

Techniczne aspekty obwodnicy Augustowa

# Najlepsza estakada o pięciu przęsłach

dr inż. Tadeusz Suwara, mgr inż. Witold Doboszyński  
Transprojekt-Warszawa Sp. z o.o.

## Wybór trasy

Po raz pierwszy przebieg obwodnicy Augustowa analizowano w studium techniczno-ekonomicznym wykonanym w 1992 r. przez Transprojekt-Warszawa. W studium przedstawiono cztery warianty tej drogi. Na jego podstawie Transprojekt Gdański w 1997 r. opracował koncepcję programową ze szczegółowym opracowaniem dwóch wariantów. W tym samym roku generalny dyrektor dróg publicznych zatwierdził wariant wybrany przez komisję oceny projektów inwestycyjnych. W 1999 r. rzeczoznawca ochrony środowiska opracował ocenę koncepcji programowej pod względem ekologicznym, która potwierdziła, że wybrany wcześniej wariant jest najkorzystniejszy. Ponadto w 1999 r. odbyło się posiedzenie wojewódzkiej komisji ochrony przyrody w Białymstoku w sprawie obwodnicy Augustowa.

Komisja zaakceptowała przebieg trasy, jednak zwróciła uwagę, że przejście przez dolinę Rospudy stanowić będzie potencjalne zagrożenie dla zasobów przyrodniczych tej doliny. Komisja zaleciła zastosowanie rozwiązań technicznych ograniczających zmiany w środowisku przyrodniczym, a przede wszystkim zapewniających niezmienną układów stosunków wodnych w dolinie. W celu zminimalizowania szkód w środowisku przyrodniczym doliny Rospudy komisja zalecała konieczność maksymalnego wydłużenia mostu i skrócenia czasu budowy do jednego sezonu wegetacyjnego.

## Koncepcja przeprawy przez dolinę Rospudy

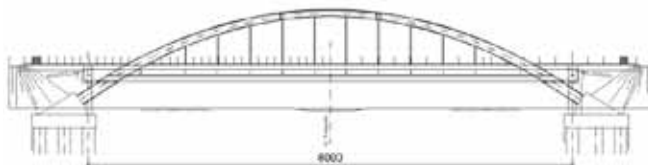
W 2001 r. Transprojekt-Warszawa otrzymał, po wygranym przetargu, zlecenie zaprojektowania budowy obwodnicy Augustowa według wybranego wariantu, w tym opracowania koncepcji mostu przez dolinę Rospudy. W koncepcji stwierdzono, że koryto rzeki w miejscu przekroczenia drogą ma szerokość 12 m, dolina ma szerokość 500 m i jest wypełniona nawodnioną warstwą torfu. Miąższość warstwy torfu waha się między 2,5 a 3,5 m, zaś maksymalna wynosi 4,6 m. Poniżej występują zbadane do głębokości 25 m piaski, żwiry i pospółki, a więc są dobre warunki do posadowienia podpór mostu na palach.

Przyjęto następujące założenia projektowe:

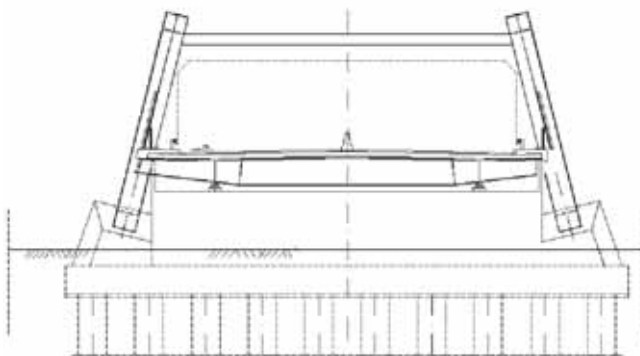
- most powinien liczyć co najmniej 50 m długości, aby zapewniał swobodny przepływ wody, przewietrzanie doliny i migrację zwierząt,
- mostu wiszącego lub podwieszonoego, dominującego w krajobrazie, nie należy analizować,
- konstrukcja mostu powinna być tak zaprojektowana, aby ustrój niosący mógł być zbudowany w czasie jednego sezonu wegetacyjnego.

W koncepcji przeanalizowano następujące warianty przeprawy przez Rospudę:

**WARIANT I** – jednoprzęsłowy most łukowy o rozpiętości 60 m ze ściągiem, jazda dołem, konstrukcja stalowa zespolona.

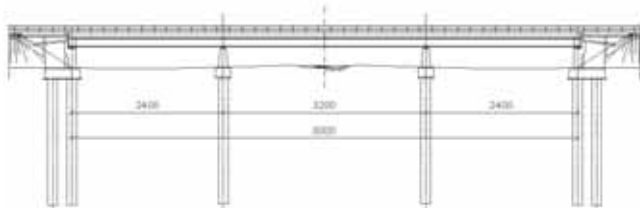


Rys. 1. Jednoprzęsłowy most łukowy – widok z boku

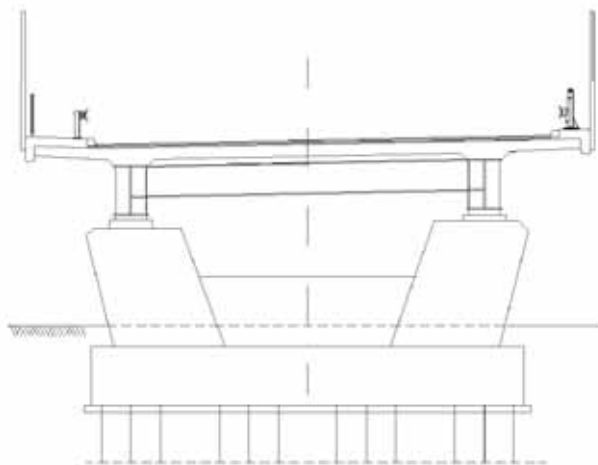


Rys. 2. Jednoprzęsłowy most łukowy – przekrój poprzeczny

**WARIANT II** – trzyprzęsłowy most stalowy blachownicowy o stałej wysokości konstrukcyjnej o długości 80 m, konstrukcja zespolona, rozpiętość przęseł 24 + 32 + 24 m.



Rys. 3. Trzyprzęsłowy most stalowy – widok z boku



Rys. 4. Trzyprzęsłowy most stalowy – przekrój poprzeczny

WARIANT III – estakada o długości 516 m składająca się z 10 przęseł o rozpiętości 42 + 2 x 54 + 42 m.

WARIANT III a – estakada jak wyżej, ale pięcioprzęsłowa o długości 246 m.

WARIANT IV – tunel o długości 1000 m, w tym w otwartych murach oporowych po 200 m na wlocie i wylocie, żelbetowa skrzynka jednoprzestrzenna o skrajni pionowej 5 m i poziomej 20 m.

Założenia do oceny wariantów przeprawy:

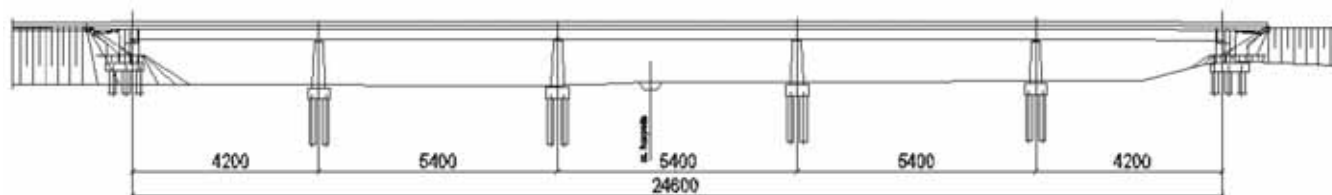
- ocenia się odcinek przeprawy przez dolinę Rospudy o długości 500 m,
- przyjęto sześć kryteriów oceny: koszty, ochrona środowiska, technologia wykonania, estetyka, warunki geologiczne i utrzymanie,
- powyższym kryteriom nadano wagi odpowiednio: 35%, 25%, 15%, 19%, 10% i 5%,
- na koszt inwestycji składa się koszt obiektu, drogi, dróg technologicznych i placów manewrowych,
- kryteria poza kosztami oceniono systemem eksperckim w skali od 1 do 10.

Najwięcej punktów uzyskała estakada o pięciu przęsłach (5,89 pkt), druga była estakada o 10 przęsłach (5,83 pkt), a najmniej uzyskał tunel (2,3 pkt).

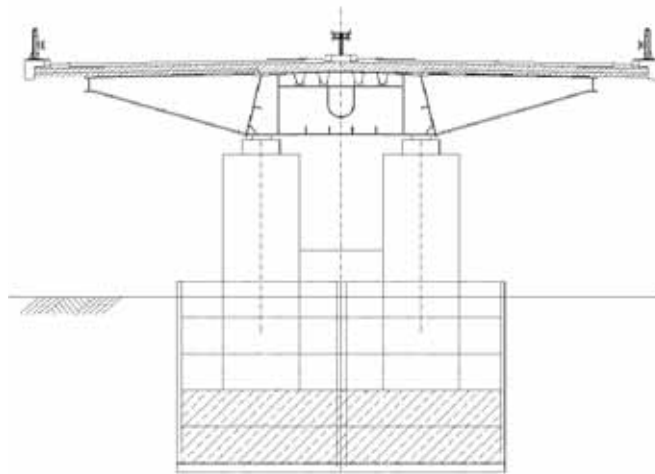
#### Charakterystyka estakady

Dalsze dyskusje i uzgodnienia doprowadziły do skupienia się na projektowaniu estakady. W 2002 r. Transprojekt-Warszawa opracował aneks do koncepcji, zawierający bardziej szczegółowe warianty estakady III i III a. Zaproponowano ustrój niosący stalowy zespolony ze współpracującą płytą betonową. Przedstawiono dwa warianty konstrukcji z jednym lub dwoma dźwigarami stalowymi o stałej wysokości spawanymi z blach 18G2A.

USTRÓJ JEDNODŹWIGAROWY stanowi skrzynka stalowa jednokomorowa o wysokości wewnętrznej 210 cm, stężona przeponami co 4 m. Pas górny skrzynki ma szerokość 5,5 m, pas dolny jest szerszy do oparcia łożysk. Wsporniki mają znaczny wysięg i przekrój dwuteowy zmiennej wysokości od 50 do 210 cm. Na końcu wsporników dano podłużnice w celu rozłożenia naprężeń skupionych. Żelbetowa płyta współpracująca o stałej grubości 30 cm opiera się na dźwigarach, poprzecznicach i podłużnicach.

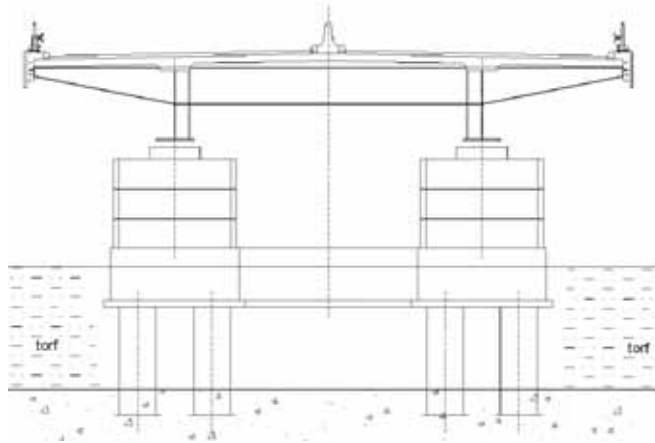


Rys. 5. Pięcioprzęsłowa estakada – widok z boku



Rys. 6. Estakada – przekrój poprzeczny (konstrukcja zespolona skrzynkowa)

USTRÓJ DWUDŹWIGAROWY jest złożony z dwóch dźwigarów dwuteowych związanych co 4 m sztywną poprzecznicą ze wspornikami. Wysokość środnika jest stała i wynosi 2,25 m. Pasy dźwigarów mają grubość 6–8 cm i szerokość 100–120 cm. Żelbetowa płyta współpracująca opiera się na dźwigarach, poprzecznicach i podłużnicach; ma grubość 36 cm nad dźwigarami i 24 cm w polu między poprzecznicami.



Rys. 7. Estakada – przekrój poprzeczny (konstrukcja zespolona dźwigarowa)

Rozpatrywano trzy rodzaje posadowienia podpór:

- na studniach żelbetowych prefabrykowanych o przekroju kwadratowym 5 x 5 m,
- na palach żelbetowych prefabrykowanych o przekroju 35 x 35 cm wbijanych wibracyjnie,
- na palach wielkich średnic 120 cm wykonywanych w rurze obsadowej.

Wybrano jako najlepsze w danym środowisku naturalnym posadowienie na palach wielkich średnic.

#### Technologia i organizacja robót

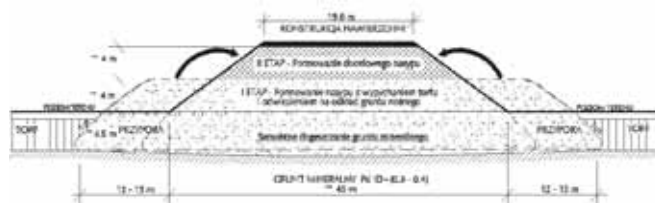
W celu zminimalizowania oddziaływania budowy na środowisko naturalne zaproponowano odpowiednią technologię i organizację robót.

Do budowy obiektu zespolonego o przekroju skrzynkowych zastosowano technologię budowy podpór wraz z nasuwaniem podłużnym krok po kroku. Wysunięty wspornikowo odcinek kon-

struktury stalowej przęsł o długości 42 m będzie wykonany bez poprzecznic w celu zmniejszenia ciężaru. Po wysunięciu 27 m poza linię łożysk podpory stałej zostanie wykonana podpora montażowa jako wahacz z sześciu pali rurowych. Następnym krokiem będzie wysunięcie konstrukcji do osi kolejnej podpory stałej, budowa fundamentów na palach o średnicy 120 cm i korpusu podpory. Operacje wysuwania konstrukcji, budowy podpory stałej będą powtarzane w cyklu 4–6-tygodniowym i zakończyłyby się w ciągu 12 miesięcy.

Przy konstrukcji dwudźwigarowej przewidziano budowę niskich pomostów tymczasowych na palach stalowych, usuwanych po zdemontowaniu pomostu. Na wykonane podpory (bez podpór montażowych) będzie nasuwana konstrukcja stalowa przęsł, uprzednio zmontowana na dojeździe do estakady. Możliwe jest wykonanie konstrukcji stalowej wraz z płytą współpracującą i nasuwanie w całości. W obu przypadkach czas budowy konstrukcji obiektu wyniosłby 18 miesięcy.

Wykonanie nasypu drogowego w dolinie Rospudy w przypadku estakady krótszej niż szerokość doliny, będzie przedsięwzięciem trudnym. Ze względu na rodzaj gruntu i ochronę środowiska wyklucza się budowanie nasypu na kolumnach z kruszywa lub z zastosowaniem kontrolowanych wybuchów pirotechnicznych. Zaproponowano wykonywanie nasypu metodą „od czoła”. W celu uzyskania stabilności ujęto wykonanie dodatkowych nasypów bocznych jako przypór nasypu głównego. W czasie przesuwania się do przodu formowanego nasypu grunt torfowy będzie wypychany. Jego nadmiar powinien być usuwany, aby nie deformować przyległego terenu. Budowa nasypu z gruntów przepuszczalnych o współczynniku filtracji  $k > 3,5$  m/d nie spowoduje istotnych zmian poziomu zwierciadła wody gruntowej.



Rys. 8. Schemat formowania nasypu

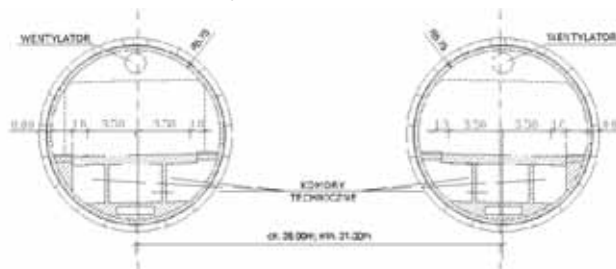
### Tunel po raz drugi

Na prośbę ministra środowiska w 2006 r. w trybie bardzo pilnym opracowano koncepcję wykonania tunelu pod doliną Rospudy. Pomysł i opis techniczny są autorstwa zespołu z Politechniki Warszawskiej, a rysunki i kalkulacje ekonomiczne wykonano w Transprojekt-Warszawa. W koncepcji przewidziano budowę tunelu z zastosowaniem tarczy zmechanizowanej. Ze względu na poziom wody gruntowej konieczna jest tarcza typu zamkniętego.

Zaproponowano tunel o długości 1200 m, w tym 1000 m drażony tarczą i 200 m budowany w ścianach szczelinowych. Wjazdy i wyjazdy w postaci wykopu z murami oporowymi. Metodą tarczową miały być wykonywane dwa równoległe tunele o średnicy drażenia 13,1 m i średnicy wewnętrznej 11,5 m w rozstawie osiowym 21 lub 25 m. Przewidziano obudowę z bloków betonowych o grubości 80 cm oraz wewnętrzną izolację przeciwwodną i warstwę ochronną żelbetową o grubości 50 cm. W każdym z tuneli znajduje się jezdnia o szerokości 7 m i pasy bezpieczeństwa. Maksymalne zagłębienie niowelety tunelu wynosi 15,5 m, a pochylenie podłużne na dojazdach 4%. W tunelu przewidziano system wentylacji mechanicznej z wentylatorami umieszczonymi pod stropem i wentylatory wspomagające przepływ powietrza zasysanego przez portale. Oświetlenie założono w postaci pasm świetlnych.

Ze względu na nawodnione grunty niespoiste w koncepcji przewidziano zastosowanie tarczy plastyfikatorowej typu EPB (*Earth Pressure Balance*). Tarcza jest zamknięta i woda gruntowa nie utrudnia prac. Stateczność przodka tarczy zapewnia grunt urobiony przez głowicę skrawającą. Jej budowa umożliwiła iniekcję plastyfikatora przed głowicę tarczy oraz uzyskanie gruntu o pożądanej plastyczności i nieprzepuszczalności. Strefa, w której pracuje głowica skrawająca, jest komorą roboczą, oddzieloną od po-

zostałej części tarczy, w której panuje ciśnienie atmosferyczne. Grunt jest urabiany przez frezy, wprowadzany do komory roboczej przez otwory w głowicy skrawającej i mieszany z plastyfikatorem. Powstaje w ten sposób pulpa, która wypełnia komorę roboczą i powoduje parcie na przodek. Urobek jest zabierany z komory roboczej przenośnikiem ślimakowym, a następnie transportowany przenośnikiem taśmowym lub wózkami.



Rys. 9. Przekrój poprzeczny tunelu

Tarcza skrawająca jest przesuwana skokowo o 1–1,5 m przez dźwigniki hydrauliczne zamontowane na obwodzie pierścienia oporowego. Przy pomocy erektora montowane są bloki betonowe tworzące obudowę tunelu. Pochód tarczy rozpoczyna się od sztywów startowych wykonanych oddzielnie do każdego tunelu.

Przyjęto, że drażenie tunelu potrwa 18 miesięcy, a pozostałe prace przygotowawcze i wykończeniowe – drugie 18 miesięcy. Na podstawie dostępnej literatury oszacowano koszt budowy tunelu na ok. 0,5 mld zł. Roczne koszty utrzymania wyliczono na 1,5 mln zł.

Wykonano analizę ekonomiczną budowy obwodnicy Augustowa z tunelem i uzyskano następujące wskaźniki ekonomiczne:

- ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu EIRR = 2,2%,
- ekonomiczna wartość bieżąca netto ENPV = -226 198 tys. zł,
- iloraz korzyści i nakładów BCR = 0,60.

Powyższe wskaźniki wykazują, że inwestycja jest ekonomicznie nieopłacalna. Pomimo to minister środowiska zalecił wojewodzie podlaskiemu rozpatrzenie dwóch wariantów: z estakadą i z tunelem przy wydawaniu decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację inwestycji. W rezultacie tunel musiał „przepaść”, bo kto wyłoży pieniądze na nieopłacalną inwestycję.

### Przejścia dla zwierząt

W trakcie opracowywania dokumentacji w różnych stadiach (materiały do decyzji, projekty budowlane, projekty wykonawcze), po konsultacjach, opiniach i uzgodnieniach ostatecznie zaprojektowano następujące obiekty pozwalające na bezkolizyjne przemieszczanie się zwierząt pod lub nad obwodnicą:

- 12 przepustów ekologicznych o średnicy 100 cm,
- 12 przepustów o różnych średnicach lub przekrojach spełniających funkcje hydrologiczno-hydrauliczne i ekologiczne poprzez zastosowanie odpowiednich półek zamontowanych powyżej zwierciadła wody,
- 2 przepusty dla przepędu bydła.

Powyższe obiekty służą do przemieszczania się zwierząt małych i średnich, jak również płazów i gadów. Zwierzęta duże, jak jelenie, łosie, sarny itp. mogą wędrować wzdłuż rzeki Rospudy pod 500-metrową estakadą.

Zgodnie z decyzją o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację inwestycji z 18 października 2006 r. zaprojektowano dodatkowo dwa przejścia dla zwierząt nad obwodnicą, każde o szerokości 60 m. Poza tym zwierzęta średnie i małe mogą się przemieszczać pod mostami wzdłuż rzek Szczeberka i Kamienny Bród, które przy przyczółkach mają zapewnione odpowiedniej szerokości przejścia.

### Literatura

1. Koncepcja mostu przez dolinę rzeki Rospudy. Transprojekt-Warszawa. Warszawa 2001.
2. Koncepcja mostu przez dolinę rzeki Rospudy (Aneks). Transprojekt-Warszawa. Warszawa 2002.
3. Koncepcja tunelu na obwodnicy Augustowa. Transprojekt-Warszawa. Warszawa 2006.