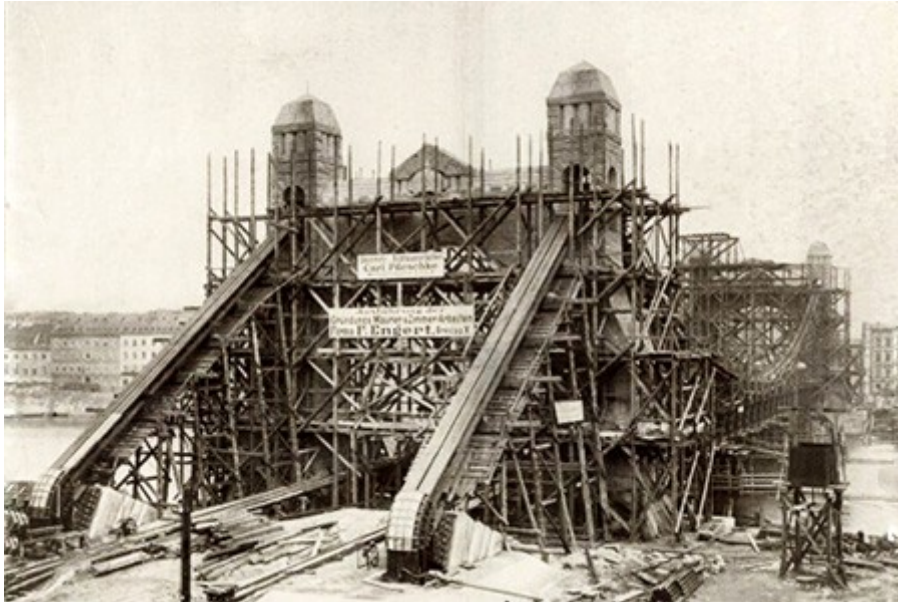


## Informacje ogólne.

Otoczają nas gdziekolwiek się udamy. Niemal codziennie przez nie przechodzimy albo przejeżdżamy. **Mosty** - jako twór użytkowy stanowią integralny element naszego życia. To właśnie funkcjonalność jest ich najważniejszą cechą. Najprostsza definicja klarownie nam to wyjaśnia:



**Most to budowla inżynierska wznoszona w celu przekroczenia przeszkody i przeprowadzenia ciągu komunikacji.**

Możemy wyróżnić różne rodzaje mostów. Z zależności od przeznaczenia są to mosty: *kolejowe, drogowe, kładki, akwedukty, wiadukty*. Wykonać je można z *drewna, kamienia, żelbetu czy ze stali*. Można również spotkać mosty wzniesione z *aluminium* (jednak są to nieliczne przypadki).

Konstrukcja mostu składa się z **ustroju nośnego** (przęseł) oraz **podpór**. Zadaniem podpór jest przekazanie z przęsła na grunt obciążenia za pośrednictwem łożyska mostowego. Podstawowymi częściami przęsła są *dźwigary główne i pomost*.

W zależności od konstrukcji ustroju nośnego rozróżnia się m.in. mosty: *belkowe, ramowe, łukowe, podwieszane i wiszące*. Wśród mostów belkowych i łukowych często są mosty *kratownicowe*. Mosty wiszące są zawsze stalowe, natomiast mosty podwieszane bywają stalowo- betonowe.

Oprócz mostów stałych buduje się **mosty ruchome** (głównie nad kanałami) czyli takie, w których ustrój nośny może się obracać wokół osi poziomej (*mosty kłapowe i zwodzone*) lub pionowej (*mosty*

obrotowe). Budowane są również mosty **do tymczasowego użytku** np. *mosty pontonowe* na podporach pływających w postaci pontonów lub łodzi zakotwiczonych do dna rzeki.

W konstrukcji mostu musi być uwzględniony sposób użytkowania: natężenie ruchu drogowego, ilość pasów lub linii kolejowych, rodzaj ruchu pieszych czy też planowane pojazdy szynowe.

W przypadku mostu nad wodą niezbędne są **dane hydrologiczne**: poziom wody, poziom przepływów lodu, przewidywana wielkość rozmycia dna w nurcie oraz w części zalewowej.

**Dane geologiczne** są to m.in. wyniki wierceń, przekroje gruntów na których planowane jest postawienie mostu.

Przy budowie mostów należy również uwzględnić różne **rodzaje obciążeń**:

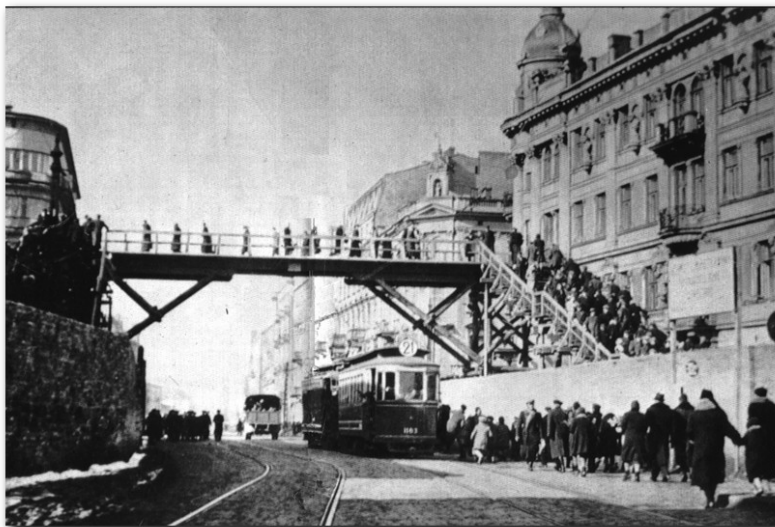
- Ciężar własny konstrukcji (zależny od użytych materiałów)
- Parcie Ziemi
- Parcie i wypór wody (w przypadku przypór mostowych ustawionych w wodzie lub na gruncie nasyconym wodą)
- Obciążenia użytkowe
- Parcie wiatru
- Siły od zmian temperatury
- Siły od skurczów materiału
- Siły od hamowania
- Siły od obciążeń ruchanych
- Siły wywołane odkształceniami konstrukcji
- Siły wywołane osiadaniem podłoża pod podporami

Najpopularniejszym budulcem mostów jest **beton**. W trakcie ich projektowania i dokonywania obliczeń wyznaczających wielkość danego elementu, rodzaj i ilość zastosowanych komponentów uwzględnia się następujące rodzaje sił fizycznych:

- Zginania
- Ściskania osiowego
- Rozciągania osiowego
- Ściskania mimośrodowego
- Rozciągania mimośrodowego
- Ścinania

## Krótką historia mostów.

Nie wiemy kiedy, gdzie i jak powstał pierwszy most zbudowany przez człowieka. Bez wątplenia jednak jego historia sięga zamierzchłych czasów, kiedy to nasi przodkowie przemierzali stopy w poszukiwaniu pożywienia. Bez wątplenia spotykali na swojej drodze przeszkody uniemożliwiające dalszą drogę. Być może wymyślili prowizoryczne kładki zezwalające na dalszą podróż. Najprawdopodobniej był to protoplasta dzisiejszych mostów.

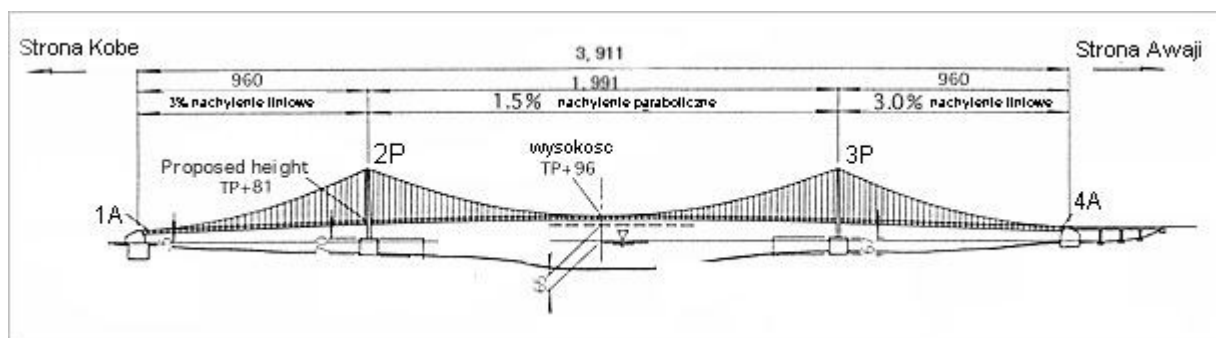


Najprostszymi, prymitywnymi rodzajami mostów są np: *leżący pień drzewa*, *pomost z gałęzi leżących na dwóch pniach* czy też *para płyt kamiennych*. W niektórych rejonach budowano *mosty linowe*, stosując liany lub liny konopne.

W VI w p.n.e na polecenia króla **perskiego** Dariusza I Wielkiego zbudowano pontonowy most przez Bosfor. Znaczny rozwój budownictwa mostowego nastąpił w **cesarstwie rzymskim**. Powstało wówczas wiele kamiennych mostów łukowych, z których część przetrwała do dziś. W **średniowieczu** mostownictwo rozwijało się wolniej, ale także powstały wspaniałe konstrukcje typu: most przez Rodan w Awinionie czy też Most Karola w Pradze. Kolejny okres szybkiego rozwoju rozpoczął się w XVII w. W 1779 powstał w **Anglii** pierwszy most metalowy (żeliwny). Pod koniec wieku XIX powstały pierwsze mosty stalowe i żelbetowe. W 1874 zbudowano pierwszy duży most stalowy (łukowy) – w Saint Louis przez rzekę Missisipi. Za pierwszy na świecie most żelbetowy uważa się most w Vigen w Szwajcarii (1894). Istotny postęp w rozwoju form konstrukcyjnych mostów stanowiły mosty wiszące ( pierwsze w Europie na początku XIX wieku).

W **Polsce** mosty na średnich i dużych rzekach zaczęto wznosić w XII wieku. Pierwszy tymczasowy most przez Wisłę (drewniany) zbudowano w 1410 w Czerwińsku, a pierwszy stały (również drewniany) w 1573.

## Najdłuższe przęsło na świecie.



**Most Akashi-Kaikyo** jest częścią drogi łączącej miasto Kobe na wyspie Honshu z miastem Naruto na wyspie Shikoku. Droga prowadzi przez wyspę Awaji i ma długość około 90 kilometrów. Przez cieśninę przez którą most umożliwia przejazd przepływa dziennie około 1400 statków. Decyzję o budowie podjęto w 1985 roku, zaś został on otwarty 5. kwietnia 1998 roku. Warto wspomnieć, że prace nad ww. trasą trwały od 1955 roku. Akashi-Kaikyo jest obecnie mostem z *najdłuższym przęsłem na świecie*. Jest to most trójprzęsłowy, o całkowitej długości 3910 metrów z centralnym przęsłem długości 1990 metrów. Dodatkowo most się wydłużył w wyniku trzęsienia ziemi „Great Hanshin” w 1995 roku o 1 metr (7.2 w skali Richtera). Pozostałe dwa przęsła mają długość po 960 metrów. W założeniach projektowych przyjęto:

- prędkość wiatru dla pomostu: 60m/s
- prędkość wiatru dla pylonów: 67 m/s
- prędkość prądu morskiego: 4.5 m/s
- siła trzęsienia ziemi: 8.5 w skali Richtera
- wysokość pomostu nad lustrem wody (w środku rozpiętości): 97 m
- maksymalna wysokość pomostu nad dnem: 110 m
- liczba pasm jezdni: 6
- dopuszczalna prędkość dla pojazdów: 100 km/h

Ze względu na przęsło przyjęto specjalne założenia projektowe na obciążenia wiatrem. Wybudowany model w skali 1:100 (ok. 40 m) poddano wszechstronnym badaniom w tunelu aerodynamicznym tak, aby był on zdolny przenosić wiatr wiejący z prędkością 80 m/

## Inne mosty które warto znać.

- **Most Brooklyński – długa droga do celu**

Most Brooklyński otwarto dnia 24 maja 1883 roku. Jednak jego historia rozpoczęła się około 1800 roku. Wtedy to pojawiła się po raz pierwszy idea połączenia dwóch dzielnic nowojorskich: Manhattanu oraz Brooklynu. Jednak przez ponad pół wieku te dwa najbardziej zaludnione okręgi Nowego Yorku nie miały doczekać się realizacji łączącej je przeprawy gdyż uznawano ją za



zbyt kosztowną i skomplikowaną technicznie. Dopiero w 1866 roku władze miasta zezwoliły na powstanie przedsiębiorstwa które zajęłoby się organizacją tego przedsięwzięcia.

Koncepcją budowy mostu zainteresował się, znany ówczesnie inżynier **John A. Roebling**. Przystępując do spółki zajmującej się budową mostu przygotował szczegółowy projekt który został wkrótce zaakceptowany przez komitet doradczy złożony z najwybitniejszych ówczesnych inżynierów. Niestety, autorowi projektu nie dane było rozpocząć budowy mostu. Zachorowawszy, po niegroźnym wypadku na tęczec zmarł 21 lipca 1869 roku. Jego dzieło kontynuować miał jego syn: **Washington A. Roebling**.

Budowa fundamentów pod most Brooklyński była pierwszym i jednym z najtrudniejszych elementów procesu realizacyjnego. **Kesony** (stalowa lub żelbetowa skrzynia bez dna umożliwiająca prowadzenie robót hydrotechnicznych w warunkach bezwodnych na dnie jezior, rzek i mórz) zastosowane przy budowie mostu miały wymiary 51,2 x 31 metrów oraz 52,5 x 31 metrów.. W ówczesnych czasach praca przy kesonach była bardzo niebezpieczna. Przy pracy zdarzały się wypadki: m.in. pożar który spowodował częściowe zatopienie jednego z nich. Najbardziej niebezpieczne było jednak ciśnienie. Dochodziło do nieprawidłowych obliczeń, skutkujących albo dostawanie się wody do wnętrza albo wyrzucaniem ogromnych mas sprężonego powietrza na powierzchnię wody (największy ubytek powietrza, który zdarzył się na szczęście w niedzielę rano potrafił wyrzucić muł i skałę na wysokość 150 metrów). Dodatkowo brak doświadczeń w zakresie metod dekompresyjnych zaowocował bardzo licznymi przypadkami **choroby kesonowej** (zespół objawów dotyczących osobę wystawioną na zbyt szybko zmniejszające się ciśnienie otoczenia). Jej ofiarą padł także Washington Roebling którego choroba sparaliżowała od pasa w dół na niemal pół życia. Choroba głównego inżyniera uniemożliwiła mu bezpośrednie nadzorowanie prac.

Znalazł jednak podparę w osobie swojej żony: **Emily Warren Roebling**, która stała się wierną interpretatorką pomysłów męża i nowym kierownikiem budowy. Emily doprowadziła do końca proces

budowy mostu jednak była to osoba na tyle skromna, że odmawiała jakichkolwiek zaszczytów twierdząc, że wszystkie należą się mężowi. I już po oddaniu mostu do użytku, będąc wybitną specjalistką w dziedzinie budowania mostów i pierwszą wyzwoloną kobietą XIX w.

Montaż lin rozpoczęto od zakotwiczenia jednej liny w punkcie kotwiącym, przewieszenia jej przez wieżę, przewiezienia promem na drugi brzeg, przewieszenia przez drugą wieżę i ostatecznie zakotwienia. W ten sposób podwieszono kolejne trzy liny. Każda z nich ma średnicę 40 centymetrów i składa się z 19 zwojów zwanych skrętkami. Na każdą skrętkę składało się 278 lin. **Razem 21128 lin.** Zastosowano następnie 380 pasm nośnych podtrzymujących pomost. Pomimo, że liny nośne obliczone są na sześciokrotnie większe obciążenia niż te którym ulegają odciażono je dodatkowymi pochyłymi linami łączącymi różne punkty pomostu z wieżami. Odciażki te są w stanie przenieść ciężar pomostu w przypadku zerwania się lin nośnych.



Pomost oparty jest na stalowych **kratownicach** poprzecznych zawieszonych na pasmach nośnych. Kratownice połączone są wzdłużnymi belkami. Zastosowanie aż trzymetrowych kratownic na bokach pomostu nadało dużą sztywność konstrukcji oraz zapobiega skręcaniu i niebezpiecznemu kołysaniu. Początkowo pomost zrealizowany jako obsługujący 2 pasma ruchu kołowego, 2 tory kolejowe oraz ruch pieszy. Dopiero w 1948 roku nastąpiła konieczność nieznacznego wzmocnienia konstrukcji i przy tej okazji zmieniono układ funkcjonalny pomostu. Od tamtej pory pomost obsługuje sześć pasm ruchu kołowego oraz wznoszącą się ponad nimi kładkę dla pieszych. Ważną ingerencją w konstrukcję mostu i jego odbiór estetyczny (ale bez żadnej ujmy) było podniesienie wysokości konstrukcyjnej kratownic bocznych.

Most Brooklyński służy mieszkańcom Nowego Yorku do dnia dzisiejszego (choć niewiele brakowało a mógłby zostać uszkodzony 11.09.2001). Stał się jednym z **symboli miasta i jednym z najważniejszych celów wycieczek turystycznych**. Fakt, że powstał dzięki pracy trzech osób które poświęciły dla niego życie upamiętnia tablica wmurowana w elewację zachodniej z wież w 1951 roku.

- **Most Waszyngtona** (łączy Nowy Jork z New Jersey)



Podobnie jak w przypadku Akashi Kaykio budowa tego mostu była nieosiągalnym marzeniem inżynierów przez niemal 100 lat. Problem ten urósł w latach dwudziestych. Ludzie zawsze chcieli pracować w centrum miasta, ale mieszkać poza nim. Jednak korzystanie z powolnych promów podczas podróży do pracy było uciążliwe. Ludzie zaczęli się domagać stałego połączenia.

Oficjalny projekt mostu powstał na desce kreślarskiej szwajcarskiego inżyniera Othmara H. Amanna. Architektem został jednak Cass Gilbert, a Amanna mianowano głównym inżynierem. Budowa rozpoczęła się w 1925 r. i trwała 6 lat

Pod koniec lat pięćdziesiątych przepustowość Mostu Waszyngtona okazała się niewystarczająca. Zamiast budować nowy most stworzono drugi pokład umieszczony pod pierwszym. Otwarcie nastąpiło 29-go sierpnia 1962 r. Od tamtej pory przestały się tworzyć kilometrowe korki, pomimo że **dziennie z mostu korzysta niemal 300 tysięcy samochodów.**

Jak wiele amerykańskich konstrukcji z tamtych lat Most Jerzego Waszyngtona ma wielki zapas wytrzymałości. Masywny, stalowy, kratownicowy pomost wisi na 4 linach nośnych. Wieże o wysokości 194 m są również ażurowe.

Pod pylonem od strony New Jersey majestatycznie zwisa **największa na świecie flaga amerykańska.** Na moście znajduje się przystanek autobusowy nr 4211.

- **Golden Gate** (łączy San Francisco z hrabstwem Martin)



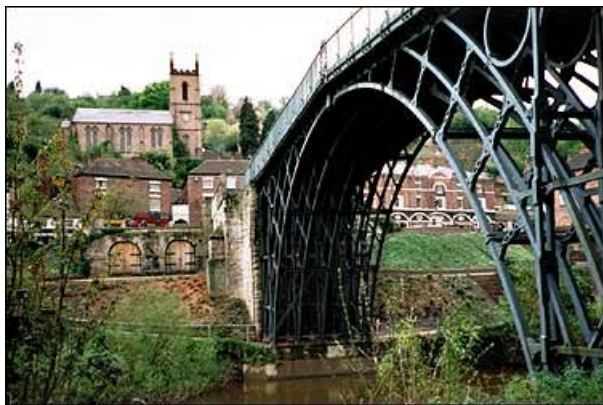
Podczas budowy która pochłonęła wiele ofiar wśród robotników, walczono z przyływami, silnymi prądami i gęstą mgłą. Most zaprojektowany przez inżyniera Josepha Straussa przez ponad 20 lat był najdłuższym mostem wiszącym w świecie - 1280 m między bliźniaczymi wieżami wznoszącymi się na 227 m nad poziomem wody podczas przyływu. Liny podtrzymujące most mają 93 cm średnicy i składają się z 27572 oddzielnych żyłek kabla.

Każda wieża wytrzymałe obciążenie wszystkich lin wynoszące 95 tysięcy ton, a każda zamontowana

na brzegu blokada musiała wytrzymać naciąg 28,5 tysiąca ton. **Długość drutów użytych do wykonania lin wystarczyła by na okrążenie Ziemi trzy razy.**

Codziennie przejeżdża przez most **120 tysięcy samochodów**, ścieżka dla pieszych biegnąca wzdłuż mostu cieszy się dużą popularnością, taką że szybko stał się on symbolem San Francisco. Od momentu powstania mostu około **835 samobójców skoczyło przez barierki.**

- **Iron Bridge** – pierwsza na świecie większa budowla z żelaza



Główne łuki mostu ważą po 5 ton, zaś cały most ponad 384 tony. W 1934 roku Iron Bridge został zamknięty dla pojazdów i znalazł się na liście zabytków.

Dzisiaj stanowi on główną część zespołu muzealnego w wąwozie Ironbridge, który został zaliczony do zabytków Światowego Dziedzictwa Kultury. W 1979 w 200 rocznicę powstania na

moście zebrało się ponad 200 osób, część mostu się oderwała i wpadła do wody, od tamtego czasu na Iron Bridge **nie może jednocześnie przebywać więcej niż 200 osób.**

- **Tower Bridge**

Jego środkowa część to dwa ważące po 1100 ton zwodzone przęsła mostu podnoszące się w ciągu **90 sekund**. Zwieńczone pinaklami wieże oraz pomost kryją mechanizm służący do podnoszenia ruchomych przęseł. Unoszone są aby umożliwić przepłynięcie dużym statkom lub przy specjalnych okazjach. W wieżach mostu znajduje się muzeum jego historii, a z górnego pomostu, obecnie otwartego dla turystów roztacza się piękny widok na rzekę Tamizę. Szerokość mostu wynosi 60 metrów, a wysokość przy podniesionych przęsłach - 40 metrów. W swych najlepszych czasach most był otwierany pięć razy dziennie.



Tower Bridge jest jedynym ruchomym mostem spośród 29 na rzece Tamizie. W 1952 gdy autobus przejeżdżał przez Tower Bridge, **most zaczął się podnosić**, na szczęście nikomu nic się nie stało.

**Inżynier Architekt którego warto znać.**

Od początku XIX wieku pojęcia „architektura” i „inżynieria” nabierały coraz bardziej odrębnych znaczeń. Pierwsze z nich dotyczyło głównie estetyki, drugie natomiast- realizacji konstrukcji. Taki sztuczny podział nie występował jedynie w okresie renesansu. Niektórzy z pośród XX-wiecznych inżynierów próbowali zasypać istniejącą przepaść. Robert Maillart znakomicie łączył aspekty estetyczne i konstrukcyjne. Ideę tę kontynuuje także hiszpański inżynier architekt **Santiago Calatrava**, wychowanek wyżej wymienionego.

Calatrava wywiera chyba największy wpływ na kierunki rozwoju inżynierii lądowej swojego pokolenia. Zaprojektował około 50 mostów, z których wiele zostało już zbudowanych. W swoich wzlotach fantazji nieustannie eksperymentuje z tworzywem i formą, przekraczając wydawałoby się granice możliwości.



Łuk ze ściągiem jako forma konstrukcyjna jest powszechnie znany, ale kilka mostów które zbudował według tego właśnie schematu, stanowi niejako powtórne jego odkrycie.



Kluczowym wczesnym projektem Calatravy był wiadukt króla Filipa II w Barcelonie, mające dwie pary stalowych łuków, z których dwa są pionowe, a dwa ukośne. Wiadukt przeprowadza drogę kołową nad torami kolejowymi. Łuki każdej pary zbiegają się ze sobą na samej górze. Pomędzy łukami tej samej pary powstaje przestrzeń, w której na dole poprowadzono zakrzywiony lekko chodnik, otoczony rzędami prętów, a na nich podwieszono pomost. Pręty te tworzą smukłe, pochylone, stalowe kolumnady.

Projekty Santiago Calatravy z pozoru mogą wydawać się nieprawdopodobne, wręcz sprzeczne z prawami fizyki. Jednak w głównej mierze **opierają się na konstrukcji**, co można łatwo dostrzec po wnikliwej analizie. Jego dzieła są wspaniałym połączeniem funkcjonalności (podstawowego zadania architektury), rozwiązania ideologicznego i piękna.

#### **BIBLIOGRAFIA:**

- *Mechanika konstrukcji dla architektów* S. Pyrak, K.Szulborski
- *Mosty drewniane* Henryk Zobel
- *Bridges of the World: Their Design and Construction* Charles S. Whitney
- *Bridges: Three Thousand Years of Defying Nature* David J. Brown
- [www.architekci.pl](http://www.architekci.pl)
- [www.bryla.pl](http://www.bryla.pl)