



JAN BILISZCZYK

Politechnika Wrocławska  
jan.biliszczyk@pwr.  
wroc.pl



OLGA SZYMCHYK

Politechnika Wrocławska  
olga.szymczyk@pwr.  
wroc.pl

## Porównanie dwóch największych mostów podwieszonych zbudowanych w Europie w latach 2008–2011

Na przestrzeni ostatnich lat w Europie powstały dwa mosty podwieszane o dużej rozpiętości przęseł. Jeden z nich to most Rędziański w ciągu Autostradowej Obwodnicy Wrocławia, drugim zaś jest most przez rzekę Sawę, będący częścią nieukończoną jeszcze obwodnicy śródmiejskiej Belgradu. Są to dwa największe w Europie mosty podwieszane zbudowane w latach 2008–2011. W artykule dokonano porównania podstawowych parametrów geometrycznych tych obiektów, opisano metody budowy obu mostów

nu połączone są ryglami górnym i dolnym. Nogi pylonu i dolna część jego gałęzi wykonane są jako żelbetowe, natomiast górne części ramion mają konstrukcję zespoloną. Stalowy rdzeń umieszczony wewnątrz pylonu pomaga w przenoszeniu sił wewnętrznych. Podwieszenie zrealizowano za pomocą 7-drutowych lin. Zakotwienia bierne want znajdują się w gałęziach pylonu w rozstawie 1,80 m, a ich zakotwienia czynne rozmieszczone są co 12,0 m w pomoście.

Ustrój nośny mostu Rędziańskiego składa się z dwóch oddzielnych trójkomorowych konstrukcji skrzynkowych (rys. 2) wykonanych z betonu sprężonego, których wysokość jest stała i wynosi 2,575 m w osi konstrukcji. Pylon jest wspólny dla obu konstrukcji. Pomost części podwieszony ma szerokość 19,24 m, przęsła skrajne mają mniejszą szerokość – 18,57 m. Ustrój nośny wykonano z betonu klasy B60.

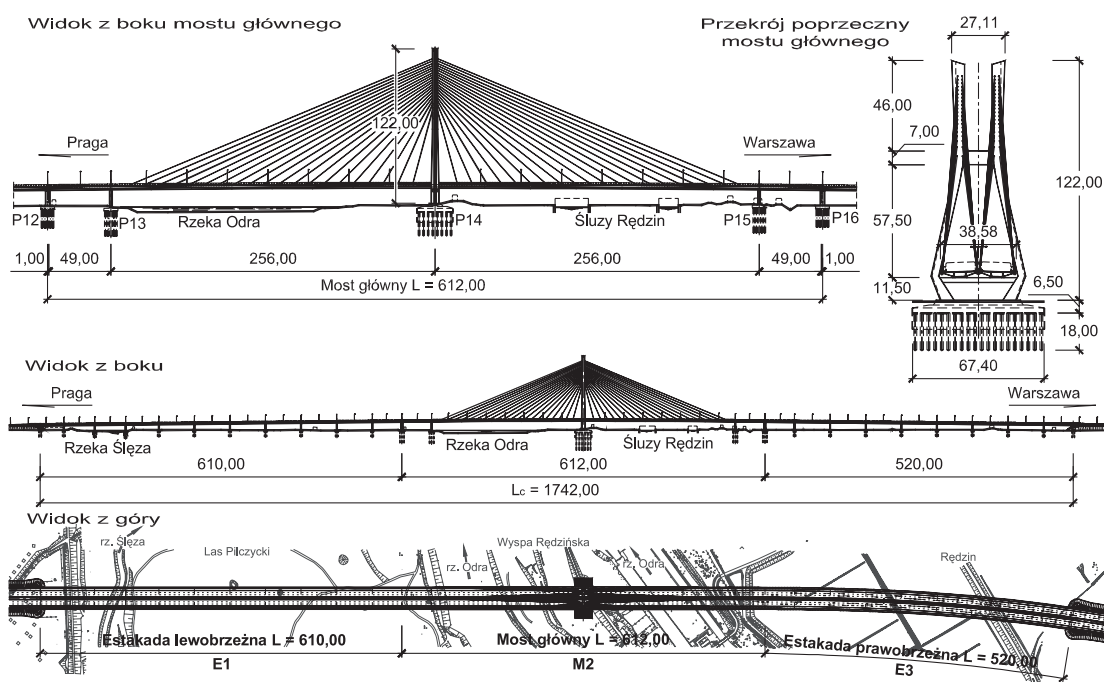
Budowa mostu Rędziańskiego rozpoczęła się w 2008 r. Most oddano do użytku 31 sierpnia 2011 r. Całkowity koszt jego budowy, wraz z estakadami dojazdowymi, wyniósł około 570 mln zł. Most wyposażono w nowoczesny system monitorowania elektronicznego, pozwalający na pomiar sił w wantach, wychyleń gałęzi pylonu i pomostu, prędkości i kierunku wiatru, temperatury konstrukcji i otoczenia oraz odkształceń konstrukcji.

oraz porównano koszty i czas realizacji.

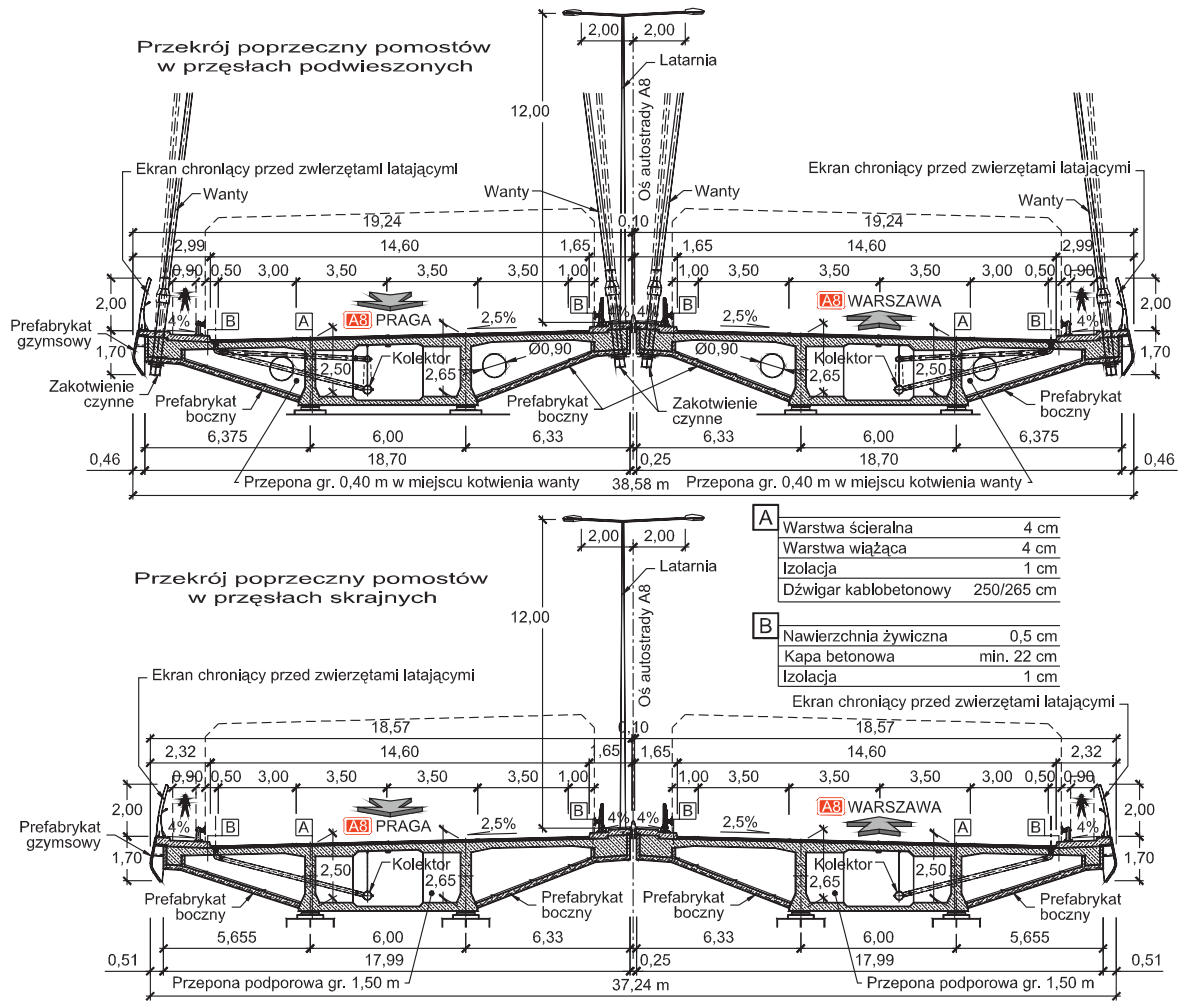
### Most Rędziański we Wrocławiu

Zbudowany w latach 2008–2011 most w ciągu Autostradowej Obwodnicy Wrocławia przekracza koryto Odry i służy Rędzin. Pylon obiektu zlokalizowano na Wyspie Rędziańskiej [1].

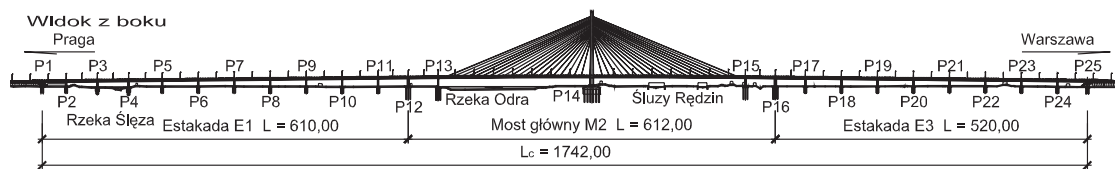
Most ten składa się z trzech części (rys. 1): dwóch estakad dojazdowych (północnej i południowej) oraz mostu głównego. Estakada południowa (E1) ma schemat statyczny 11-przęstowej belki ciągłej, estakada północna (E3) – belki 9-przęstowej. Most główny składa się z 4 przęseł, skrajnych o rozpiętościach 50 m oraz 2 przęseł o rozpiętości 256 m, które podwieszane są za pomocą 80 par want do pojedynczego pylonu usytuowanego centralnie między nimi. Pylon ten ma kształt litery H, a jego wysokość wynosi 122 m. Gałęzie pylo-



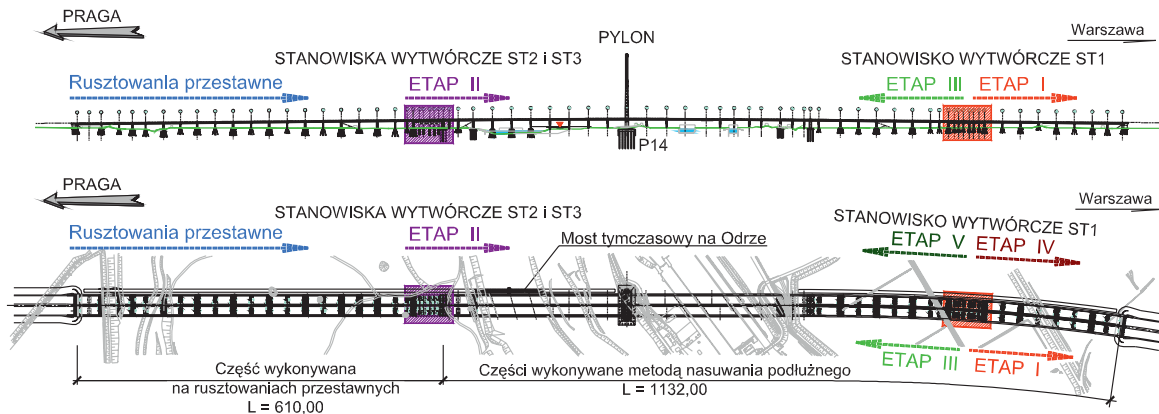
Rys. 1. Widok mostu Rędziańskiego [1]



Rys. 2. Przekroje poprzeczne mostu [1]



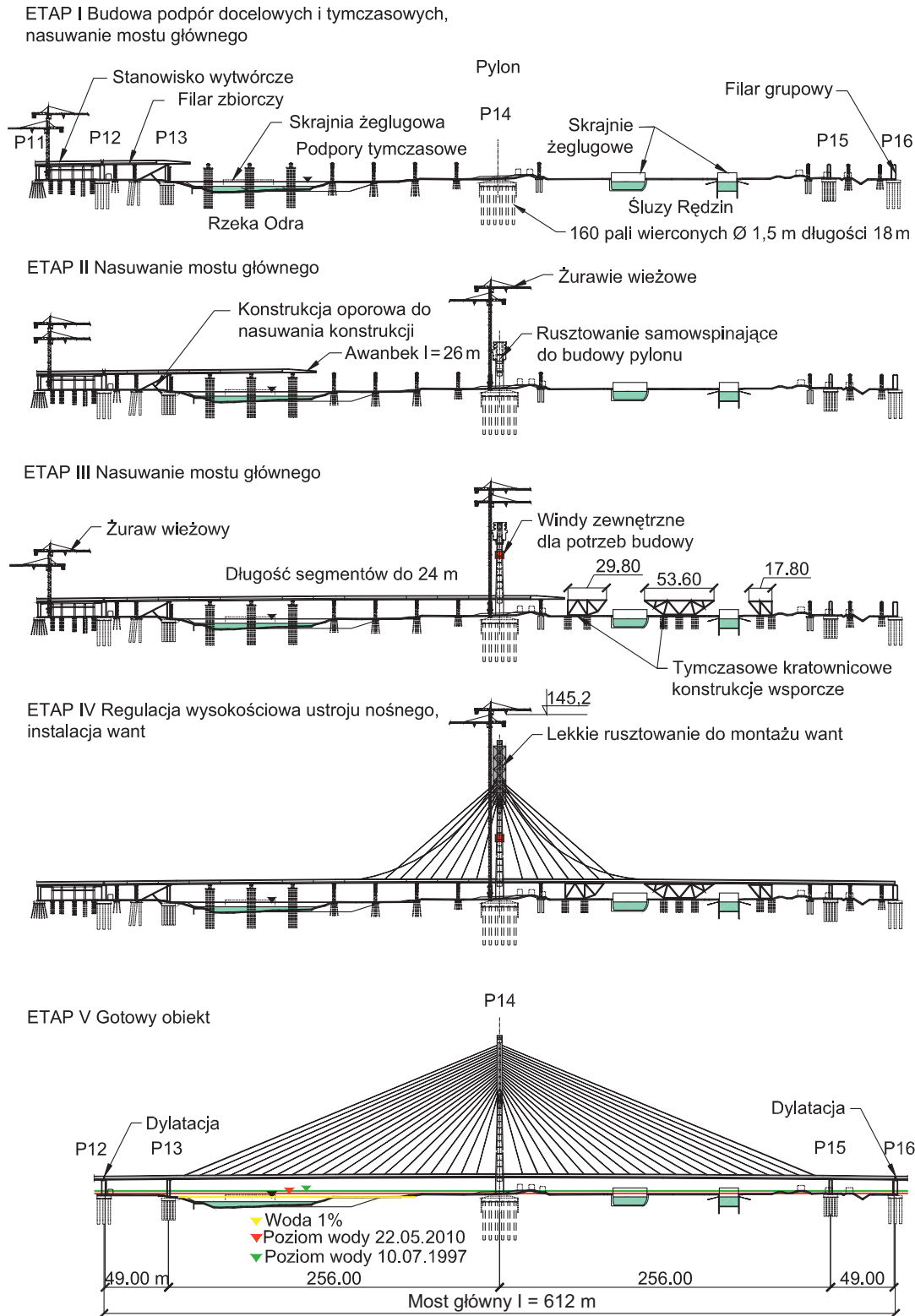
**SCHEMAT REALIZACJI KONSTRUKCJI**



Rys. 3. Schemat realizacji mostu i estakad [1]

W projekcie wstępnie zakładano, że most główny wykonany będzie metodą wspornikową. Ze względu na zakładany termin realizacji obiektu zdecydowano się jednak na budowę metodą nasuwania podłużnego estakady północnej E3 oraz mostu głównego. Nasuwane segmenty miały długość od 14 do 24 m w przypadku mostu i 28 do 30 m w przypadku estakady E3.

W końcowej fazie realizacji wykonywano po 300 m ustrojów nośnych w ciągu miesiąca (rys. 3 i 4, fot. 1). Estakadę półdniową E1 wykonano przy użyciu rusztowań mobilnych. Pylon wykonano w 34 etapach, przy czym 31 wykonano w rusztowaniach samowspinających się. Na czas budowy zastosowano dodatkowe rozpory tymczasowe między ramionami pylonu.



Rys. 4. Etapy budowy mostu Rędzińskiego [1]



Fot. 1. Budowa mostu Rędzińskiego [1]

## Most przez Sawę w Belgradzie

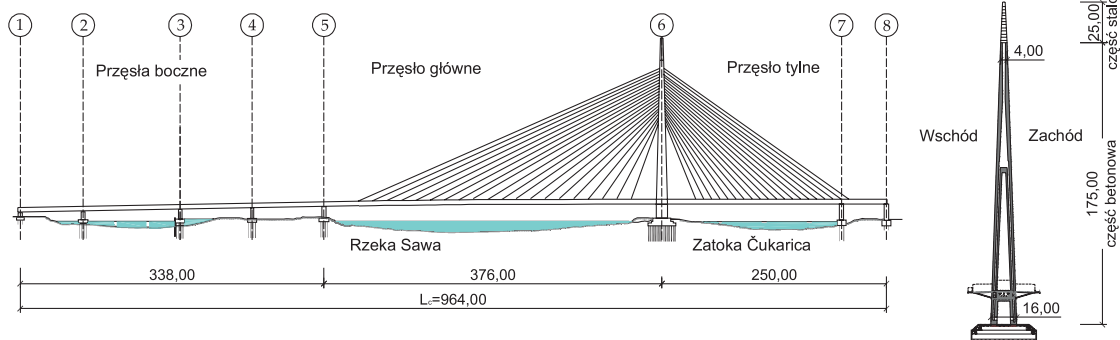
W stolicy Serbii planowane jest zbudowanie obwodnicy śródmiejskiej, wokół centralnej strefy miasta, przedzielonej rzeką Sawą na dwie części: centrum miasta oraz dzielnicę Nowy Belgrad. Projekt obwodnicy podzielono na 5 części. W skład jednej z nich wchodzi most podwieszony (rys. 5.) o długości całkowitej 967 m. Przekracza on rzekę Sawę, której szerokość wynosi 350 m oraz wyspę Ada Ciganlija i Zatokę Čukarica. Budowa mostu rozpoczęła się w maju 2008 r., a otwarcie mostu nastąpiło 31 grudnia 2011 r.

Cała konstrukcja ma 7 przęseł, o rozpiętościach: 70 + 108 + 80 + 80 + 376 + 200 + 50 m. Pomost ma szerokość 45 m i przeprowadza 6 pasów ruchu o szerokości 3,5 m (po 3 w obu kierunkach), dwie linie kolejowe LRT (*Light Rail Transit*) oraz dwa ciągi pieszo-rowerowe o szerokości 2,5 m. Konstrukcja przęsła głównego jest stalowa, skrzynkowa trójkomorowa ze wspornikami podpieranymi przez pochylone stalowe zastrzały (rys. 6). Przęsła boczne mają jednakowe wymiary zewnętrzne jak przęsło główne, ale wykonane są z betonu sprężonego. Pojedynczy pylon ma kształt stożkowy. Betonowa część pylonu ma wysokość 175 m i wykonana jest z betonu klasy C55/67. W dolnej części rozdziela się na dwie

„nogi” o przekrojach kolistych, co umożliwia ruch kolei LRT. Przekrój pylonu jest również okrągły, a jego średnica zmniejsza się liniowo od 16 m na poziomie posadowienia do 4 m na końcu konstrukcyjnej części betonowej. Wierzchołek pylonu jest stalowy i ma wysokość 25 m. Wykonany jest ze stali nierdzewnej. Przęsło główne o rozpiętości 376 m i 200-metrowe przęsła boczne podwieszone są do pylonu za pomocą 80 want, do wykonania których zużyto 1280 t stali. Najdłuższa z nich ma długość 373 m. Wykonane są one z 7-drutowych splotów. Zabezpieczenie antykorozyjne tych elementów zapewnia ich galwanizacja oraz osłona z polietylenu wypełniona woskiem. Czynne zakotwienia want znajdują się w pomoście, a bierne w pylonie. Każda z want wyposażona została w tłumik drgań.

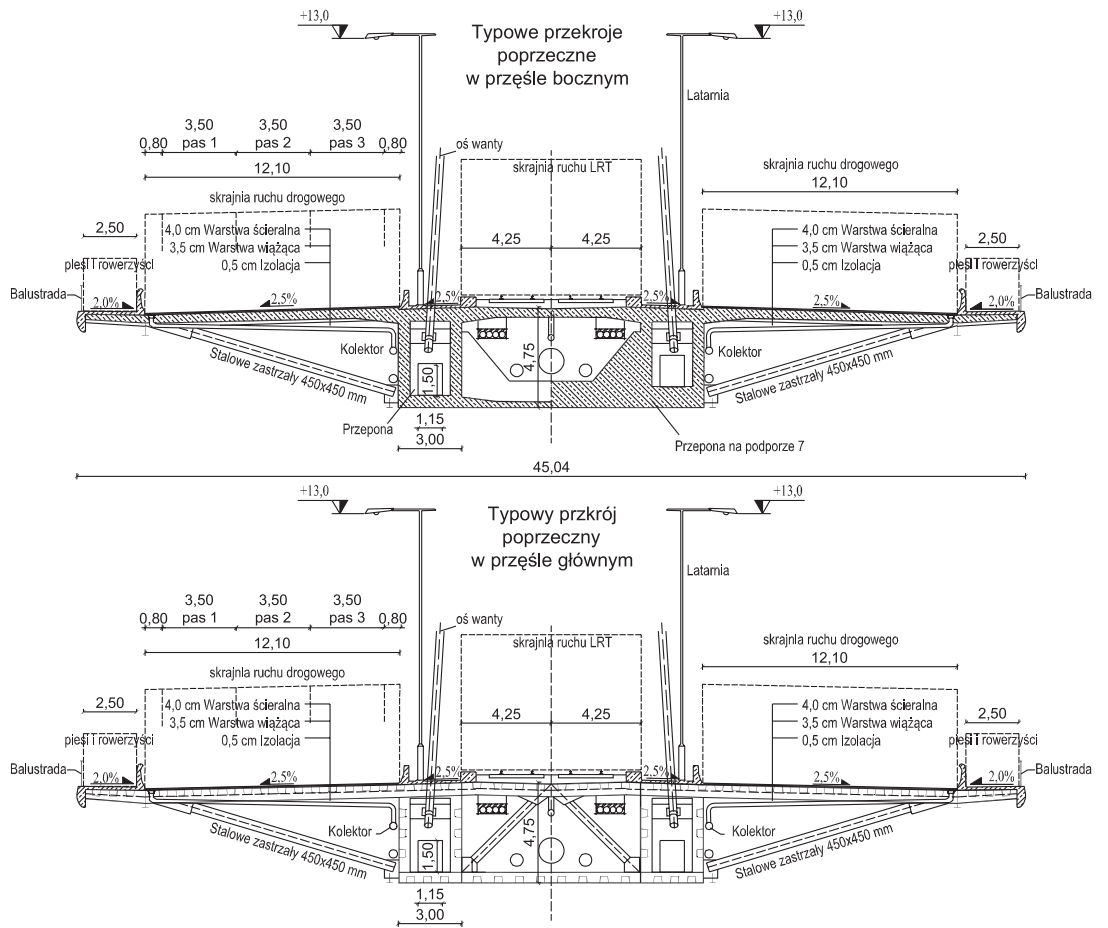
Most przez Sawę jest najwyższą wieżą Belgradu, co czyni go ważnym punktem charakterystycznym i wyjątkowym pomnikiem współczesnej architektury. Betonowe części mostu pozostaną niepomalowane, natomiast części stalowe pomalowane zostaną na kolor zbliżony do barwy naturalnego betonu.

Technologia budowy mostu polegała na zastosowaniu obustronnego nasuwania betonowych przęseł bocznych przy wykorzystaniu podpór tymczasowych oraz montażu wspornikowego przęsła głównego (fot. 2, rys. 7). Stalowe



Rys. 5. Widok mostu przez Sawę [2]

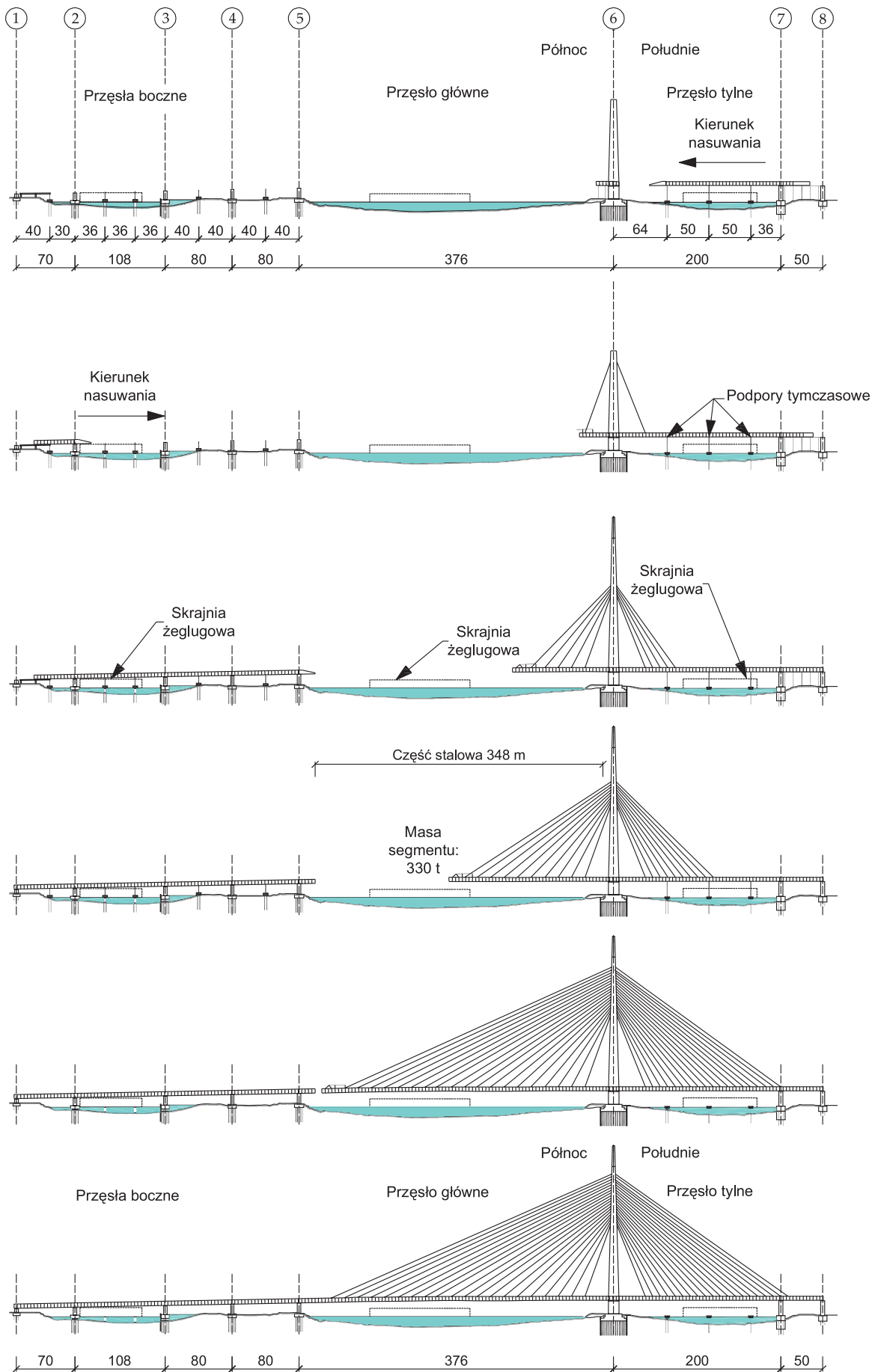
przęsło podzielono na segmenty o długości 16 m, z których każdy miał masę 330 t. Najpierw montowane były one na placu budowy z części dostarczonych z fabryki w Chinach. Jednocześnie z montażem kolejnych segmentów montowano również wanty kotwione w pylonie i w zewnętrznych komorach przekroju skrzynkowego.



Rys. 6. Przekroje poprzeczne [2]



Fot. 2. Nasuwanie podłużne przęseł bocznych i montaż wspornikowy przęśla głównego [2]



Rys. 7. Etapy budowy mostu przez Sawę w Belgradzie [2]

Tabela 1. Porównanie podstawowych parametrów obu mostów

	Most Rędziański we Wrocławiu	Most przez Sawę w Belgradzie
Długość [m]	1742	967
Szerokość [m]	2 × 19,24 – most główny	45,04
	2 × 18,57 – estakady	
Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	65 000	43 000
Liczba pylonów	1	1
Wysokość pylonu [m]	122	200 (175 część betonowa + 25 część stalowa niekonstrukcyjna)
Liczba want	160	80
Sumaryczna masa cięgien [t]	1500	1280
Rodzaj konstrukcji	Konstrukcja skrzynkowa, trójkomorowa z betonu sprężonego	Główne przęsło rozpiętości 376 m – na długości 348 m stalowe, skrzynkowe, pozostałe przęsła – konstrukcja skrzynkowa betonowa z zastrzałami
Rozpiętości przęseł [m]	E1: 40+2×52+56+6×60+50 M2: 50+2×256+50 E3: 50+7×60+50	70 + 108 + 80 + 80 + 376 + 200 + 50
Stosowana technologia budowy	Nasuwanie podłużne mostu M2 i estakady E3, betonowanie na rusztowaniach mobilnych estakady E1	Nasuwanie podłużne przęseł bocznych, montaż wspornikowy przęsła nurtowego
Kontraktowy czas budowy [miesiące]	30	40
Rzeczywisty czas budowy [miesiące]	37*	43
Cena	~8 400 zł/m <sup>2</sup> ~570 mln zł (~127 mln €)	~2770 €/m <sup>2</sup> (12 500 zł/m <sup>2</sup> )** ~119 mln € (540 mln zł)

\* wliczając postoje budowy spowodowane powodzią w 2010 r., silnymi wiatrami i mrozami

\*\* ostateczna cena może ulec zwiększeniu

## Podsumowanie

Podstawowe parametry geometryczne i charakterystyki materiałowo-technologiczne obu obiektów zestawiono w tabeli 1. Porównywane mosty (fot. 3 i 4) miały podobną konstrukcję i podobną skalę trudności realizacyjnych. Most w Belgradzie ma dłuższe przęsło główne (376 m) niż most Rędziański (256 m) oraz dłuższą całkowitą część podwieszoną (376 + 200 = 576 m) od mostu polskiego (2 × 256 = 512 m). Natomiast powierzchnia mostu Rędziańskiego jest około 1,5 razy większa niż belgradzkiego. Masa cięgien podwieszających mostu we Wrocławiu jest około 1,17 raza więk-



Fot. 4. Wizualizacja mostu w Belgradzie [2]



Fot. 3. Gotowy most Rędziański w ciągu Autostradowej Obwodnicy Wrocławia (fot. W. Kluczewski)

sza niż mostu przez Sawę. Serbowie oszacowali czas realizacji swojego obiektu na 40 miesięcy, a GDDKiA na 30 miesięcy. W jednym i drugim przypadku terminy te zostały przekroczone. Polski most, biorąc pod uwagę cenę jednostkową za 1 m<sup>2</sup> pomostu, jest prawie 35 % tańszy od serbskiego.

## Bibliografia

- [1] Biliszczuk J., Onysyk J., Barcik W., Prabucki P., Sułkowski M., Szczepański J., Toczkiwicz R., Tomiczek M., Tukendorf A., Tukendorf K., Ast A.: *Most Rędziański w ciągu Autostradowej Obwodnicy Wrocławia*. Wrocławskie Dni Mostowe, Aktualne realizacje mostowe. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2011
- [2] Stipanac B.: *Sava Bridge Project realization*. Wrocławskie Dni Mostowe, Aktualne realizacje mostowe. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2011 ■