

cz. 14

MOSTY POMNIKI CYWILIZACJI

Piotr Kawalerowicz

Jedną z najbardziej ludzkich, spośród wielu charakterystycznych dla człowieka cech, jest **ciekawość**. W połączeniu z uporem, pracowitością i dociekliwością często była źródłem odkryć - zarówno tych popychających cywilizację do przodu, jak i tych, które na lata pograżały ją w mrokach.

Jaka jest historia wynalazków i odkryć, skąd się brały, kto i gdzie ich dokonywał, jaki był ich dalszy los i wpływ na cywilizację?

MOSTY

Od pradawnych czasów przekraczanie przeszkód terenowych takich jak rzeki czy wąwozy stanowiło problem. Z chwilą, gdy przeszkodę taką należało pokonywać wielokrotnie, w praktycznym umyśle człowieka zrodził się pomysł, aby skonstruować coś, co ułatwi przeprawę na drugi brzeg i ograniczy trud z tym związany. Najprawdopodobniej już człowiek pierwotny pod koniec epoki kamiennej zaczął budować kładki i prymitywne mosty wiszące. Rozwój cywilizacji, szczególnie miast jako ośrodków handlu, sprawia, że powstają najpierw regularne szlaki handlowe, a potem sieć dróg. W naturalny sposób szlaki te przycinały liczne rzeki i wąwozy, co sprawiło, iż koniecznym stało się wypracowanie sposobu pokonywania tych przeszkód - budowania przepraw.

Pod koniec II tysiąclecia p.n.e. stosowano trzy główne techniki budowy mostów: mosty belkowe, wspornikowe i pontonowe. Mosty belkowe oparte były na kamiennych filarach - podporach, na których następnie układano belki, często również wykonywane z kamienia, niektóre o wadze nawet do 5 ton. Dzięki swej solidnej konstrukcji mosty tego typu miały większą szerokość, jednak użycie ciężkich kamiennych bloków powodowało, że mogły być budowane głównie nad płytkimi wodami. Mosty wspornikowe wykonywano z belek drewnianych bądź kamiennych podpartych na przeciwnych brzegach. Dodatkowo końce mostu obciążano balastem, a dla wydłużenia przeprawy często naprzeciwległe części mostu łączono na środku. Takie drewniane mosty, wiązane pośrodku, budowano



Dźwigar skrzyniowy mostu Britania.



Most Britania po rekonstrukcji.



Przykład mostu rzymskiego - Pons Fabricius.



Most „Tarr Steps” na rzece Barle w Winsford, w Somerset, (Anglia). Do budowy takich mostów używano bloków kamiennych o wadze do 5 ton.

Wybudowano najstarszy w Rzymie akwedukt - Aqua Appia.

Gajus Juliusz Cezar zleca wybudowanie mostu na Renie łączącego Koblencję i Ardenach. Budowa mostu trwa jedynie 10 dni. Jest to most drewniany oparty na podporach w kształcie litery „A”.



Na środku mostu wybudowano 14 m wysokości łuk triumfalny dla chwały rzymskiego cesarza Trajana.

Rzymski budowniczy Gajusz Juliusz Lacer buduje kamienny most na Tagu (Płw. Iberyjski). Jest to najwyższy most rzymski w tym rejonie. Most opiera się na sześciu łukach o wysokości 40 m i ma długość 194 m, wykonany został w całości z ciężkich kamieni.

W Chinach buduje się żelazne mosty wiszące. Zastępują one linowe mosty wiszące wyłożone deskami.

Fra Giocondo ukończył budowę Pond de Notre-Dame w Paryżu. Jest on oparty na sześciu łukach o rozpiętości od 9,5 do 17,3 m.

Umiera Leonardo da Vinci, pozostawiając po sobie ok. 7000 stron notatek zawierających pomysły i wynalazki.

Przez rzekę Tees w północno-wschodniej Anglii przerzucony został pierwszy w Europie most łańcuchowy. Miał on 24,5 m długości i 0,7 m szerokości. Był przeznaczony dla pieszych.



Pierwszy most żelazny został zbudowany z dużym zapasem. Do późniejszych konstrukcji używano o 50 % mniej materiału.

Abraham Darby III kończy, trwającą 6 lat, budowę pierwszego żelaznego mostu na świecie. Most łączył brzegi rzeki Severn w Coalbrookdale. Składa się z 5 żelaznych żeberek, które tworzą jeden półokręgiły łuk o wysokości 30 metrów. Całość konstrukcji waży 384 tony.

Brytyjski inżynier Walter zaprojektował żelazny most obrotowy.

W Massachusetts nad Mermackiem oddano do użytku pierwszy nadający się do ruchu kołowego most łańcuchowy. Miał on rozpiętość 68 m.

Zostaje ukończony najdłuższy na świecie most łańcuchowy w Menai-Strait. Jego budowa wg projektu Thomasa Telforda trwała 7 lat. Most wybudowany nad cieśniną morską na Morzu Irlandzkim miał największą wówczas rozpiętość 176 m, a do jego zbudowania użyto 17952 ogniw łańcuchowych.

Australopitek i *Homo habilis* - człowiek pierwotny

Homo sapiens - człowiek rozumny

Pierwsze wyraźne przejawy tzw. kultury rolnej - uprawy, co pociąga za sobą początki osiadłego trybu życia (Mezopotamia, Azja Wschodnia, Meksyk, Peru) Na wschodzie (Asyria, Babilon, Egipt, Persja) powstają akwedukty - budowle służące do transportu wody.

Ancus Marcius poleca zbudować pierwszy most na Tybrze zwany Pons Sublicius. Wykonano go na palach, o grubości 50 cm, wbitych parami w dno rzeki. Most miał szerokość 3 m.

W Mezopotamii oraz w różnych częściach Europy (Wyspy Brytyjskie, Grecja) powstają pierwsze kamienne i pontonowe mosty, zastępując dotychczas stosowane prymitywne mosty belkowe.

WYNALEZKÓW

3 000 000 lat p.n.e.
2 000 000-1 500 000 lat p.n.e.
350 000-250 000 lat p.n.e.
ok. 10 000 lat p.n.e.
ok. 8 000 p.n.e.
VIII w. p.n.e.
ok. 1000 r. p.n.e.
ok. 620 r. p.n.e.
620 r. p.n.e.
ok. 1010 r. p.n.e.
ok. 600 r. p.n.e.
312 r. p.n.e.
54 r. p.n.e.
18 r. p.n.e.
p.n.e. /n.e.
106 r.
250 r.
30 VI 1410 r.
1507 r.
V 1519 r.
1567 r.
1741 r.
1770 r.
1779 r.
1801 r.
1803 r.
1803 r.
1806 r.
1816 r.
1826 r.
1835 r.
1850 r.

Homo erectus - człowiek wyprostowany.

Człowiek z Cromagnon.

W Mezopotamii i w basenie Morza Śródziemnego powstają pierwsze mosty i akwedukty.

W Babilonie powstaje pierwszy most podparty kamiennymi filarami łączący brzegi Eufratu. Zbudowano go na zlecenie matki króla Nabuchodonozora II. Aby pokonać potężną rzekę o szerokości 900 m, wykonano ponad 100 kamiennych filarów wmurowanych w jej łożysko. Na nich ułożono szerokie na 9 m pomosty z belek palmowych. Ta ogromna budowla z powodu gęstego rozmieszczenia filarów, które ograniczały przepływ, przyczyniała się do powstawania częstych powodzi.

Tarkwiniusz Prysus buduje pierwszy kamienny most na Tybrze: Pons Salaris. Most, w którym do łączenia kamieni użyto żelaznych klamer powleczonej ołowiem, mógł powstać dzięki zniesieniu religijnego zakazu używania żelaza do budowy. Dzięki wysokim łukom sklepień był on zabezpieczony przed zniszczeniem przy wysokim poziomie wody.

Marek Agryppa, namiestnik rzymski Galii, zleca wybudowanie Pont du Gard. Akwedukt (okolice Nîmes) ma długość 50 km, przeciętny spadek wynosi 34 cm na km. Sam Pont du Gard stanowi trzykondygnacyjny most łukowy wykonany z olbrzymich niepołączonych ze sobą bloków skalnych. Niektóre z nich znajdują się na wysokości 40 m.

Na polecenie króla Władysława Jagiełły w trakcie wojny polsko-krzyżackiej powstaje pierwszy w Polsce most pontonowy (mosty takie nazywano też żywowymi). Jego budowniczym był mistrz Jarosław, który skonstruował elementy mostu w Koziencicach. Następnie elementy splawione zostały pod Czerwińsk. Po moście tym w krótkim czasie przeszło kilkadziesiąt tysięcy ludzi.

Erazm z Zakroczyimia rozpoczyna budowę pierwszego stałego mostu na Wiśle. Most oparty jest na 18 stalych podporach, ma 500 m długości i 6 m szerokości.

Francuski inżynier Perronet zbudował most na Sekwanie w Neuilly. Ma on 5 przęseł o rozpiętości 39 m.

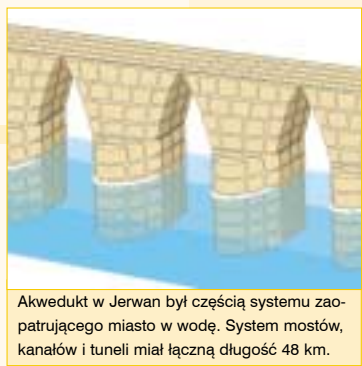
Amerykański architekt James Finlay zbudował most wiszący nad Jacob's Creek w Pensylwanii. Korzystając ze zdobyczy nauki dokładnie wyliczył rozkład sił w poszczególnych elementach, dzięki czemu powstała lepsza konstrukcja.

Powstaje Pont du Louvre, pierwszy żelazny most we Francji. Francuscy inżynierowie wnoszą do projektowania mostów nową jakość - wprowadzają m.in. obliczenia statyczne, dzięki którym zostaje dokładnie określony rozkład sił w konstrukcji.

Powstaje w Wielkiej Brytanii pierwszy most wiszący na linach stalowych. Jego konstruktorem był inżynier Lee.

Architekt Stamm zbudował koło Vegesack pierwszy most z kutego żelaza.

Przy budowie mostów zastosowano dwie nowe zasady konstrukcji: naprężony łuk mostowy i dźwigar skrzyniowy. Jako pierwszy dźwigar skrzyniowy wykorzystał brytyjski inżynier Robert Stephenson. Dźwigar ten jest rodzajem belki mostowej, zastosowano go w nowym moście kolejowym przez kanał Menai (Most Britannia). Miał kształt potężnej rury o przekroju prostokątnym. W jej wnętrzu biegły tory kolejowe.



Akwedukt w Jerwan był częścią systemu zapatrującego miasto w wodę. System mostów, kanałów i tuneli miał łączną długość 48 km.



Warto poznać

Most

Most – budowla służąca do przeprowadzenia drogi komunikacyjnej (pieszej, jezdnej, kolejowej) nad przeszkodą wodną (rzeka, kanał) lub terenową (dolina). Most składa się z pomostu (zwanego konstrukcją górną) oraz podtrzymujących go podpór (zwanych konstrukcją dolną). Kon-

strukcja dolna dzieli się na przęsła, czyli odcinki rozpięte między sąsiednimi podporami. Ze względu na rodzaj drogi prowadzonej po nim, mosty dzielimy na:

- drogowe - przez most prowadzony jest ruch komunikacji samochodowej
- kolejowe - przez most prowadzona jest trasa kolejowa
- kładki piesze - dla ruchu pieszego

Akwedukt przeprowadzony nad przeszkodą wodną to też specyficzny rodzaj mostu.

Mosty mogą być wykonane z różnych materiałów konstrukcyjnych, ze względu na rodzaj tworzywa dzielimy je na:

- kamienne
- drewniane
- stalowe
- żelbetowe

Oczywiście można spotkać rozwiązania, w których podpory wykonane są z innego tworzywa niż przęsła, np. stalowe przęsła na filarach z cegły (most stalowo-ceglany).

Podstawowymi elementami konstrukcji mostu są filary, na których za pośrednictwem łożysk mostowych opierają się przęsła. Skrajne podpory noszą nazwę przyczółków. Filary znajdujące się w wodzie są chronione przed naporem kry przez izbice.

Z uwagi na przyjęte rozwiązanie konstrukcyjne mosty dzielimy na jedno- lub wieloprzęsłowe. W zależności od samej konstrukcji przęsła mogą to być rozwiązania płytowe lub belkowe, z belek prostych lub łukowych, oraz kratowe. Z uwagi na sposób podparcia przęsła - mosty wspornikowe, wolnopodparte, wiszące i wantowe, o przęsłach stałych lub ruchomych (mosty zwodzone, obrotowe, uchylne i przetaczane).

m.in. w Chinach. Kamienne mosty tego typu, w kształcie łuku, powstały też w Grecji (Mykeny, Epidaurus) - miały jednak małą rozpiętość. W miejscach trudnych, gdzie woda do pokonania była głęboka i szeroka, jedynym znanym rozwiązaniem były mosty pontonowe. Pontony wykonywano ze skór zwierzęcych, które były zszywane i nadmuchiwane, tak że mogły unosić się na wodzie. Następnie wiązano je ze sobą i układano na nich dyle drewniane. Rozwiązanie takie stosowano głównie w Mezopotamii. Inną odmianą mostów pontonowych były mosty na okrętach, które, jako rozwiązanie tymczasowe, wykorzystywane były głównie dla potrzeb wojskowych.

Duży wkład do budowy mostów wniosło Imperium Rzymskie, ze swoją siecią dróg o łącznej długości 100 000 km! Oczywiście nie mogły się one obyć bez licznych i solidnych mostów. Dla realizacji tych zamierzeń rzymscy inżynierowie opracowali nowe techniki, rozwijając zasady konstruowania łuków oraz wprowadzając nowe materiały budowlane. Dzięki odkryciu zaprawy murarskiej i cementu wynaleziono tzw. mur szczelinowy, co sprawiło, że nie trzeba było się ograniczać do stosowania wypalanych cegieł czy ciosanych kamiennych bloków. W tym okresie powstają też liczne akwedukty, budowle, za pomocą których zaopatrywano w wodę miasta, które też można uznać za specyficzny rodzaj mostu. Dalszy rozwój techniki budowania mostów następował wraz z rozwojem wiedzy i nauki, głównie z dziedzin właściwości materiałów, fizyki i mechaniki konstrukcji. Przełom XVIII/XIX wieku to rozwój przemysłu i co za tym idzie - pojawienie się nowych materiałów i rozwiązań. Powstają mosty żeliwne, a potem stalowe; zamiast opierać mosty zaczęto je zawieszać; najpierw na stalowych łańcuchach, później na kablach lub łukach, przez co stały się smukłe i ażurowe.

Od XX wieku z konstrukcjami stalowymi, które są już powszechne w mostownictwie, zaczyna konkurować żelbet, czyli beton zbrojony prętami stalowymi. Nowy materiał, dzięki większej wytrzymałości na zginanie i rozciąganie, pozwala konstruować obiekty o coraz większej rozpiętości. Powstają imponujące konstrukcje będące pomnikami sztuki inżynierskiej i architektury.

Do przygotowania kalendarium wykorzystano materiały źródłowe:

„Nauka Technika i Wynalazki”

Raymond L. Francis, wyd. AMBER

„Kronika Techniki” - Praca zbiorowa, wyd. WEP PWN

„Bridges And Constructions” - Bill Max, Robert Maillart. Zurich 1969 r.,

„Cuda inżynierii” - Szolginia Witold, Warszawa 1987 r.

Niemiecki inżynier Lohse buduje ogromne mosty kratowe. Powstają one na Nogacie koło Malborka i na Renie koło Kolonii. Rozwój metod obliczeniowych oraz zmiana podejścia do statyki są szczególnie widoczne na przykładzie żelaznych mostów kratowych powstających w XIX w.

Inżynier Sternberg zbudował koło Koblencki pierwszy wielki łukowy, kratowy, most kolejowy.

Polski inżynier Stanisław Kierbedź kończy budowę żelaznego mostu przez Wisłę w Warszawie. Jest to pierwszy most w Polsce, do którego posadowienia filarów użyto metody kesonowej.

James B. Eads zbudował na Missisipi w St. Louis pierwszy duży most stalowy wg metody łukowej.

W środkowej Szkocji nad Firth of Tay powstaje, wg projektu sir Thomasa Boucha, najdłuższy most świata. Most oparty jest na żelaznych filarach i ma 3 km długości.

W Nowym Jorku inżynier Washington Robling kończy budowę mostu Brooklińskiego, który zaprojektował jego ojciec, August Röbbing. Budowa tego zawieszono na stalowych linach mostu trwała 14 lat. Jego środkowe przęsło liczy 486 m.

Most Luisa I jest nadal eksploatowanym obiektem historycznym. Skonstruowany był dla rozwiązania ruchu drogowego na dwóch poziomach, jeden na wysokości skarpy, drugi na wysokości brzoju. Konstrukcję nośną stanowi łuk kratownicowy spity przy podporach pomostem. W obu przypadkach główny łuk konstrukcyjny budowany był w pozycji poziomej na wodzie, a następnie obracany o 90 stopni do pionu.

W Holandii zbudowano, największy w Europie, kolejowy most ruchomy. Most obrotowy wybudowany został na odcinku kanału Morza Północnego i łączył Amsterdam z Zaandam.

Zostaje ukończony wiadukt nad Plessur k. Langwies w Szwajcarii wykonany jako most łukowy z betonu zbrojonego stalą.

Na rzece Słudwi pod Łowiczem zbudowano pierwszy na świecie most spawany projektu Stefana Bryly.

Zakończono budowę największego wolnośnego mostu nad zatoką portową w Sydney. Wykonany z wcześniej przygotowanych elementów, ma rozpiętość łuku 503 m.

Ukończono most wiszący George'a Washingtona nad rzeką Hudson w USA. Wykonany został według projektu Othmara Hermanna Ammana - rozpiętość 1067 m.

Oddano do użytku most Golden Gate łączący San Francisco z płn. Kalifornią.

Ten stalowo-betonowy most wiszący jest zawieszony na dwóch olbrzymich stalowych wieżach (227 m wysokości!). Główne przęsło mostu ma 1280 m długości i zawieszono jest na wysokości 67 m ponad poziomem wody.

W Wenezueli ukończono budowę najdłuższego na świecie mostu z betonu sprężonego - 8679 m. Powstał on nad jeziorem Maracaibo.

Oddano podnoszony most Kattky nad kanałem Elby. Jego przęsło unosi się na wysokość 54 m.

Oddano do użytku kompleks 6 mostów łączących wyspy Sikoku i Honsiu (Japonia). Wybudowano je w różnych technologiach: zarówno mosty wiszące, łukowe, jak i belkowe, każdy dwupoziomowy: dołem jeżdżą pociągi, górą samochody. Najdłuższe przęsło ma 1723 m rozpiętości i znajduje się na wysokości 93 m ponad poziomem morza.

Oddano do użytku najwyższy wiadukt świata zbudowany na południu Francji ponad dolinę Tarn.



Stalowy wiadukt kolejowy Portage, Nowy Jork z 1875 r., zastąpił on wcześniejszy, wykonany z drewna.



Jeden z najpiękniejszych mostów linowych.



W Holandii zbudowano, największy w Europie, kolejowy most ruchomy. Most obrotowy wybudowany został na odcinku kanału Morza Północnego i łączył Amsterdam z Zaandam.



WYNALEZKÓW

1855 r.	Niemiecki inżynier August Röbling zaprojektował i wybudował stalowy most linowy przez wąwóz Niagara. Most ten łączył kolejowe linie amerykańskie i kanadyjskie.
1859 r.	Friedrich Schnirch zbudował most łańcuchowy dla ruchu kolejowego.
1860 r.	Most ten powstał koło Wiednia nad Kanalem Dunajskim, miał wolnonośne przeszło podtrzymywane łańcuchami. Do tej pory mosty kolejowe były budowane jako żelazne mosty łukowe lub różnego typu mosty belkowe.
1864 r.	
1866 r.	Johan Heinrich Gottfried Gerber wynajduje w Norymberdze nowego typu filary mostowe ze swobodnie kołyszącymi się czolami. Most wspornikowy z tego typu elementami powstaje już rok później na rzece Regnitz w Bambergu.
1874 r.	
28 XII 1879 r.	Podczas gwałtownej wichury zawala się most na rzece Tay oddany do użytku 2 lata wcześniej.
1879 r.	
1883 r.	W Szkocji oddano do użytku gigantyczny, kolejowy most kratowy wg projektu Johna Fowlera i Benjamina Bakera nad Firth of Forth. Dwa główne przęsła posiadały po 520 m rozpiętości, z czego wystające znad obu podpór wsporniki miały po 207 m długości, podtrzymywany zaś przez nie dźwigar w środkowej części przęsła - 106 m.
1883 r.	Ukończono wolnowznoszący się most belkowy nad Niagarą wg projektu C.C. Schneidera. W konstrukcji o technice wspornikowej dwie belki po obu stronach punktu podparcia utrzymują równowagę.
1907 r.	
1911 r.	Zbudowano most na Kanale Kilońskim koło Rendsburga, pod którym swobodnie mogły przepływać statki. Miał on 42 m wysokości.
1914 r.	
1924 r.	Przez Schlei koło Lindaunis zbudowano największy most zwodzony świata.
1927 r.	
1931 r.	Powstaje San Francisco-Oakland Bay Bridge, znany jako Trans Bay Bridge, przez następne 25 lat najdłuższy i najdroższy most na świecie. Odległość pomiędzy skrajnymi podporami, wliczając w to tunel na skalistej wysepce Yerba Buena na środku zatoki, wynosiła aż 8,25 mili, a sumaryczny koszt przekroczył 77 mln dolarów. Zachodnia część mostu składa się z dwóch konstrukcji wiszących, o łącznej długości prawie 3 kilometrów, połączonych ze sobą betonową podporą, w której kotwione są liny nośne sąsiednich przęseł. Rozpiętość głównego przęsła każdego z bliźniaczych mostów wiszących wynosi 704 m.
1932 r.	
1937 r.	
1938 r.	Na autostradzie niedaleko Jeny oddano most żelbetowy o rozpiętości 138 m.
7 XI 1940 r.	Na skutek podmuchów wiatru i drgań tym wywołanych ulega zniszczeniu most Tacoma.
1961 r.	Przesunięto stalowy most o wadze 4500 ton o 18 m w bok. Dokonała tego firma Krupp, budując nowy most obok starego, który poddano rozbiórce, by następnie w jego miejsce przesunąć nowy.
1962 r.	
1973 r.	
1988 r.	Oddano most imienia Vasco da Gamy w Portugalii o długości 12 km - najdłuższy na świecie aż do 1998 r., kiedy oddano do użytku Great Belt East w Danii (18 km).
1988 r.	
1993 r.	Akashi-kai-kyo - most w Japonii, o największej rozpiętości przęsła (1990 m).
2005 r.	



Most miał doskonałą stateczność poprzeczną i podłużną. Ważył 51 tysięcy ton i kosztował ponad 3 mln funtów szterlingów



Ilustracja katastrofy mostu.

Z przymrużeniem oka

Most powietrzny



Most radiowy



Most wanted



Testy odporności na wiatr modelu mostu w skali: 1:100 (długości 40 m)