwie ogólnym i przemysłowym, ale ma też

odniesienia do mostownictwa, w którym rola rusztowań ma podstawowe znaczenie, wpływające na bezpieczeństwo prowadzonych prac oraz jakość ich finalnego efektu. Tematyka współczesnych rusztowań mostowych jest przedmiotem monografii [20 i 21].

Procentowy udział poszczególnych przyczyn katastrof - wg [9]



Rys. 5. Poszczególne przyczyny katastrof wyrażone w procentach w stosunku do ogólnej ich liczby 440 jako 100% – opracowanie własne na podstawie [9].

Liczba katastrof spowodowanych uderzeniami taboru drogowego lub kolejowego na obiekcie i pod nim jest równa w sumie 40 (9,1%), co stanowi tyle samo co katastrofy spowodowane powodzią, parciem lodu i oddziaływaniem wiatru (czyli klęskami żywiołowymi) – 41 (9,3%). Według [14], stosunkowo wiele katastrof było spowodowanych uderzeniami taboru pływającego w podpory mostów. Ma to duże znaczenie w krajach o rozwiniętym transporcie wodnym, co znalazło między swój wyraz w opracowaniu [22]. W Polsce tego rodzaju zdarzenia mają jak na razie marginalne znaczenie, choć w projektowaniu podpór są lub powinny być uwzględniane.

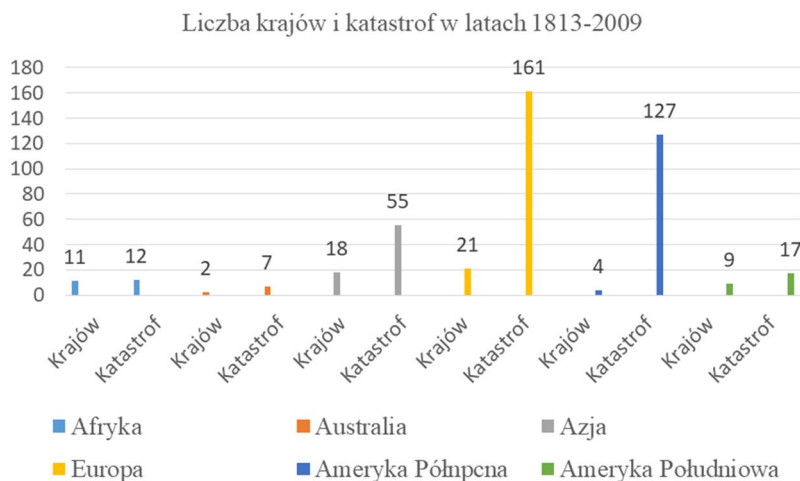
Zastanawiająca jest mała liczba zarejestrowanych katastrof powodowanych zjawiskami sejsmicznymi, głównie trzęsieniami ziemi, uwzględnionych w źródle [9], bo wymieniono ich tylko 6 – być może autor tej pozycji nie dysponował bardziej szczegółowymi danymi na ten temat. Inna sprawa, że w rozprawie [14] podano także ogólną liczbę 6, ale dotycząca tylko USA i zaznaczając przy, że całkowitemu zniszczeniu uległo 5 obiektów [3].

Dość interesujące wnioski można również wyciągnąć z zestawienia liczby katastrof na poszczególnych kontynentach (rys. 6). Otóż najwięcej tych zdarzeń w latach 1813–2009 wystąpiło w Europie (167), a następnie w Ameryce Północnej (127). Zdecydował o tym w dużej mierze burzliwy rozwój komunikacji, głównie lądowej, zwłaszcza kolejowej, w drugiej połowie wieku XIX i pierwszych dwóch dekadach wieku XX na obu tych kontynentach. Budowano wtedy wiele obiektów mostowych, nawet o bardzo dużej skali z dzisiejszego punktu widzenia (np. most w Quebecu, dwie katastrofy podczas budowy: w 1907 roku i 1916 roku, łączna liczba ofiar śmiertelnych 86), ale w wielu przypadkach bez należyście rozwiniętych, zaawansowanych metod projektowania oraz dostatecznie bezpiecznych technologii wykonawczych.

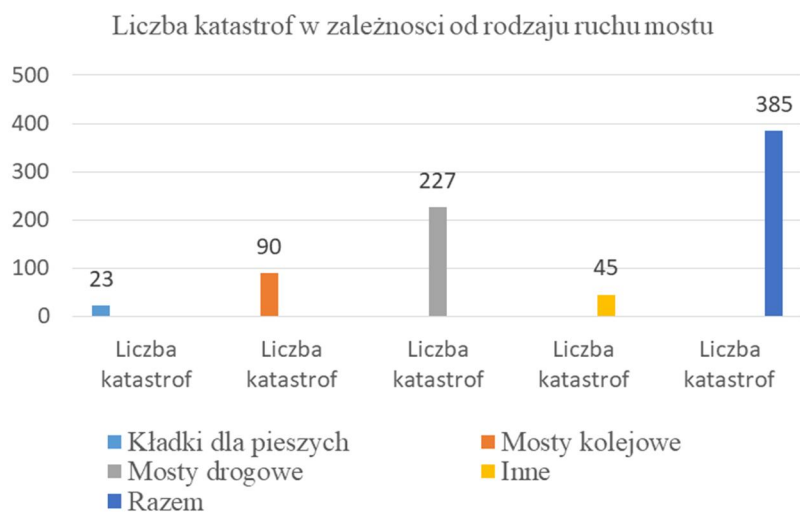
Warto jeszcze przedstawić liczbę katastrof w zależności od rodzaju ruchu na obiekcie mostowym. Odpowiedni wykres na podstawie danych w źródle [7], pokazano na rys. 6. Widać, że zdecydowanie największa ich liczba dotyczy mostów drogowych (227), a następnie kolejowych (90), na co zapewne miał wpływ dynamiczny rozwój sieci komunikacyjnej,



poczynając od XIX wieku i budowanie wielu obiektów, zwłaszcza w dobie światowej rewolucji przemysłowej, przy niedostatecznej jeszcze wiedzy mostowej.



Rys. 6. Liczba katastrof na poszczególnych kontynentach w latach 1813–2009 – opracowanie własne na podstawie [7].



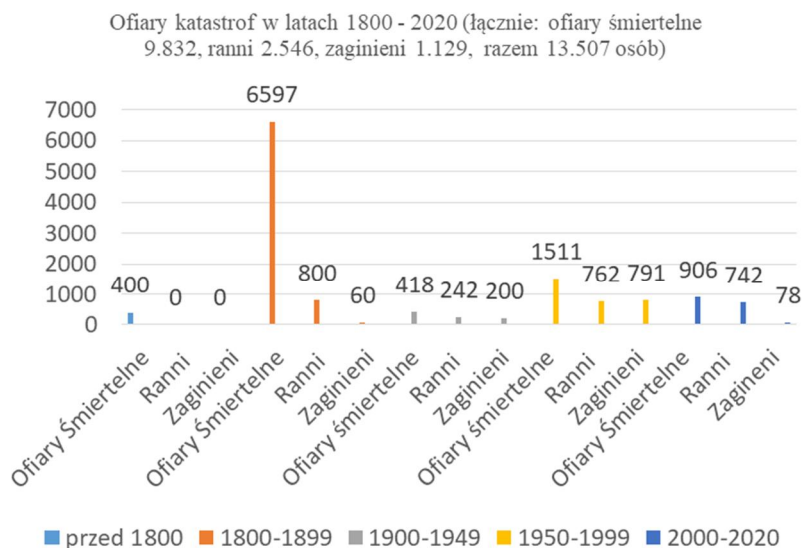
Rys. 7. Liczba katastrof w latach 1813–2009 w zależności od rodzaju ruchu na obiekcie mostowym – opracowanie własne na podstawie [7].

Tragiczną konsekwencją katastrof mostowych są ofiary śmiertelne. Jedynym obszernym źródłem, podającym ich liczbę, w wielu przypadkach orientacyjną lub niepewną, jest wykaz [6]. Na jego podstawie sporządzono wykres pokazany na rys. 8. Nawet biorąc pod uwagę ową niepewność danych liczbowych, stwierdzić można, że zdecydowanie największą liczbę ofiar pochłonęły katastrofy, które nastąpiły w XIX wieku (6.597), a następnie w drugiej połowie wieku XX (1.511). Warto też zauważyć, że większość ofiar w XIX wieku było skutkiem niedostatecznej wiedzy projektowej i wykonawczej, natomiast w wieku XX – dynamicznego rozwoju komunikacji lądowej i wodnej oraz błędów w projektowaniu i eksploatacji obiektów mostowych. Niezależnie od przyczyn katastrof, liczba ich ofiar w skali światowej nie jest mała

– od 1800 roku do dziś sumaryczna liczba to według [6] to 13.507 osób zmarłych, rannych i zaginionych, czyli na prawdę również zmarłych.

Przedstawianie danych statystycznych zakończymy zestawieniem najbardziej tragicznych ze względu na liczbę ofiar śmiertelnych katastrof mostowych w rejestrowanych dziejach mostownictwa (tabl. 2). Tablicę tę sporządzono na podstawie źródeł [6 i 7], przyjmując za kryterium minimum 55 osób, które poniosły śmierć.

Jak wspomniano inne jeszcze ujęcia statystyczne przedstawiono w monografii [3]. Dotyczą one między innymi katastrof mostów o przęsłach metalowych, które to zdarzenia wystąpiły w różnych krajach świata w latach 1800–2010 w łącznej liczbie 69 [15].



Rys. 8. Ofiary katastrof mostów w poszczególnych przedziałach lat (0 – brak informacji) – opracowanie własne na podstawie [6].

Tablica 1.

Lp.	Nazwa obiektu	Lokalizacja	Rok	Przyczyna	Liczba ofiar śmiertelnych
1.	Ponte des Barcas	Porto, Portugalia	1809	Przeciążenie tłumem uciekającym przed nacierającym wrogiem	ok. 4.000
2.	Etai-bashi	Tokio, Japonia	1807	Przeciążenie tłumem widzów obserwujących festiwal na rzece	ok. 1.500
3.	Angers	Angers, Francja	1850	Rezonans od marszu żołnierzy maszerujących przez most „w nogę” + wiatr	226
4.	Most kolejowy Ulianowski	Ulianowski, Rosja	1983	Uderzenie statku, kilka wagonów spadło z mostu	177
5.	Most kolejowy przez rzekę Whangaeahu	Tangiwai, Nowa Zelandia	1953	Most zniszczony przez wybuch wulkanu tuż przed wjazdem pociągu	151
6.	Most kolejowy Maddur	Maddur, Indie	1897	Powódź	150
7.	Most przez rzekę Makahali	Baitadi, Nepal	1974	Brak wiadomości	140
8.	Harrow&Wealdstone Station Footbridge	Wealdstone, Anglia	1952	W wyniku katastrofy kolejowej wykojony pociąg uderzył w kładkę dla pieszych na torami	117

Tablica 1. c.d.

Lp.	Nazwa obiektu	Lokalizacja	Rok	Przyczyna	Liczba ofiar śmiertelnych
9.	Pasaż Hyatt Regency	Kansas City, Missouri, USA	1981	Upraszczające i błędne przeróbki w projekcie spowodowały zawalenie konstrukcji i jej upadek na hol hotelowy	114
10.	Most kolejowy Veligonda	Veligonda, Indie	2005	Powódź zniosła most	114
11.	Most Rafiganj	Rafiganj, Indie	2002	Most zniszczony w wyniku zamachu terrorystycznego	103
12.	Most Eschede	Eschede, Niemcy	1998	Wykolejony pociąg uderzył w wiadukt drogowy, którego fragmenty spadły na wagony.	101
13.	Most przez rzekę Cimarron	Dover, Oklahoma, USA	1906	Podmycie podpór drewnianego mostu kolejowego	100
14.	Most przez rzekę Ashtabula	Ashtabula, Ohio, USA	1876	Zmęczenie żeliwnych elementów konstrukcji	92
15.	Wiadukt kolejowy St. Johns Station	Lewisham, Londyn, Anglia	1957	W wyniku zderzenia dwóch pociągów nastąpiło uderzenie w podpory, które z kolei spowodowało zawalenie fragmentów konstrukcji przęseł	90
16.	Most kolejowy Granville	Sydney, Australia	1977	Wykolejony pociąg pasażerski uderzył w podporę wiaduktu, fragment konstrukcji przęśla upadł na wagony	83
17.	Most Yarmouth	Yarmouth, Anglia	1845	Przeciążenie tłumem obserwującym wyczyny cyrkowe na rzece Bure – pękły łańcuchy konstrukcji wiszącej i most uległ jednostronnemu skręceniu, zrzucając widzów do rzeki.	79
18.	Most przez rzekę Tay	Dundee, Szkocja	1879	Błędy konstrukcyjne, wykonawcze i utrzymaniowe + wiatr	75
19.	Most Quebec	Quebec, Kanada	1907	Katastrofa podczas budowy – duże błędy projektowe	75
20.	Most Münchenstein	Münchenstein, Szwajcaria	1891	Przeciążenie szczególnie ciężkim pociągiem	71
21.	Nazwa mostu nieznana	Gwinea	2007	Przeciążenie przeładowanym samochodem ciężarowym	65
22.	Most pontonowy Nad Kanałem Beloslav	Bleslaw, Warna, Bułgaria	1978	Przeciążenie przez widzów	65
23.	Most Point Ellice	Victoria, Kanada	1896	Przeciążenie nadmiernie zatłoczonym tramwajem, błędy wykonawcze (spawanie niespawalnej stali), złe utrzymanie	60
24.	Most Desjardins Canal	Dundas, Kanada	1857	Pęknięcie przedniej osi lokomotywy w chwili wjazdu na most spowodowało wykolejenie pociągu i jego upadek do skutej lotem rzeki	59
25.	Saalbrücke bei München-Nienburg	Niemcy	1825	Przeciążenie tłumem, drgania wywołane śpiewem, zła jakość materiału – katastrofa rok po ukończeniu podwieszanej na łańcuchach kładki dla pieszych	55
26.	Most Cần Tho	Cần Tho, Wietnam	2007	Katastrofa w czasie budowy – nagłe osiadanie tymczasowej podpory	55
Razem					8.028

### 3. Czy te katastrofy musiały się wydarzyć?

#### 3.1. Uwagi wstępne

Oczywiście ogólnie można stwierdzić, że żadna katastrofa mostowa, pomijając te spowodowane klęskami żywiołowymi (czyli te zaliczane do obiektywnych – por. tabl. 1), nie musiałyby zaistnieć, gdyby wszystko pod względami projektowymi, wykonawczymi, utrzymanio- wymi i eksploatacyjnymi, było w najlepszym porządku i odpowiadało danemu stanowi wiedzy. Wyjątki mogłoby tylko stanowić te przypadki, w których aktualna wiedza nie obejmowała niektórych zagadnień, odkrytych i poznawanych później (por. p. 1).

Zgodnie jednak z zapowiedzią na wstępie, dalej zajmujemy się takimi katastrofami, które rzeczywiście nie musiały nastąpić, gdyby nie wymieniana już nieświadomość, lekkomyślność, brak wyobraźni i poszanowania wymagań formalno-technicznych (np. dopuszczalnej nośności obiektów), dotyczących użytkowania mostów i zwykle zaniedbania. Ograniczymy się przy tym do wpływu wymienionych, niebył chwalebnych, cech ludzkich, na katastrofy, natomiast nie będziemy przedstawiać błędów natury profesjonalnej (np. spawania niespawalnej stali). Słowem, podamy przykłady katastrof, które nastąpiły „na własne życzenie”, co oddaje nieco sarkastycznie ujęty tytuł tego opracowania. Przedstawimy tu przykłady dotyczące czterech tylko cech, co znajduje odzwierciedlenie w tytułach dalszych podpunktów.

#### 3.2. Niepohamowana ciekawość i niecierpliwość prowadząca do przeciążenia konstrukcji –przykłady historyczne

Stare powiedzenie mówi, że ciekawość to pierwszy stopień do piekła. Nie będziemy tu wnikać w zawłości filozoficzne transcendencji, ale stwierdzimy jedynie, że może być ona przyczyną katastrof mostowych. Udowodnimy to przykładami historycznymi i bardziej współczesnymi.

Pierwszy bardzo spektakularny, choć mało znany przypadek, to słynny Ponte Rialto w Wenecji. Miał on swojego poprzednika. W 1250 roku wybudowano w tym miejscu most drewniany – dwie boczne pochyłe rampy łączyły ruchomą część środkową, którą podnoszono w razie przepływu wysokich statków. W 1310 roku most ten został poważnie uszkodzony w czasie wystąpienia zbrojnego powstańców przeciw rządowi Republiki Weneckiej. Odbudowano go, ale 4 lutego 1444 roku uległ nagłemu i całkowitemu zawaleniu pod obciążeniem tłumem ludzi, obserwujących ślubny przejazd dworu markizy Ferrary, córki Alfonsa V Aragońskiego. Liczba ofiar jest nieznana. Projektant nie przewidział tak dużego obciążenia. Ale czy mógł przypuszczać, że zwykła ciekawość ludzka może być źródłem katastrofy mostu? Zawalony most został odbudowany w formie podobnej do pierwowzoru. Jego formę znamy dzięki obrazowi Cud Krzyża Świętego na Moście Rialto, namalowanemu w 1496 roku przez Vittorio Carpaccio (1465–1526) (rys. 9a). Jednak w 1524 roku także i ten most uległ zawaleniu z nieznaną obecnie przyczyną. Odbudowano go jako również drewniany dopiero 1568 roku, ale po dziesięciu latach istnienia, czyli w 1578 roku, spotkała go podobna katastrofa jak poprzedników. Senat Wenecji powołał w grudniu 1587 trzech architektów i budowniczych (nazywanych wtedy superintendentami), którymi byli Antonio da Ponte, Alvise Zorzi i Vincenzo Scamozzi. Między 20 i 23 grudnia tegoż roku przełożyli oni swoje projekty. Senat 20 stycznia 1588 roku zatwierdził zmodyfikowany projekt Antonie da Ponte, zaś 1 lutego powierzył mu kierownictwo budowy [24]. Podaję te daty dlatego, aby wskazać na oszałamiające tempo projektowania i podejmowania decyzji. Most zbudowano w ciągu trzech lat i ukończono w 1591 roku w formie, którą podziwiamy do dziś (rys. 9b).



Rys. 9. a) Drewniany poprzednik obecnego Ponte Rialto w Wenecji, widoczny na obrazie Vittorrio Carpaccio z 1494 roku [23]; b) Ponte Rialto ukończony 1591 roku i funkcjonujący do dziś [24].

Trzeba jednak nadmienić, że, niektórzy badacze XIX-wieczni wskazują, że projekt Ponte Rialto był dziełem Vincenzo Scamozziego, wybitnego architekta działającego także i w Wenecji, natomiast Antonio da Ponte był „tylko” jego budowniczym [24]. Jaka jest prawda trudno obecnie dociec.

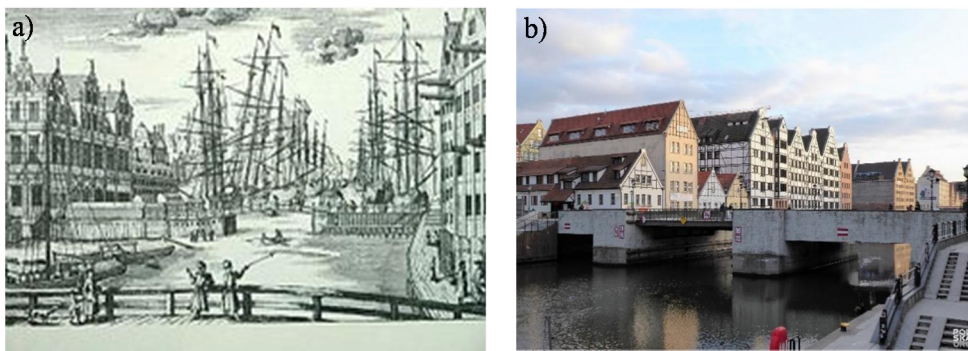
Na kanwie syntetycznie tu przywołanego przykładu Ponte Rialto warto zwrócić uwagę, na kolejne jego katastrofy w wersji konstrukcji drewnianej. Przypomnijmy, według dostępnych źródeł były to lata 1444, 1524, 1578. Prawdopodobnie wszystkie katastrofy nastąpiły wskutek przeciążenia mostu, choć jest to udokumentowane tylko w odniesieniu do pierwszej. Jeśli jednak tak rzeczywiście było, to pływająca z niej lekcja nie została odrobiona ani przez projektantów ani przez lekkomyślność ludzką. Jest to warte zastanowienia.

Drugi przykład jest niemal równo o 400 lat młodszy od pierwszej katastrofy Ponte Rialto. Dotyczy on wiszącego na łańcuchach mostu drogowego Yarmouth przez rzekę Bure w Anglii. Most oddano do użytku w 1829 roku. W 1832 roku poszerzono go, aby ułatwić ruch, ale nie było ono przewidywane w pierwotnym projekcie tego obiektu. Jego katastrofa nastąpiła 2 maja 1845 roku pod obciążeniem tłumem, obserwującym wyczyny cyrkowców na rzece. Wskutek zerwania łańcucha nośnego pomost uległ skręceniu zrzucając widzów do wody. Zginęło 79 osób, głównie dzieci (por. tabl. 2, poz. 18). Katastrofę pokazano na rycinie z epoki (rys. 10). Czy nikt nie zdawał sobie sprawy z ograniczonej nośności konstrukcji mostu, zwłaszcza przy mimośrodowym obciążeniu tłumem widzów? Uderza brak jakiegokolwiek profesjonalnej kontroli ze strony służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo ludzi, którzy żywiołowo wdarli się na most, będący dobrym miejscem widokowym. Czy służby takie w ogóle w tamtym czasie działały podczas jakbyśmy o dziś określili imprez masowych?



Rys. 10. Katastrofa mostu Yarmouth w Anglii [25].





Rys. 11. Most Zielony w Gdańsku: a) widok z Mostu Krowiego i okręty na Motławie według ryciny z 1765 roku [27]; b) dzisiejszy wygląd mostu pełniącego funkcje mostu pieszego [28].

Katastrofy mostów spowodowane przeciążeniem tłumem są też udziałem nowszych czasów. Przykładem może być kompletne zniszczenie mostu nad kanałem Beloslav w Bułgarii w 1978 roku wskutek tego właśnie powodu – zginęło 65 osób.

Przypadłość wymieniona w tytule tego podpunktu, może być więc traktowana ze względu na potencjalne zagrożenie bezpieczeństwa mostów, jako niezmienna cecha rodzaju ludzkiego.

Innym, nowszym przykładem katastrofy wywołanej przeciążeniem tłumem, jest zawalenie kładki dla pieszych Yellow Love, Klungkung Regency, Bali, Indonezja. Przeciążenie to było jednak w głównej mierze skutkiem nieświadomości użytkowników i braku ich cierpliwości (spieszyli się do domów) oraz zaniedbań technicznych, a nie niepoahamowanej ludzkiej ciekawości. Obiekt ten był o stalowej konstrukcji wiszącej z drewnianym pomostem (rys. 12a). Miał długość około 150 m i szerokość około 1,5 m. Łączył dwie małe wyspy. Był przeznaczony do ruchu pieszego, ale nagminnie jeździli po nim motocykliści. 18 października 2016 roku, o godzinie 18:30, konstrukcja runęła do wody pod wpływem przeciążenia tłumem ludzi powracających z hinduistycznych modlitw w pobliskiej świątyni na wyspie Ceningon. Było ich wtedy na obiekcie około 70. Zginęło 9 osób, 34 zostało rannych. Według świadków katastrofę poprzedziły drgania i rozkołysanie konstrukcji. Bezpośrednią przyczyną zawalenia kładki było pęknięcie głównego kabla nośnego spowodowane owym przeciążeniem (rys. 12b). Była to druga z kolei katastrofa tego obiektu, poprzednia nastąpiła w lutym 2013 roku [29, 30]. Wtedy nie było na szczęście żadnych ofiar. Można mieć poważne wątpliwości, czy obiekt, który po około trzech latach eksploatacji uległ kolejnej katastrofie, spełniał podstawowe warunki bezpieczeństwa. Wystąpił ewidentny brak działań technicznych. Kładkę znów odbudowano w pierwotnej formie i oddano do użytku lutym 2017 roku. Może tym razem służyć będzie bezpiecznie.



Rys. 12. Kładka dla pieszych Yellow Love: a) przed katastrofą; b) po katastrofie [29].

### 3.2. Przeświadczenie, że każdy most przeniesie każde obciążenie – przykłady współczesne przeciążenia mostów taborem drogowym

Istnieje u niektórych (a może nawet u wielu) użytkowników obiektów mostowych przeświadczenie, że nośność mostów jest właściwie nieograniczona, w związku z czym ładunki o każdej masie można po nich przewozić. Do tego dodać należy lekceważenie oficjalnie wprowadzonych ograniczeń nośności. Podamy kilka tego rażących przykładów, w których wymieniona cecha doprowadziła do tragicznych w skutkach katastrof.

Ale zacniemy od mało chyba znanego w Polsce zdarzenia, na szczęście bez ofiar ludzkich, które bardzo dobrze oddaje ową wiarę, że most wszystko wytrzyma.

Dzięki życzliwości Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego, autor uzyskał informację o zawaleniu drewnianej konstrukcji niewielkiego mostku w miejscowości Stara Kamienica w powiecie karkonoskim na Dolnym Śląsku. Nastąpiła ona 15 listopada 2018 roku. Pod samochodem ciężarowym załadowanym klinkierem obiekt ten runął (rys. 13). Nikt nie zginął, ciężarówka nie przewróciła się. Warto zapytać, kto tu miał szczęście?

Katastrofy wywołane przeciążeniami obiektów mostowych należały i nadal należą do stosunkowo częstych i dotyczą wielu krajów na świecie, także tych wysoko rozwiniętych lub dynamicznie rozwijających swoją gospodarkę. Zdarzenia takie występują także w mostach relatywnie nowych, oddanych do eksploatacji w ostatnich latach.

Jedną z najbardziej charakterystycznych jest katastrofa wiaduktu Wuxi w prowincji Jiangsu w Chinach. Obiekt ten ukończono w 2005 roku. 10 października 2019 roku, o godzinie 18:10, na obiekt ten wjechały dwa pojazdy ciężarowe z ładunkami. Ich łączna masa była równa 171 ton, co spowodowało zawalenie przęsła (rys. 13), które przygniotło samochody pod wiaduktem. Skutkiem tego były 3 ofiary śmiertelne i 2 osoby ranne. Według norm obowiązujących w Chinach dopuszczalna nośność obiektów mostowych klasy I (do takich należał feralny wiadukt) wynosi 55 t. Obciążenie zostało więc przekroczone w stosunku do dozwolonego aż o około 210%. Czy ani osoby ekspediujące samochody z tak ciężkim ładunkiem, ani ich kierowcy, nie mieli świadomości jakie mogą być konsekwencje tak znacznego przeciążenia konstrukcji? Czy wola lub przymus zrealizowania tego transportu były tak wielkie, że nic innego się nie liczyło? Katastrofa ta, to ten właśnie przypadek, który nie musiał się zdarzyć.



Rys. 13. Załamanie drewnianego mostu w Starej Kamienicy pod samochodem ciężarowym [31].



Rys. 14. Wiadukt Wuxi: a) i b) skutki katastrofy; c) i d) usuwanie jej skutków [32].

Tragiczną w skutkach katastrofą spowodowaną nieprzebraniem formalnych ograniczeń i ostrzeżeń był nie tak dawny przypadek mostu de Mirepox przez rzekę Tarn, koło Tuluz w Francji. Most ten o konstrukcji wiszącej (rys. 15a) wybudowano w 1931 roku (lub w 1935 roku – można napotkać na rozbieżne dane) jako stalowy z betonowym pomostem. Rozpiętość przęsła była równa 152 m, a szerokość pomostu – 5 m. W 2003 roku obiekt ten poddano remontowi. Jednak jego stan techniczny musiał widocznie ulegać pogorszeniu, skoro na pylonach umieszczono napis ostrzegawczy (rys. 15b), dopuszczający przejazd tylko jednego samochodu ciężarowego przez most. Nośność obiektu określono na maksimum 19 ton. Ostatnią inspekcję stanu technicznego mostu przeprowadzono w 2017 roku i nie stwierdzono niepokojących objawów. Dnia 18 listopada 2019 roku, około godziny 8 rano, na most wjechały jednocześnie samochód ciężarowy z maszyną budowlaną „na pokładzie”, mający przypuszczalnie łączną masę około 50 ton, oraz samochody dostawczy i osobowy, co spowodowało przeciążenie konstrukcji i doprowadziło do jej zawalenia – zerwane zostały wieszaki łączące pomost z kablami nośnymi i przeszło runęło do rzeki o rwącym nurcie (rys. 15c i d). Według różnych danych zginęły dwie osoby lub jedna (na pewno zginęła kilkunastoletnia dziewczyna, pasażerka samochodu osobowego, jej matkę, prowadzącą samochód odratowano) i 5 osób odniosło rany [33]. Katastrofa ta świadczy o tym do jakich tragicznych skutków może prowadzić lekceważenie nakazów administracyjnych, w tym przypadku dotyczących dozwolonej nośności mostu. Sam tylko samochód ciężarowy z ładunkiem powodował jej niemal trzykrotne przekroczenie. Zapewne nie jest to ostatni *casus* katastrofy spowodowanej nieświadomością, ale najczęściej jednak świadomością, doprowadzeniem do przeciążenia konstrukcji, co jest szczególnie groźne w przypadku mostów użytkowanych od wielu lat i często nie utrzymywanych w należyтым stanie technicznym. Mentalność ludzka niewiele się jednak zmienia w ciągu wieków (przynajmniej jeśli chodzi o eksploatację mostów). Jeżeli jednak w dawnych czasach przeciążenie mostów mogło być skutkiem lekkomyślności i niewiedzy, o tyle obecnie raczej tylko jej pierwszej cechy, co potwierdzają następujące dwa przykłady z dosłownie ostatnich lat.





Rys. 15. Katastrofa mostu de Mirepoix przez rzekę Tarn, koło Tuluzy, Francja: a) most przed katastrofą; b) tablica z ostrzeżeniem („Uwaga niebezpieczeństwo – Tylko jeden samochód ciężarowy na moście”); c), d) skutki katastrofy [33].

Pierwszy dotyczy mostu Dale Bend w Ola, Arkansas, USA. Został wybudowany w 1930 roku. (rys. 16a). W 2010 roku wpisano go na listę budowli zabytkowych. Jego katastrofa nastąpiła 31 stycznia 2019 roku. Przyczyną było przeciążenie pojazdem ciężarowym o masie około 40 t, podczas gdy dopuszczalną masę tego rodzaju pojazdów oficjalnie określono na 6 t (rys. 16b). Przeciążenie było więc ponad sześciokrotne. Na szczęście katastrofa ta nie pociągnęła za sobą żadnych ofiar. Kierowca został skierowany na ten most przez system GPS, któremu bezkrytycznie zawierzył, nie zwracając uwagi na ustawioną przed mostem tablicę z informacją o dopuszczalnych masach różnego rodzaju pojazdów, które mogą wjeżdżać na obiekt. A przecież zniszczenia mostu można było uniknąć przy niewielkiej nawet dozie rozsądku. Korzystanie z GPS tego nie zastąpi, zwłaszcza że wskazuje on trasę zwykle bez uwzględnienia nośności i skrajni obiektów mostowych.



Rys. 16. Most Dale Bend na rzekę Jean, Ola, Arkansas, USA: a) widok mostu przed katastrofą; b) skutki katastrofy wskutek przeciążenia konstrukcji, znacznie przekraczającego dozwoloną masę pojazdów [34].

Drugi przykład można zaliczyć do ewenementów. Zawalenie mostu Tittle w Canso, Nowa Szkocja, Kanada, nastąpiło zupełnie niedawno, bo 7 lipca 2020 roku. Kratownicowe przeszło mostu, który wybudowano w 1950 roku (w chwili katastrofy miał więc około 70 lat, poddawany był różnego rodzaju naprawom i remontom), miano ze względu na jego zły stan techniczny wymienić. Zaczęto w tym celu prowadzić prace przygotowawcze. Po moście przewożono ciężki sprzęt – na niskopodwoziowej platformie umieszczony był dźwig ciągniony przez pojazd samochodowy (rys. 17a). Podczas przewozu most w sposób nagły uległ zawaleniu, co udokumentowane zostało na filmie video [35, 36]. Czoło ciągnika było wtedy mniej więcej w połowie rozpiętości przęsła. Przeciążenie konstrukcji było bezsporne. Natomiast dyskusyjny jest jego stopień. Według [36] łączną masę obciążenia oceniono na 56 t, natomiast oficjalnie dopuszczalną masę określono jako równą 41 t. Przeciążenie byłoby więc relatywnie niezbyt drastycznie przekroczone, bo „tylko” o około 37%. Natomiast według [37], okoliczni mieszkańcy twierdzili, że po moście nie mógł przejeżdżać szkolny autobus, jeżeli jego masa przekraczała 12,5 t oraz że ruch ciężkich pojazdów (np. cystern) nie był dozwolony. W tymże źródle [37] znaleźć można informacje, że masa samego tylko transportowanego dźwigu była szacowana na około 80 t (czyli o 24 t więcej niż według źródła [36]). W tym przypadku przeciążenie byłoby dwukrotnie większe od obciążenia oficjalnie dozwolonego (41 t). Te szczegóły podaję po to, aby wskazać na trudności w ścisłym ustalaniu przyczyn katastrof na podstawie źródeł internetowych. Tak, czy inaczej, konstrukcja była w na tyle złym stanie technicznym, że zapas jej bezpieczeństwa okazał się niewystarczający i most runął (rys. 17b). Jedna tylko osoba została ranna, co można określić jako szczęście w nieszczęściu. Do przedstawionej sytuacji nie powinno jednak w ogóle dojść. Jeżeli przeszło mostu miano wymienić, to przecież rozsądek nakazywał, aby nie przeciążać go w niewielkim nawet stopniu – wspomniany, rzeczywisty zapas bezpieczeństwa nie był przecież znany. Nierozważny realizowany transport tak ciężkiego ładunku mógł przynieść znacznie bardziej tragiczne skutki – skończyło się na stratach materialnych.



Rys. 17. Most Tittle, Canso, Nova Scotia, Kanada: a) podczas transportu dźwigu przez most tuż przed zawaleniem obiektu; b) skutki katastrofy [35].

### 3.3. Przeświadczenie, że pod obiektem mostowym może przejechać każdy pojazd – lekceważenie wymiarów skrajni mostów taborem drogowym

Jednym ze sposobów zapewniających bezpieczne i niezaburzone użytkowanie sieci komunikacyjnej i transportowej jest stosowanie właściwych, ujętych w przepisach projektowania i eksploatacji, skrajni obiektów mostowych. Dotyczą one wszelkiego ruchu na obiektach i pod nimi. Pomijając tzw. skrajnie przechodnia i rowerzysty, wymiary tych skrajni odpowiadają z pewnymi zapasami wymiarom poprzecznym współczesnego taboru lądowego i wodnego,

ich szerokości i wysokości. W projektowaniu nowych obiektów mostowych uwzględnia się kształt i wymiary skrajni według aktualnie obowiązujących przepisów. Wtedy nie ma (lub nie powinno być) utrudnień w normalnym użytkowaniu obiektów. Są jednak sytuacje, w których sprawa skrajni i znajomości jej wymiarów przez użytkowników, może mieć wpływ na powstanie poważnych uszkodzeń lub wręcz katastrof obiektów mostowych, głównie wiaduktów nad drogami. Można tu odróżnić dwa podstawowe przypadki:

- A. Wiele obiektów, zwłaszcza projektowanych w latach dawniejszych, ma tzw. skrajnie nienormatywne, czyli niezgodne z aktualnymi wymaganiami ujętymi w przepisach. Są to zwykle mniejsze wymiary wysokości lub szerokości w świetle pod wiaduktami. Stąd stosowane są znaki drogowe sygnalizujące wysokości i szerokości rzeczywistych skrajni pod obiektem, co umożliwia na przykład kierowcom „tirów” wybór innych dróg z obiektami spełniającymi wymagane parametry geometryczne dotyczące skrajni ruchu. Często odpowiednie informacje podawane są z dużym wyprzedzeniem w stosunku do lokalizacji obiektu niespełniającego tych wymagań. W niektórych przypadkach, na przykład przy wjazdach do miejscowości, stosowane są też urządzenia (rodzaj bramek), sygnalizujących kierowcy czy dany pojazd może bezpiecznie przejechać pod istniejącymi, starymi zwykle, wiaduktami zlokalizowanymi w ciągu drogi jego jazdy.
- B. Spełnione są wszystkie wymagania dotyczące skrajni ruchu pod obiektami, ale wskutek różnych przyczyn, najczęściej niedbałości lub lenistwa obsługi, pojazdy z różnego rodzaju ładunkami nie mieszczą się pod obiektami i uderzają w spód przęseł, niejednokrotnie poważnie je uszkadzając lub nawet zrzucając na drogę pod nimi.

Obie wymienione sytuacje, dotyczące głównie wysokości skrajni ruchu pod wiaduktami, w przypadku lekceważenia ostrzeżeń (A) lub zaniedbań w transporcie wielkogabarytowych ładunków (B), prowadzą do skutków niebezpiecznych zarówno w odniesieniu do konstrukcji obiektów, jak i pojazdów. Poniżej przedstawiono kilka przykładów potwierdzających tę konstatację.

Ale zaczniemy od zupełnie wyjątkowej sytuacji, w której uderzenie wielkogabarytowego ładunku przewożonego po moście doprowadziło do zawalenia jednego z jego przęseł. Chodzi o stalowy most kratownicowy, położony wzdłuż międzystanowej drogi I-5, nad rzeką Skagit, Mount Vernon, Washington USA (rys. 18.a). Wybudowano go w 1955 roku, katastrofa nastąpiła 23 maja 2013 roku (most więc był eksploatowany około 58 lat). Pojazd ciężarowy wiół wysoki ładunek, którego prawy górny róg uderzył w wyokrąglone stężenie kratownicowej konstrukcji przęsła (rys. 18.b i e). Wyokrąglenia te stanowiły ograniczenie wysokości skrajni ruchu po obiekcie. Nie uwzględniono tego w planowanym przewozie. Według relacji, takie incydenty z uderzeniami zdarzały się już poprzednio. Widocznie kumulacja niewidocznych uszkodzeń była tak duża, że w końcu nastąpiło to feralne. Kierowcy szczęśliwie udało się most przejechać, w tylnym lusterku dostrzegł jednak zawalenia przęsła i wszczął alarm. W chwili katastrofy na przęśle były 2 samochody osobowe i tzw. wóz kampingowy, które wpadły do rzeki. Ponadto jeszcze dwa inne samochody uległy zniszczeniu. Ludzi wyłowiono. Prawdziwy cud, że w wyniku tego zdarzenia nikt nie zginął. Tylko trzy osoby doznały niewielkich obrażeń. Szczegółowy i obszerny raport z katastrofy wraz z płynącymi z niej wnioskami jest przedmiotem opracowania [39]. To zdarzenie nie musiało się przecież wydarzyć, gdyby zadbano o szczegółowe dane geometryczne mostu na trasie planowanego i zrealizowanego z przedstawionymi skutkami transportu. W raporcie [39] nie zwrócono uwagi na propagację naprężeń w postaci fal zaburzeń spowodowanych uderzeniem. Ale to już temat na oddzielną pracę badawczą.

Opisany przypadek należy do bardzo rzadkich. Znacznie częstsze są uderzenia pojazdów lub wiozących przez nie ładunków w spód konstrukcji. Mogą być one zaliczone do owych

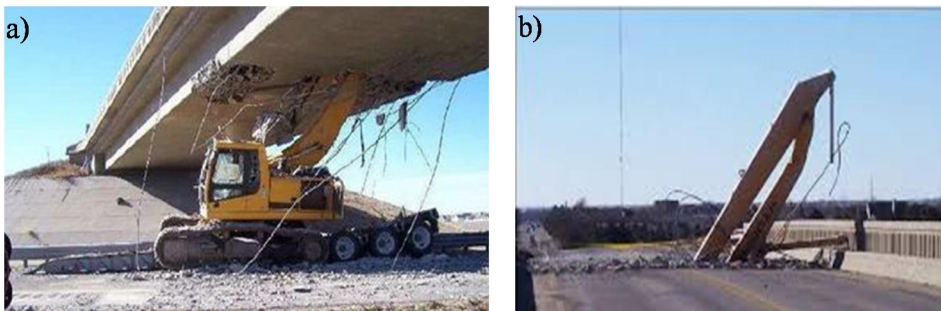


zdarzeń spowodowanych na „własne życzenie” w odróżnieniu od uderzeń w podpory obiektów, które wynikają z innych przyczyn i są zwykle znacznie bardziej tragiczne w skutkach [3].



Rys. 18. Most Skagit: a) przed katastrofą – widok boczny; b) wnętrze mostu – widać wykrąglone stężenia górne; c) i d) skutki uderzenia ładunku w te stężenia; e) ładunek z wgnieciem od uderzenia w konstrukcję [38].

Niszczące konstrukcje efekty uderzeń są niekiedy trudne do przewidzenia, co potwierdzają przykłady takiego zdarzenia także i w naszym kraju (rys. 19 i 20).



Rys. 5.19. Uderzenie w spód konstrukcji wiaduktu na obwodnicy Gdańska; a) widok z dołu; b) widok z poziomu jezdni na wiadukcie, 2006 rok (fot. K. Żółtowski).



Rys. 20. Inne przykłady uderzeń: a) Uderzenie w spód konstrukcji przewożonym podnośnikiem koszowym – transport o ponadnormatywnej wysokości. Kładka dla pieszych nad Aleją Armii Krajowej w Gdańsku (fot. K. Żółtowski); b) Uderzenie w bok wiaduktu w Piotrowicach k/Nałęczowa, 31 sierpnia 2018 roku – kierowca zapomniał opuścić skrzynię ładunkową [40].

Uszkodzenia od tego rodzaju uderzeń mogą być lokalne, albo rozległe, powodujące konieczność wymiany całego elementu konstrukcyjnego lub nawet całego przęsła (rys. 21).



Rys. 21. Zawalenie przęsła wiaduktu kolejowego w Sierakowie, 13 lipca 2021 roku [41].

Jak wspomniano nie pociągają na ogół ofiar w ludziach. Natomiast oprócz uszkodzeń wiaduktów poważnym uszkodzeniom ulegają pojazdy lub wiezione przez nie ładunki, czego przykłady pokazano na rys. 21 i rys. 22. Są to niestety zdarzenia dość często występujące na naszych drogach.



Rys. 21. Wiadukty kolejowe w Słupsku o obniżonej wysokości skrajni ruchu [42].





Rys. 22. a) Uderzenie pojazdu ciężarowego w spód wiaduktu kolejowego w Nowym Sączu [42]; b) uderzenie wiozonego nowego „kampera” w wiadukt kolejowy nad ul. Krapkowicką w Opolu, 26 lipca 2021 roku [43].

Wszystkie zdarzenia, które syntetycznie przedstawiono w tej części opracowania wyraźnie potwierdzają, że ich główną przyczyną była niefrasobliwość ludzka i liczenie – bardziej lub mniej świadome – że jakoś przejechać się uda. Otóż stosunkowo często nie udaje...

### 3.4. Bezmyślność i brak kontroli nad poczynaniami ludzi wokół mostu powodem tragedii

Zdarzają się sytuacje, w których katastrofa mostu i jej tragiczne skutki jest konsekwencją bezmyślności ludzi połączonej z brakiem kontroli nad ich długoletnimi poczynaniami wokół obiektu. Przykładem tego może być katastrofa mostu Hintze Ribeiro w Portugalii.

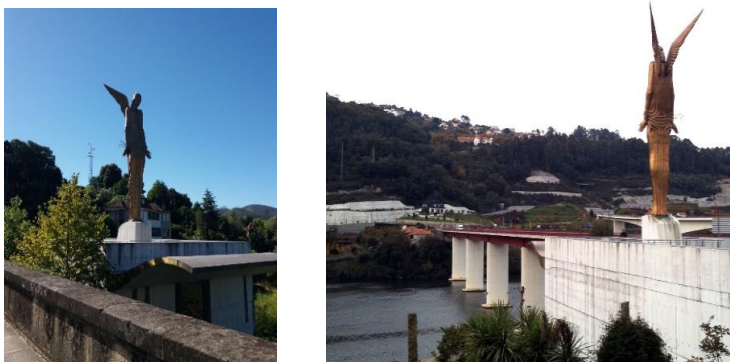


Rys. 23. Most Hintze Ribeiro przez rzekę Duero, Portugalia: a) most przed katastrofą, b), c) i d) skutki katastrofy [44].

Most w Entre-os-Rios przez rzekę Duero w Portugalii (rys. 23a) został ukończony w 1886 roku. 4 marca 2001 roku most uległ zawaleniu, gdy był na nim autobus i trzy samochody osobowe. Wszystkie pojazdy wpadły do rzeki. Śmierć poniosło aż 59 osób, których ciała odnajdywano nawet 30 km od miejsca katastrofy. Burza i bardzo silny nurt rzeki uniemożliwiły natychmiastowa akcję ratunkową.

Przyczyną katastrofy było podmycie jednej z podpór spowodowane niekontrolowanym, około dwudziestoletnim pobieraniem piasku w sąsiedztwie tej podpory do celów budowlanych. O grożącym niebezpieczeństwie informowali władze pletwonurkowie i inżynierowie, ale zostało to zignorowane. Kilka godzin po katastrofie do dymisji podał się Minister Komunikacji Jorge Coelho. Osoby wydobywające piasek stanęły przed sądem. Ku czci ofiar katastrofy wzniesiono pomnik (rys. 24). Zawalony most odbudowano we współczesnej formie konstrukcyjnej, a w jego pobliżu wybudowano także nowy (rys. 25).

Opisana tu katastrofa nastąpiła 4 marca 2001 roku, a więc stosunkowo niedawno, już w XXI wieku. Okazuje się, że współczesność nadal obfituje w nieszczęśliwe zdarzenia, których można było uniknąć, gdyby niefrasobliwość i zaniedbania nie były nadal częścią zachowań ludzi, dążących (lub zmuszonych własną sytuacją życiową) do korzyści materialnych. To się niestety zdarzało również w historii mostownictwa, zdarza się obecnie i zapewne zdarzać będzie. Oby jak najrzadziej i oby bez niepotrzebnych ofiar z ludzkiego życia.



Rys. 24. Pomnik ku czci ofiar katastrofy mostu [45].



Rys. 25. Mosty przez Duero w Entre-os-Rios, Portugalia,: na pierwszym planie zrekonstruowany po katastrofie stary most, na drugim planie – nowy most wybudowany po katastrofie starego [46].

Podobne przypadki niekontrolowanego pobierania piasku z rzek w sąsiedztwie podpór mostowych występują także w Polsce, zwłaszcza w pobliżu obiektów na drogach lokalnych.

Niech przedstawiony tu przypadek mostu w Portugalii stanowi ostrzeżenie przed potencjalnymi skutkami takiego postępowania – mogą być tragiczne. Interesujące informacje na temat pomiarów i analizy przyspieszonego osiadania mostów, poprzedzającego ich katastrofę, można znaleźć w publikacji [47].

### 3.4. Zamiast podsumowania

Wybór tematyki niniejszego opracowania jest w sposób zamierzony tendencyjny. Jego celem jest wykazanie, że poza obiektywnymi oraz subiektywnymi, ale natury profesjonalnej, przyczynami katastrof mostowych są zwykłe wady charakterologiczne i mentalne rodzaju ludzkiego i to niezależnie od czasu i miejsca. Pod tym względem przyczyny katastrof mostowych (i zresztą nie tylko one) są niezmiennie i występują zarówno w krajach wysoko rozwiniętych (tych bogatych), jak i w krajach rozwijających się (tych biednych). Dowodem tego są przedstawione wyżej przykłady, które dotyczą i jednych i drugich z wymienionych ogólnie krajów.

Specyfika problemu zaprezentowanego w tym opracowaniu polega na tym, że nie bardzo wiadomo jak uchronić obiekty, zwłaszcza te eksploatowane już od wielu lat, przed katastrofami, określonymi tu jako zaistniałymi na własne życzenie. Informacje o ograniczeniach co do dopuszczalnej nośności obiektów i ich parametrów geometrycznych bywają bezmyślnie łamane i to w sposób drastyczny. Świadczy o tym choćby katastrofa mostu w Taiyuan w Chinach (rys. 26). Na ten dwuprzęsłowy obiekt wjechał ciągnik siodłowy z naczepą, na której był ładunek stalowego proszku. Łączna masa tego obciążenia było równa około 180 t. Obiekt był projektowany na nośność 20 t [48]. Dopuszczalne obciążenie zostało więc przekroczone aż dziewięciokrotnie. Jedno z przęseł zostało zwałone do rzeki. Liczba ofiar nie jest znana [8].



Rys. 26. Skutki katastrofy mostu w Taiyuan, prowincja Shanxi, Chiny, 16 sierpnia 2007 roku [48].

Przeciążenia konstrukcji mostowych są zjawiskiem dość nagminnym i występującym w wielu krajach. Administracje drogowe, na przykład w USA, starają się temu przeciwdziałać przez instalowanie wag na ważnych ciągach komunikacyjnych. Kontrole te nie zawsze są całkowicie skuteczne, bo kierowcy często omijają te wagi lub informują się wzajemnie, które z nich są w danym dniu zepsute i nie działają. Pogoń za zwiększaniem ciężaru ładunków ma oczywiście na celu oszczędności przewozowe. Oszczędności te jednak mogą być, jak wykazano w tym opracowaniu, tragiczne w skutkach i przynoszą ogromne straty materialne i nierzadko ofiary w ludziach.

Ignorowanie oficjalnie wprowadzonych ograniczeń nośności mostów i wymiarów skrajni ruchu, wynikające z błędnego i lekkomyślnego przekonania, że każdy most przeniesie każde obciążenie i że pod każdym wiaduktem można przejechać, jest jak tu wykazano dość powszechne. Powstaje pytanie jak takiemu przekonaniu przeciwdziałać. Nie ma na to moim



zdaniem dobrej odpowiedzi, bo na te cechy ludzkiej mentalności nie ma po prostu rady; zawsze znajdą się bardziej lub mniej świadomi ryzykanci. Może nauczy ich własne doświadczenie, jeżeli uda im się wyjść cało z katastrofy, którą sami spowodowali.

Oddzielną sprawą jest brak kontroli nad samowolnymi poczynaniami ludzi w bezpośrednim sąsiedztwie obiektów mostowych, zwłaszcza podpór rzecznych. Najbardziej drastyczny z oficjalnie zarejestrowanych przypadków przedstawiono w punkcie 3.4. (most Hintze Ribeiro w Portugalii). Podobnych przykładów, prowadzących do niespodziewanych osiadań podpór lub powstawania osuwisk (tu nie przedstawionych, ale zaprezentowanych w [3]) wskutek nie przemyślanego działania ludzi, można znaleźć więcej. Są zatem sytuacje, w których katastrofy „na własne życzenie” mają swe źródła w zaniedbaniach ze strony jednostek zarządzających eksploatacją obiektów mostowych.

I na koniec taka oto ogólna refleksja. Współcześnie, zwłaszcza w projektowaniu i realizacji obiektów mostowych o dużej skali, wprowadzane są różnego rodzaju zabezpieczenia przed potencjalnie mogącymi wystąpić katastrofami. Zabezpieczenia te dotyczą zarówno przyczyn obiektywnych, jak i subiektywnych (por. tabl. 1.). Przykładem tych pierwszych są choćby zawansowane metody analizy i wykonawstwa konstrukcji na terenach sejsmicznych – katastrofy spowodowane trzęsieniem ziemi dotyczą głównie mostów wybudowanych w dawniejszych latach. Przykładem tych drugich są urządzenia ochronne podpór mostowych przed uderzeniami taborem pływającym. Stosowane są też proste urządzenia sygnalizujące na przykład zaniżoną wysokość skrajni drogowej pod wiaduktami, co powinno (przynajmniej w teorii) eliminować uderzenia pojazdów w spód konstrukcji (por. p. 3.3.). Ponadto instalowane są coraz częściej urządzenia do monitorowania zachowania obiektów pod normalnym ruchem eksploatacyjnym. Służą to między innymi wczesnemu ostrzeganiu przed potencjalną katastrofą. Tematyka tradycyjnych i nowoczesnych zabezpieczeń przed katastrofami mostowymi zasługuje na oddzielne opracowanie. Niemniej jednak te wszystkie działania nie wyeliminują tych przyczyn katastrof mostowych, które określono tu mianem katastrof „na własne życzenie”.

Oby świadomość ludzi i ich rozsądek, a także odpowiedzialność jednostek zarządzających mostami wzrosły na tyle, aby tych katastrof, które nie musiały przecież zaistnieć, a który przykłady przedstawiono w tym opracowaniu, nie było w ogóle.

## Literatura

1. Petroski K.: *To Engineer is Human – The Role of Failure in Successful Design*, Vintage Books, 1992, pp. 251.
2. Radomski W.: Katastrofy i awarie mostów a rozwój wiedzy budowlanej. XXV Konferencja Naukowo-Techniczna „Awarie Budowlane”, Międzyzdroje, 24–27 maja 2011, tom. I. s. 153–174.
3. Radomski W.: Katastrofy mostów – Historia i teraźniejszość, Wroclawska Seria Wydawnicza Inżynierii Mostowej, tom 14, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2021, ss. 226.
4. Dmitriew F. D., Katastrofy budowlane, tłum z ros., Budownictwo i Architektura, Warszawa 1956, s. 200.
5. Jarominiak A., Rosset A.: Katastrofy i awarie mostów, WKiŁ, Warszawa 1986, ss. 164.
6. [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_bridge\\_failures](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_bridge_failures)
7. <http://www.bridgeforum.org/dir/collapse>
8. Åkesson B.: *Understanding Bridge Collapses*, Taylor&Francis, 2008, pp. 280.
9. Scheer J.: *Failed Bridges – Case Studies, Causes and Consequences*, Ernst&Sohn, 2010, pp. XiV + 307.
10. [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_structural\\_failures\\_and\\_collapses](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_structural_failures_and_collapses)
11. Barker R. M., Puckett J. A.: *Design of Highway Bridges*, John Wiley&Sons, Inc., 1997, pp. 528.
12. Zobel H., Golubińska A.: *Pożary mostów*, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Studia i Materiały, zeszyt 52, Warszawa 2000, ss. 75.
13. Zobel H., et al. *Pożary mostów*, PWN, Warszawa 2020, s. 302.
14. Cook W.: *Bridge Failure Rates, Consequences, and Predictive Trends*, PhD Thesis, Utah State University, Logan, Utah, USA, 2014.

15. Imam B.: Chryssanthopoulos M.: A review of metallic bridge failure statistics, IABMA 2010 Conference, 11–15 July 2010, Philadelphia, USA, pp. 3275–3282.
16. Belardes N.: A People's History of the Peculiar – A Freak Show of Facts, Random Obsessions and Astrounding Truth, Viva Editions, 2014, pp. Viva Editions, pp. 274.
17. Szer J.: Katastrofy Budowlane, PWN, Warszawa 2018, ss. 208.
18. Drzymała T., Gałaj J., Krawczyńska S.: Analiza podstawowych przyczyn powstawania awarii I katastrof budowlanych w Polsce w latach 2004–2013, Technika Transportu Szynowego, 12, 2015, s. 1828–1832.
19. Pismo GUNB, Departament Inspekcji i Kontroli Budowlanej, DIK.0132.6.2020 z dnia 29 maja 2020 roku – w archiwum autora.
20. Furtak K., Wołowicki W.: Rusztowania mostowe. WKiŁ, Warszawa 2005, ss. 320.
21. Błazik-Borowa E.: Obciążenia i oddziaływania na rusztowania jako konstrukcje inżynierskie, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2018, ss. 345.
22. 2Larsen O. D.: Ship Cillision with Bridges – The Interaction between Vessel Traffic and Bridge Structures, Structural Engineering Documents, 4, IABSE, 1993, pp. 131.
23. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Vittore\\_Carpaccio](https://pl.wikipedia.org/wiki/Vittore_Carpaccio).
24. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Most\\_Rialto](https://pl.wikipedia.org/wiki/Most_Rialto).
25. [https://en.wikipedia.org/wiki/Yarmouth\\_suspension\\_bridge](https://en.wikipedia.org/wiki/Yarmouth_suspension_bridge).
26. Januszajtis A.: Opowieści starego Gdańska, Wydawnictwo „Marpress”, Gdańsk 2009, ss. 133.
27. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Zielony\\_Most\\_w\\_Gdansk](https://pl.wikipedia.org/wiki/Zielony_Most_w_Gdansk).
28. [polska-org.pl/7902506.foto.html](http://polska-org.pl/7902506.foto.html).
29. <https://www.smh.com.au/world/sign-warning-of-bali-bridge-danger...>
30. <https://www.google.pl/search?source=univ&tbn=isch&q=Yellow+Love+collapse+Indonesia&sa=...>
31. [radiowroclaw.pl/articles/view/8514/Stara-Kamienica-Zawalil-się-most-pod-ciezarom-ciezarowki-FOTO](http://radiowroclaw.pl/articles/view/8514/Stara-Kamienica-Zawalil-się-most-pod-ciezarom-ciezarowki-FOTO).
32. <https://www.traistimes.com/asia/east-asia/road-bridge-collapses-in-wuxi-china-trappingcars-underneath>.
33. <https://www.google.pl/search?spirce=univ&tbn=isch&q=Mirepoix+bridge+over+Tarn+river+France+collapse+ photos&sa...>
34. <https://www.arkansasonline.com/news/2019/jan/31/truc-bridge-collapse-Arkansas-county>.
35. <https://atlantic.ctvnews.ca/bridge-collapses-nova-scotia-a-guysborough-country-1.5014917>.
36. <https://www.thecivilengineer.org/news-cente/latest-news/item/2298-bridge-collpses-into-a-river-in-canada-footage-caught-on-camera>.
37. <https://www.thestar.com/news/canada/2021/10/20/new-little-bridge-opens-investigation-into-cause-of-collapse-continues.html>.
38. [https://en.wikipedia.org/wiki/I-5\\_Skagit\\_River\\_bridge\\_collapse](https://en.wikipedia.org/wiki/I-5_Skagit_River_bridge_collapse).
39. Highway Anccident Report. Collapse of the Interstate 5 Skagit River Bridge Following a Strike by an Oversized Combination Vehicle, Mount Vernon, Washington, May 23, 2013, National Transportation Safety Board, Accident Report NTSB/HAR/-14/01, PB2014-106399, pp. 75.
40. <https://www.google.pl/search&source=univ&tbn=aschq=Uderzenia+pojazdów+w+spód+wiaduktów>.
41. <https://www.google.com/search?source=univ&tbn=isch&q=Uderzenie+pojazd%C3%B3w+...>
42. [https://en.wikipedia.org/wiki/Hintze\\_Ribeiro\\_disaster](https://en.wikipedia.org/wiki/Hintze_Ribeiro_disaster).
43. <https://www.cruismapper.com/images/ports-2187-31574b210d2.jpg>.
44. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/16/Puerta-ecnteros-ri0s-castelo-de-pavia.jpgs>
45. Sousa J. J., Bartos L.: Multi-temporal SAR interferometry reveals acceleration of bridge sinking before collapse, Natural Hazzards and Earth System sciences, 13, 2013, p. 659–667.
46. [www.chinadaily.com/photo/2007-08/17/content\\_6031657.htm](http://www.chinadaily.com/photo/2007-08/17/content_6031657.htm).

## Self-imposed catastrophic failures of bridges

**Key words:** bridge, disaster, causes, effects, human error, recklessness