

## O odbudowie po pożarze mostu Łazienkowskiego w Warszawie

Most Łazienkowski stanowi kluczowy obiekt Trasy Łazienkowskiej, będącej fragmentem obwodnicy śródmiejskiej Warszawy, bezkolizyjnej arterii komunikacyjnej oddanej do użytkowania w 1974 r. Oś mostu jest prosta w planie, a niweleta – w spadku podłużnym wynoszącym 0,3%. Spód konstrukcji mostu jest wyniesiony ponad skrajnię żegluga, znacznie powyżej poziomu wody miarodajnej 1000-letniej.

Całkowita długość mostu między krańcami pomostu na dylatacjach na przyczółkach wynosi 861,15 m. Most stanowi jednoprzestrzenną konstrukcję pod obydwie jezdnie Trasy Łazienkowskiej. Most właściwy nad korytem rzeki, między podporami nr 8 a nr 13, jest o konstrukcji stalowej (rys. 1) ze współpracującą płytą ortotropową, o rozpiętości przęseł  $76,50 + 3 \times 90,00 + 76,50$  m. Przęsła dojazdowe na obydwu brzegach Wisły między podporami nr 1 a nr 8 po stronie warszawskiej oraz nr 13 a nr 17 po stronie praskiej mają konstrukcję kablobetonową wielodźwigarową (rys. 2). Obiekt jest zlokalizowany między bezkolizyjnymi węzłami drogowymi z Wisłostradą na lewym brzegu Wisły i ulicą Wał Miedzeszyński na prawym brzegu. Most jest usytuowany nad dwiema jezdniami Wisłostrady, kanałem Portu Czerniakowskiego, cyplem Czerniakowskim, korytem rzeki Wisły w km 510+600 oraz dwiema jezdniami Wału Miedzeszyńskiego.

W lutym 2015 r. most uległ uszkodzeniu na skutek pożaru, a w październiku tego samego roku przywrócono ruch samochodowy na odbudowanym moście.

Stalowa część mostu, która wymagała odbudowy, miała długość 424,5 m (por. rys. 1) i szerokość 27,50 m. Była to konstrukcja spawana i nitowana, jednoprzestrzenna czterodźwigarowa, z ciągłą ortotropową płytą pomostu. Konstrukcja była wykonana ze stali gatunku St3M (2450 t) i 18G2A (2150 t) i miała masę 4600 t.

Ustrój nośny mostu stanowi również konstrukcję wsporczą szeregu urządzeń komunalnych. Wewnątrz konstrukcji wsporczej, na dolnych poprzecznicach, przewidziano miejsce na oparcie urządzeń obcych: magistrali ciepłowniczej

$2 \times 900$  mm, magistrali wodociągowej 1000 mm, przewodów sieci gazowej o średnicach 200 i 300 mm, kabli 110 kV (3 kabli – obecnie usunięte), kabli 15 kV (6 kabli – obecnie usunięte), kabli telekomunikacyjnych (w większości były zamontowane bez wiedzy zarządcy obiektu).

Do obsługi urządzeń obcych oraz przeglądu i konserwacji konstrukcji mostu były wykonane pomosty wewnętrzne usytuowane na całej powierzchni między dźwigarami. Pomost stanowiły podesty z impregnowanego drewna ułożone na poprzecznicach i ruszcie stalowym uzupełniającym.

Obiekt został zaprojektowany na obciążenie I klasy + ciągnik K80 według PN-B-02015:1966. Znaczące obciążenie mostu stanowił ciężar urządzeń obcych.

Części kablobetonowe o rozpiętościach przęseł wynoszących 40 m (niektóre pożarem), intensywnie użytkowane bez wystarczających nakładów na eksploatację, były w stanie nieodpowiednim przedawaryjnym lub awaryjnym i wymagały natychmiastowej interwencji.

We wrześniu 1975 r. most uległ uszkodzeniom w wyniku pożaru, który wybuchł na drewnianych pomostach roboczych. Uszkodzenia objęły przęsło między podporami nr 8 i nr 9 (por. rys. 1). Po pożarze konstrukcja mostu została naprawiona. Wymieniono fragmenty uszkodzonej płyty ortotropowej wraz z poprzecznicami oraz wykonano wzmocnienia dźwigarów głównych. Uzupełniono również spalone pomosty, ponownie montując podesty drewniane. Pomosty te pokryto izolacją z warstwy azbestu, aby zabezpieczyć konstrukcję przed ewentualnym pożarem w przyszłości. Most oddano ponownie do ruchu w grudniu 1975 r.

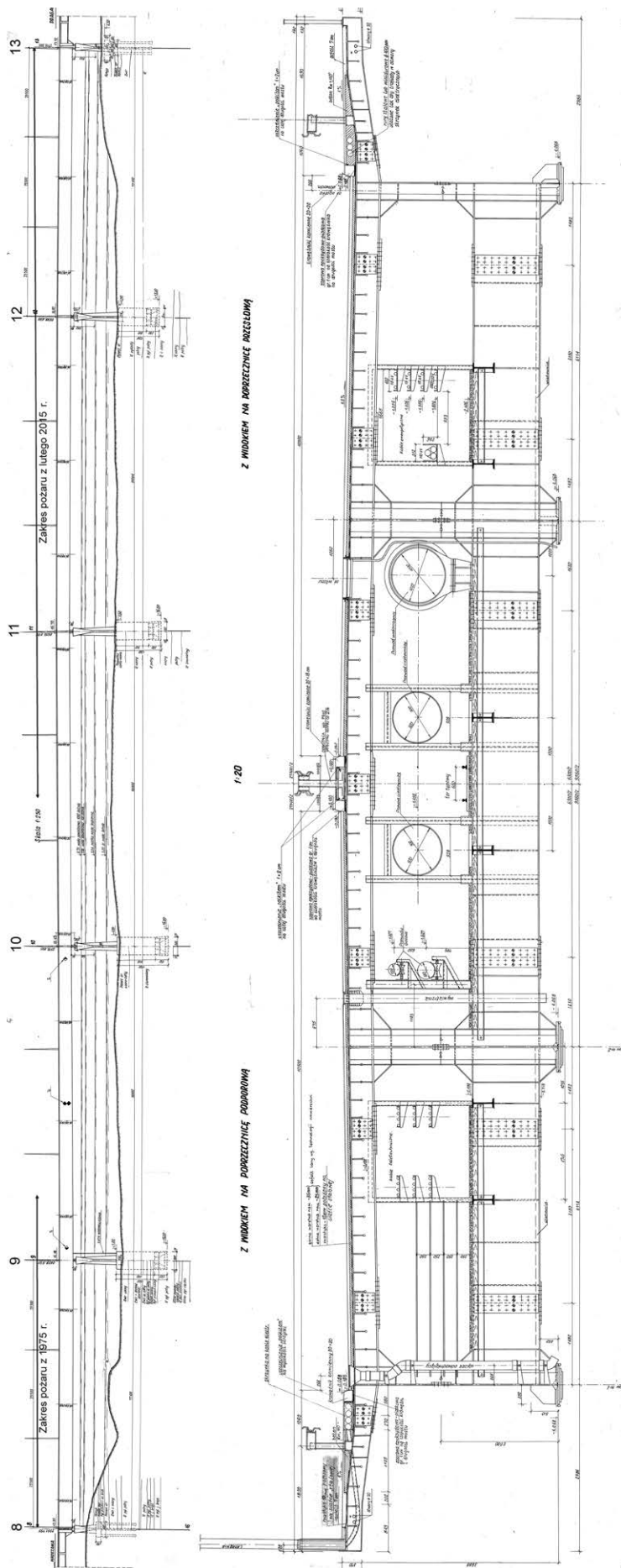
Most Łazienkowski do momentu wybudowania i do oddania do ruchu we wrześniu 2002 r. mostu Siekierkowskiego stanowił najbardziej wysuniętą w Warszawie. Po wybudowaniu mostu Siekierkowskiego zmniejszyło się obciążenie ruchem mostu Łazienkowskiego, ale codziennie przejeżdżało nim średnio prawie 100 000 pojazdów na dobę (dane z 2014 r.), co stanowiło 18% ruchu

na przeprawach warszawskich przez Wisłę.

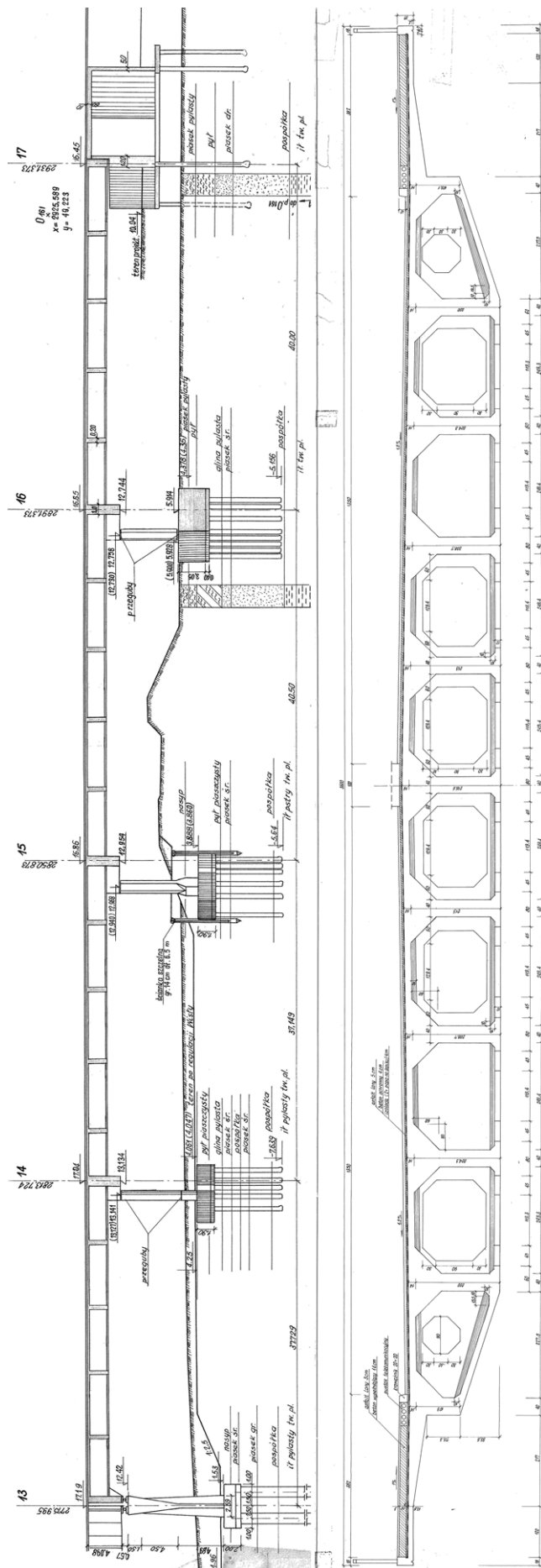
Od 2002 r. most Łazienkowski był przewidziany do generalnego remontu, jednak ze względu na spodziewane społeczne konsekwencje jego zamknięcia oraz znaczny ich koszt inwestycję tę odkładano w czasie. Prowadzono jedynie doraźne prace remontowe. W latach 2013–2014 zostały wymienione uszkodzone urządzenia dylatacyjne w osiach nr 8 i nr 13.

### Pożar

Na początku 2015 r. był prowadzony remont pomostu roboczego zlokalizowanego pod pomostem jezdny, polegający na wymianie drewnianych podestów na pomost z krat stalowych. W tym celu przede wszystkim usunięto azbest ułożony w czasie naprawy po pożarze w 1975 r. Po demontażu części desek, 14 lutego 2015 r. wybuchł pożar, który objął swym zasięgiem 2,5 przęsła od strony praskiej mostu. Pożar został ugaszony następnego dnia. Na skutek pożaru konstrukcja przęseł stalowych została uszkodzona, a ruch na moście został wstrzymany. Decyzją Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego obiekt został wyłączony z ruchu do czasu usunięcia nieprawidłowości. Decyzją *zakazywała użytkowania Mostu Łazienkowskiego w Warszawie do czasu usunięcia stwierdzonych nieprawidłowości oraz nakazała wykonanie robót budowlanych, które zostaną wskazane w ekspertyzie technicznej, celem usunięcia stwierdzonych nieprawidłowości w zakresie dotyczącym nieodpowiedniego stanu technicznego obiektu mostowego – Mostu Łazienkowskiego w Warszawie, powstałych w wyniku pożaru w dniu 14.02.2015 r.* W celu określenia stanu technicznego konstrukcji zespół naukowy Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Henryka Zoblą wykonał ekspertyzę zniszczonych przęseł stalowych. Uszkodzenia dźwigarów głównych w wyniku wysokiej temperatury były tak znaczne, że było konieczne ich wzmocnienie, aby nie dopuścić do zaważenia się konstrukcji w czasie prac rozbiórkowych. Zniszczona konstrukcja nie została zakwalifikowana do remontu, lecz demontażu i odbudowy (rys. 3).



Rys. 1. Przekrój podłużny i poprzeczny konstrukcji stalowej [2]



Rys. 2. Przekrój podłużny i poprzeczny konstrukcji kablobetonowej [2]



Rys. 3. Widok mostu (od góry i od spodu) po pożarze w lutym 2015 r. Fot. M. Kieniewicz

### Skutki pożaru w 2015 r.

Skutki pożaru z 14.02.2015 roku stalowej części konstrukcji mostu zostały szczegółowo opisane i przedstawione w ekspertyzie, lecz ze względu na toczące się śledztwo w sprawie przyczyn pożaru nie została ona dotychczas opublikowana.

Dramatyczne były skutki społeczne zniszczenia przeprawy, z której korzystało do 100 tys. pojazdów w ciągu doby. Autorzy oszacowali koszty społeczne zamknięcia mostu na 15÷20 mln zł miesięcznie. Projektowaniu odbudowy mostu towarzyszyło poczucie społecznej presji, powinności inżyniera, konieczności sprawnego i szybkiego działania.

W związku z trudną sytuacją, jaka zapanowała na ulicach Warszawy po niespodziewanym zamknięciu mostu Łazienkowskiego i świadomością, że konstrukcja mostu nie nadaje się do remontu, władze miasta stanęły przed koniecznością szybkiego odbudowania jego konstrukcji. Jedną z pierwszych decyzji podjętych przez zarządcę obiektu – Zarząd Dróg Miejskich było powierzenie Biuru Projektowemu Transprojekt Warszawa opracowania projektu odbudowy mostu jako jednostce, w której przygotowano pierwotny projekt przeprawy. W archiwum Transprojektu znajduje się komplet opracowań dotyczących tego obiektu i napraw po pierwszym pożarze konstrukcji w 1975 r. Działając w szczególnej sytuacji narastającego chaosu komunikacyjnego, Zarząd Dróg Miejskich potrzebował partnera, który w krótkim terminie będzie w stanie wykonać wielobranżowy projekt i pełnić rolę konsultanta inwestora w trakcie przetargu i realizacji odbudowy mostu. Po decyzji o wyborze projektanta

rozpoczęto poszukiwanie podstawy prawnej umożliwiającej zawarcie umowy, natomiast zespoły projektowe rozpoczęły prace koncepcyjne.

### Projekt koncepcyjny i materiały przetargowe

Początkowo zakładano ograniczenie funkcji mostu wyłącznie do prowadzenia ruchu drogowego i pieszego. Jednak propozycja projektanta, aby przełożyć urządzenia obce poza pas drogowy nie zyskała akceptacji władz miasta. Wszystkie dotychczasowe funkcje mostu miały zostać przywrócone, a ponadto należało przewidzieć prowadzenie ruchu rowerowego z zachowaniem wszystkich charakterystycznych parametrów obiektu. Długość mostu, jego szerokość, rozpiętości przęseł oraz funkcje użytkowe (dwie jezdnie z trzema pasami ruchu każda, pas dzielący oraz dwa chodniki) miały zostać zachowane, a także należało, po rozbiórce, odbudować magistralę wodociągową, CO i gazową. Z tych względów należało przewidzieć miejsce na kable teletechniczne i dodatkowo wygospodarować miejsce na ścieżki rowerowe i kolektory odwodnienia, a przy krawędziach jezdni zastosować bariery spełniające obecne wymagania bezpieczeństwa ruchu.

Zespół projektowy rozpoczął pracę od analizy dokumentacji archiwalnej [2]. Pierwszą koncepcją było powtórzenie układu dźwigarów, jak w starym moście i zastąpienie płyty ortotropowej współpracującą płytą żelbetową. Po analizie posadowienia obiektu uznano, że istniejące kesony nie mają zapasu nośności pozwalającego na tak znaczne zwiększenie ciężaru konstrukcji z jednoczesnym wzrostem klasy obciążenia obiektu. Przyjęte rozstawy dźwigarów w istniejącej konstrukcji powodowały znaczne przeciążenie łożysk pod środkowymi dźwigarami. Ponadto inwestor wykluczył stosowanie prefabrykowanej, żelbetowej płyty współpracującej pomostu łączonej zamkami żelbetowymi na poprzecznicach. Wymagano wprowadzenia płyty ortotropowej o trwałości wynoszącej sto lat. Dodatkowo władze miasta poleciły takie ukształtowanie przekroju poprzecznego, aby istniała możliwość przeprowadzenia przez obiekt ścieżek rowerowych bez konieczności zwiększenia wymiarów zewnętrznych konstrukcji. Kolejnym ograniczeniem było zachowanie w przekroju poprzecznym dokładnej lokalizacji magistrali, ponieważ miały one być wymieniane jedynie na długości przęseł stalowych (należało wykonać tylko fragment magistrali między podporami nr 8 a 13 – por. rys. 1).

Po analizie kilku koncepcji projektowych wybrano schemat konstrukcji dwudźwigarowej o przekrojach skrzynko-

wych i wysokości konstrukcyjnej wynoszącej 1/25 rozpiętości, tj. mniejszej o 0,40 m od istniejących. Dźwigary ustawiono na łożysku w osi istniejących filarów w rozstawie 15,70 m i połączono poprzecznikami płyty ortotropowej rozmieszczonymi co 3,75 m (poprzednio co 2,5 m). Zasadniczym powodem takiego wyboru płyty pomostu było ograniczenie zwiększania obciążenia fundamentów; przyjęto dopuszczalne zwiększenie o 30%. Pod zwiększonymi wspornikami chodników pozostawiono przestrzeń do umieszczenia pomostów dwóch ścieżek rowerowych, każda szerokości 3,4 m, a w przestrzeni między dźwigarami pozostawiono jednoprzestrzenną strefę montażu wszystkich urządzeń obcych i przestrzeń do obsługi, w tym m.in. tor wózka rewizyjnego do wymiany rur ciepłociągów (rys. 4).

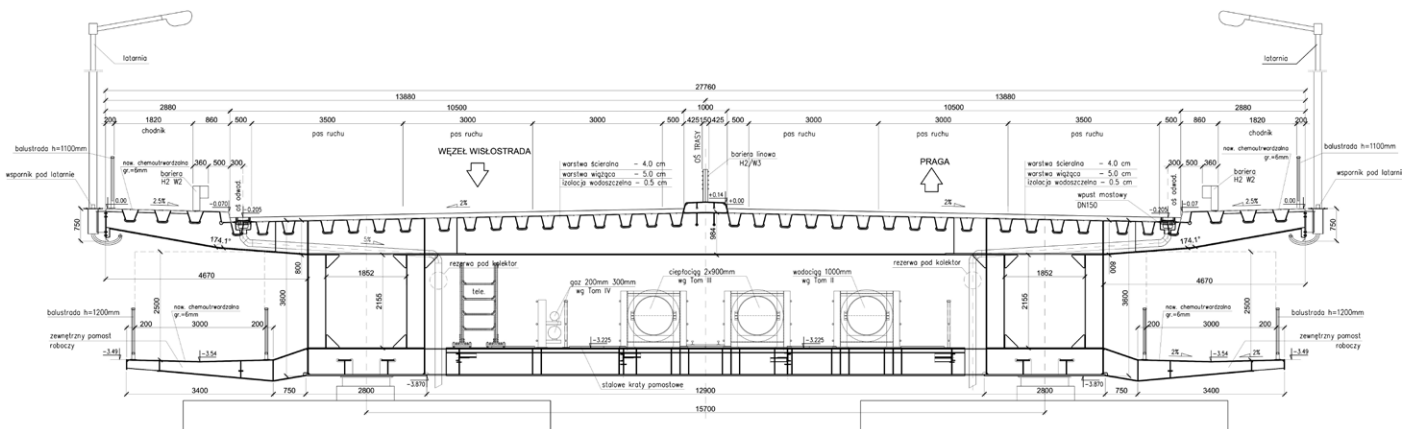
Projektanci określili, że możliwe będzie wykonanie robót i oddanie mostu do ruchu pod koniec października 2015 r. Przygotowana przez Transprojekt Warszawa koncepcja montażu zakładała scalanie konstrukcji i jej nasuwanie z obu stron rzeki z platform roboczych wykorzystujących opuszczone nad poziom wielkiej wody istniejące przęsła skrajne (rys. 5).

Po zaakceptowaniu przez inwestora przygotowanej koncepcji ogłoszono przetarg na wybór wykonawcy robót. Dalsze prace projektowe były prowadzone jednocześnie z postępowaniem przetargowym. Biuro wspierało inwestora i przekazywało wszelkie informacje dotyczące rozwiązań projektowych, założył realizacyjnych oraz harmonogramu robót wszystkim przedsiębiorcom uczestniczącym w przetargu. Pozwoliło to oferentom na rzetelne oszacowanie kosztów i ryzyka.

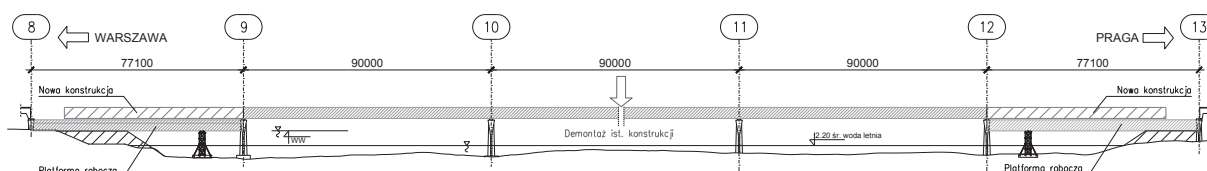
### Konstrukcja stalowa – detale konstrukcyjne

Elementem głównym konstrukcyjnym mostu są dwa stalowe dźwigary skrzynkowe w rozstawie 15,7 m. Dźwigary mają w przekroju szerokość 2,8 m i wysokość 3,6 m (rys. 6). Ściany i pasy są usztywnione żebrami podłużnymi, poprzecznymi i ramami poprzecznymi sytuowanymi co 7,5 m. Dźwigary współpracują z pomostem ortotropowym, który składa się z płyty stalowej o grubości minimalnej w pasie ruchu ciężkiego wynoszącej 16 mm, a na pozostałych dwóch pasach – 14 mm i na chodnikach zewnętrznych – 12 mm (rys. 7). Płytę usztywniono za pomocą żeber zamkniętych trapezowych z blachy grubości 8 mm.

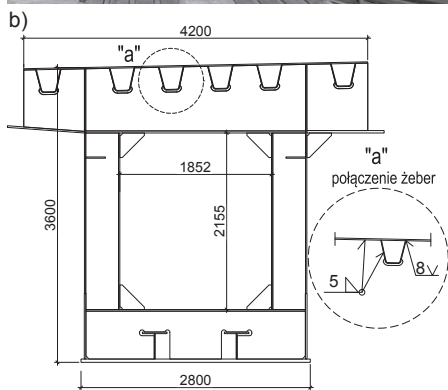
Płyta ortotropowa z żebrami opiera się na poprzecznikach rozmieszczonych w rozstawie 3,75 m. Konstrukcja jest całkowicie spawana (por. rys. 4).



Rys. 4. Przekrój poprzeczny mostu [3]

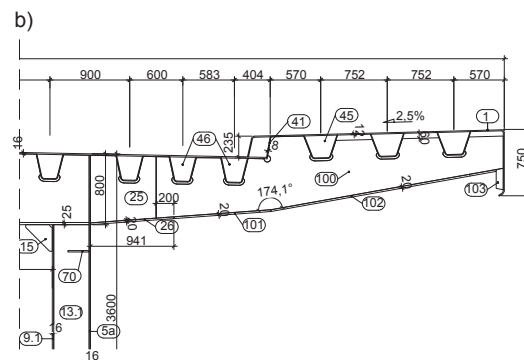
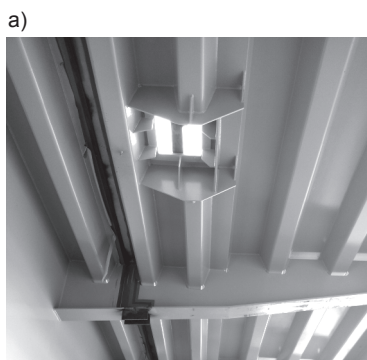


Rys. 5. Koncepcja odbudowy mostu [3]



Rys. 6. Dźwigar skrzynkowy: a) w trakcie transportu (fot. M. Kieniewicz), b) przekrój poprzeczny [3]

W płaszczyźnie dolnych pasów skrzynek, pod pomostem ortotropowym między dźwigarami skrzynkowymi, jest zlokalizowany pomost techniczny instalacji urządzeń obcych (rys. 8). Pomost ten ma konstrukcję w postaci rusztu złożonego z elementów poprzecznych i podłużnych stężonych skratowaniem poziomym. Ruszt jest wykonany z kształtowników walcowanych połączonych węzłami skręcanymi i węzłem spawanym do skrzynek dźwigarów głównych. Skrę-



Rys. 7. Konstrukcja wspornika mostu: a) widok (fot. M. Kieniewicz), b) przekrój poprzeczny [3]

cenie elementów pomostu umożliwia ewentualny demontaż jego fragmentów w celu zapewnienia możliwości wymiany urządzeń obcych na nim zlokalizowanych.

Uzębrowana płyta ścieżki rowerowej jest oparta na wspornikach rozmieszczonych w rozstawie co 7,5 m. Wsporniki są utwierdzone w dolnej części dźwigarów głównych.

Konstrukcję zaprojektowano ze stali droбноziarnistej o pracy łamania 40J



Rys. 8. Widok pomostu technicznego pod płytą ortotropową. Fot. M. Kieniewicz

w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ . Do elementów grubości do 30 mm przyjęto stal S355K2, a powyżej 30÷80 mm – stal S355N. Blachy rozciągane poprzecznie wykonano ze stali Z35, a profile walcowane ze stali S355.

Przęsła oparto na podporach za pośrednictwem łożysk garnkowych.

### Korpusy podpór pośrednich

W projektowaniu przyjęto ograniczenie dotyczące niewykonywania prac przy posadowieniu mostu. Wykonano jedynie roboty w nawodnej części podpór.

Ze względu na zły stan powierzchni betonowych wszystkich filarów w części stalowej, zaprojektowano wykonanie na tych powierzchniach, do wierzchu płyty fundamentowej, płaszcza żelbetowego grubości 25 cm zespolonego z istniejącym korpusem łącznikami wklejanymi. Zachowano unikatowy kształt filarów. Zmniejszenie wysokości konstrukcyjnej i w efekcie podniesienie poziomu podparcia nowej konstrukcji przęseł oraz zastosowanie łożysk garnkowych w miejsce wahaczy umożliwiło wykonanie

zwiększenia filarów wieńcem wysokości 0,70 m. Zapewniono w ten sposób równomierne rozłożenie obciążenia z łożyska umieszczonego w nowej lokalizacji na całej szerokości filara (rys. 9).

### Scieżki rowerowe

Udział ruchu rowerowego w ruchu pojazdów w Warszawie co roku ulega zwiększeniu i wynosi około 4%. Jest to tendencja promowana i wspierana inwestycjami przez miasto. Wymiana przęseł stalowych otwierala perspektywę zaprojektowania połączenia rowerowego terenów po obu stronach rzeki (rys. 10). Z uwagi na to, że budowa ciągów rowerowych na moście (rys. 11) i pochylniach łączących je z poziomem terenu wykazała poza postanowienia decyzji nadzoru budowlanego, ich realizacja będzie możliwa po uzyskaniu wymaganych decyzji administracyjnych w ramach innego postępowania inwestycyjnego.

### Urządzenia obce oraz odwodnienie i oświetlenie

Urządzenia obce powinny być umieszczone poza pasem drogowym (mostem). W wyjątkowych przypadkach, za zgodą zarządzającego mostem, urządzenia te mogą być prowadzone w przestrzeni mostu. Zgodnie z poleceniem inwestora zaprojektowano konstrukcję pomostu dolnego przystosowaną do obciążeń dwiema magistralami ciepłowniczymi, magistralą wodociagową oraz innymi urządzeniami o ciężarze nieprzekraczającym  $1,5 \text{ kN/m}^2$  (rys. 12).

Odwodnienie i oświetlenie mostu zostały odtworzone (rys. 13).

### Wymiana elementów konstrukcji mostu

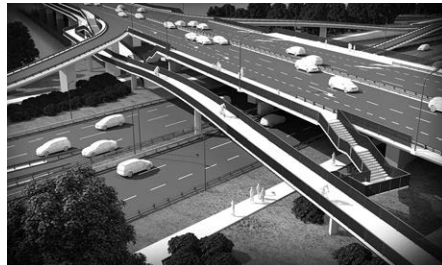
Założono wykorzystanie istniejącej stalowej konstrukcji przęseł skrajnych do budowy dwóch platform montażowych. Przewidywano, że wytworzone elementy konstrukcji będą scalane na stanowiskach na platformach montażowych i nasuwane z obu brzegów rzeki na podpory (rys. 14).

### Przęsia kablobetonowe

Wraz z wymianą konstrukcji przęseł stalowych, zarządca obiektu postanowił przeprowadzić konieczny remont przęseł kablobetonowych, korzystając z ich wyłączenia z ruchu. Zaplanowano wykonanie prac w zakresie, który umożliwi korzystanie z obiektu przez 10÷15 lat, gdy zostanie wymieniona konstrukcja tych przęseł. Prace remontowe spowodowały usunięcie uszkodzeń powstałych w czasie 40 lat eksploatacji i poprawę rozwiązań w zakresie wyposażenia, które były przyczyną powstania największych uszkodzeń konstrukcji. W zakresie schodów i galerii pieszych w celu zwiększenia



Rys. 9. Realizacja wzmocnienia konstrukcji podpór. Fot. M. Kieniewicz



Rys. 10. Wizualizacja koncepcji przyszłościowej ścieżki rowerowej w obrębie węzła (arch. B. Grotte)



Rys. 11. Wizualizacja koncepcji przyszłościowej ścieżki rowerowej pod mostem (arch. B. Grotte)



Rys. 12. Urządzenia obce pod mostem. Fot. M. Kieniewicz



Rys. 13. Detale konstrukcji. Fot. M. Kieniewicz



Rys. 14. Montaż i nasuwanie konstrukcji na opuszczonym fragmencie starej konstrukcji. Fot. M. Kieniewicz

trwałości przewidziano całkowitą wymianę konstrukcji żelbetonowych tych elementów, z jednoczesnym uproszczeniem schematów konstrukcyjnych.

#### **Zestawienie ilości robót i ich kosztów**

W odniesieniu do poszczególnych elementów odbudowanej konstrukcji mostu ilości robót były następujące: masa konstrukcji stalowej 5329 t, w tym pomostu technologicznego 318 t; objętość betonu zbrojonego podpór 900 m<sup>3</sup>, w tym 13,5 t stali zbrojeniowej; objętość betonu zbrojonego pomostu 2000 m<sup>3</sup>.

Całkowity koszt odbudowy mostu, obejmujący jego projekt i realizację, wyniósł 104 mln zł.

**Uczestnikami procesu inwestycyjnego** byli: inwestor: – ZDM, MPWiK, Veolia, PGNiG; projektant – Transprojekt Warszawa, CEWOK (projekty urządzeń

obcych), wykonawca – Porr i Intercor; nadzór inwestorski – Egis.

#### **Podsumowanie**

Powszechnie wyrażano przekonanie o braku możliwości przywrócenia ruchu na odbudowanym moście do października 2015 r. Projektanci, mając doświadczenie wielu mniej złożonych inwestycji trwających wiele lat, byli pełni obaw dotyczących udostępnienia do ruchu przeprawy mostowej w planowanym terminie. Jednak przy odpowiedniej współpracy wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego udało się pokonać wszelkie przeciwności i w zakładanym terminie oddać obiekt do ruchu. Na tej budowie wszyscy wypełniali swoje obowiązki, nie wymagano zbędnych decyzji, sprawozdań, planów, raportów, pism itp. Ta inwestycja jest przykładem dobrej współpracy, kiedy wszystkim przyświeca

dobry cel – sprawna i szybka odbudowa. Przekonano się, że gdy urzędnicy pozwalają działać sprawnie inżynierom i wspierają ich w tych działaniach, to efekty są zdumiewające, o czym świadczą wymienione terminy. Takie prowadzenie inwestycji nie powinno być zdarzeniem wyjątkowym.

#### **PIŚMIENNICTWO I WYKORZYSTANE MATERIAŁY**

- [1] Doboszyński W., Kieniewicz M., Świąder Ł.: Odbudowa Mostu Łazienkowskiego w Warszawie. XXVI seminarium „Współczesne metody budowy, wzmocnienia i przebudowy mostów”, Poznań – Rosnówek, 7–8.06.2016.
- [2] Dokumentacja projektowa archiwalna z lat 1970–1975, „Trasa Łazienkowska w Warszawie. Most przez rzekę Wisłę”. Transprojekt Warszawa.
- [3] Dokumentacja projektowa „Odbudowa mostu Łazienkowskiego w Warszawie”. Transprojekt Warszawa, kwiecień 2015.