

# Koncepcja rozbudowy trasy tramwajowej we Wrocławiu-Biskupinie

Andrzej Surowiecki, Wojciech Kozłowski

Przedstawiono koncepcję rozbudowy trasy tramwajowej we Wrocławiu, prowadzącej z centrum miasta do położonej w kierunku wschodnim dzielnicy Biskupin. Nowobudowana trasa objęłaby swym zasięgiem osiedle Bartoszowice i osiedla skoncentrowane w rejonie ulic Canaletta i Bacciarellego. Zaproponowano trasę w dwóch wariantach: jako linia dwutorowa i jednotorowa. Omówiono zakres przebudowy istniejącej pętli oraz układ geometryczny pętli nowobudowanej. Przedstawiono propozycję konstrukcji nawierzchni i wzmocnienia podłoża gruntowego.



dr hab. inż.  
Andrzej surowiecki,  
prof. UP, Uniwersytet  
Przyrodniczy we Wrocławiu,  
Instytut Budownictwa



dr inż.  
Wojciech kozłowski,  
Politechnika Opolska,  
Katedra Dróg i Mostów



1. Fragment istniejącej pętli tramwajowej z widokiem na rozgałęzienie rozjazdem toru wewnętrznego od toru głównego

Przedmiotem opracowania jest koncepcja rozbudowy trasy tramwajowej we Wrocławiu, prowadzącej z centrum miasta do położonej w kierunku wschodnim dzielnicy Biskupin. Aktualnie przedmiotowa trasa, obsługująca linie o numerach 1, 2, 4 i 10 jest zakończona pętlą w rejonie skrzyżowania ulicy Olszewskiego z ulicą Norblina.

W latach 70. ubiegłego wieku – w związku z prognozowanym rozwojem urbanistycznym dzielnicy – magistrat miasta Wrocławia podjął plan przedłużenia istniejącej trasy tramwajowej do osiedla Bartoszowice. Obecnie rozbudowywane są osiedla przy ul. Bacciarellego i Canaletta na Biskupinie oraz Bartoszowice, wobec czego realizacja planowanego w przeszłości przedsięwzięcia staje się pożądana.

## Wybrane informacje o warunkach projektowania torowisk tramwajowych [4]

Minimalna szerokość wydzielonego dwutorowego torowiska tramwajowego na szlaku  $S_t$  powinna wynosić:

$$S_t = 2d + 2b + p,$$

gdzie:  $d$  – szerokość taboru tramwajowego [m];  $b$  – zewnętrzny pas bezpieczeństwa [m], mierzony od rzutu pionowego najbardziej wystającej części taboru tramwajowego do ogrodzenia, ściany lub krawędzi jezdni;  $p$  – wewnętrzny pas bezpieczeństwa [m]. Wartość  $b$  powinna wynosić minimum 0,75 m.

Wartość  $p$  jest uwarunkowana następująco: zasadniczo  $p = 0,5$  m; w przypadku ogrodzenia na międzytorzu  $p = 0,5$  m + 0,1 m; gdy na międzytorzu wbudowane są słupy

trakcyjne  $p = 0,5$  m + 0,5 m.

Promień łuku kołowego w planie toru powinien wynosić: na szlaku  $R \geq 50$  m; na skrzyżowaniach, rozjazdach i pętlach  $R \geq 25$  m.

W przypadku prowadzenia toru jednocześnie w łuku pionowym i poziomym, promień łuku poziomego powinien wynosić  $R \geq 200$  m.

Wartości pochyłeń podłużnych toru  $i_{pod}$ :

- $i_{pod} \leq 5\%$  na szlaku, jeżeli eksploatowany tabor ma odpowiednie właściwości trakcyjne;
- $i_{pod} \leq 3\%$  na dojazdach do wiaduktu i estakady,
- $i_{pod} \leq 2,5\%$  na przystanku i na rozjazdach.

Łuki pionowe są stosowane, gdy różnica algebraiczna sąsiednich pochyłeń podłużnych wynosi  $\Delta i_{pod} > 0,6\%$ . Minimalna wartość promienia łuku pionowego  $R_{pion} \geq 2000$  m.



2. Lokalizacja istniejącej pętli oraz projektowanej linii wraz z pętlą [6]



3. Widok na niezabudowaną przestrzeń wzdłuż ulicy Olszewskiego, zlokalizowanej po lewej stronie

### Stan istniejący trasy tramwajowej

Rozbudowa trasy tramwajowej dotyczy odcinka od istniejącej pętli, zlokalizowanej w rejonie skrzyżowań ulicy Olszewskiego z ulicą Norblina i Gersona, w kierunku na wschód do skrzyżowania ulic: Olszewskiego, Bacciarrellego i Bartoszowickiej. Istniejąca pętla składa się z toru zewnętrznego (głównego) i wewnętrznego (umożliwiającego postój lub wyprzedzanie). Fotografia 1 przedstawia pętlę z widokiem na rozjazd, którym jest odgałęziany tor wewnętrzny. W tle widoczne są pawilony handlowe usytuowane wzdłuż ulicy Gersona.

### Koncepcje rozbudowy trasy tramwajowej

Projektowany odcinek trasy byłby prowadzony wzdłuż ulicy Olszewskiego, na terenie niezabudowanym (rys.2). Fotografia 3 ilustruje pas wolnej przestrzeni o szerokości około 20 m, położony równolegle do ulicy

Olszewskiego (po lewej stronie tej ulicy). Jedynie rozbiorka niewielkich i niskich pawilonów handlowych (widocznych na fotografii 1) jest konieczna w przypadku realizowania proponowanej inwestycji.

Zaproponowano przebudowę istniejącej pętli w rejonie ulic Olszewskiego-Norblina-Gersona, w celu wyprowadzenia projektowanej trasy w kierunku Bartoszowic. Opracowano dwie koncepcje przedłużenia trasy tramwajowej. Pierwsza z nich zakłada budowę trasy dwutorowej, która obsługiwałaby trzy z czterech linii tramwajowych, natomiast na istniejącej pętli kończyłaby jazdę tylko jedna linia. W drugiej koncepcji założono budowę trasy jednotorowej, a jej eksploatacja byłaby uaktywniana po stwierdzeniu konieczności w godzinach szczytu przedłużenia drogi kursowania niektórych z czterech istniejących linii.

### Wariant pierwszy: trasa dwutorowa

Rys.4 prezentuje stan projektowany (po

przebudowie) istniejącej pętli w rejonie ulic Olszewskiego-Norblina-Gersona. Układ torów po przebudowie składa się z odcinków prostych, dwóch poziomych łuków kołowych Ł1 i Ł2, dwóch rozjazdów Rz1 i Rz2 oraz skrzyżowania torów. Proponuje się zmodernizowanie istniejącego peronu Nr1 (w zakresie nawierzchni i regulacji wysokościowej) oraz wybudowanie nowych peronów P2 i P3, które będą obsługiwały ruch pasażerski do Bartoszowic (peron P2) i z Bartoszowic (P3) w kierunku centrum.

Projektowaną pętlę, stanowiącą zakończenie nowobudowanego odcinka trasy proponuje się zlokalizować na terenie przyległym do skrzyżowania ulic Olszewskiego, Bacciarrellego i Bartoszowickiej, skierowanym na wschód od tego skrzyżowania. Jest to teren niezabudowany, który stanowi nieużytki (rys.5). Pętla składa się z dwóch torów: zewnętrznego Nr1 (głównego) i wewnętrznego Nr 2, spełniającego funkcję toru postojowego lub mijankowego. Poza odcinkami prostymi pętla zawiera łuki poziome Ł1 i Ł2 oraz dwa rozjazdy zwyczajne: prawy Rz1 i lewy Rz2. Zaprojektowano dwa perony jednokrawędziowe zewnętrzne: P1 przy wjeździe na pętlę i P2 przy wyjeździe z pętli. Całkowita przybliżona długość torów wynosi

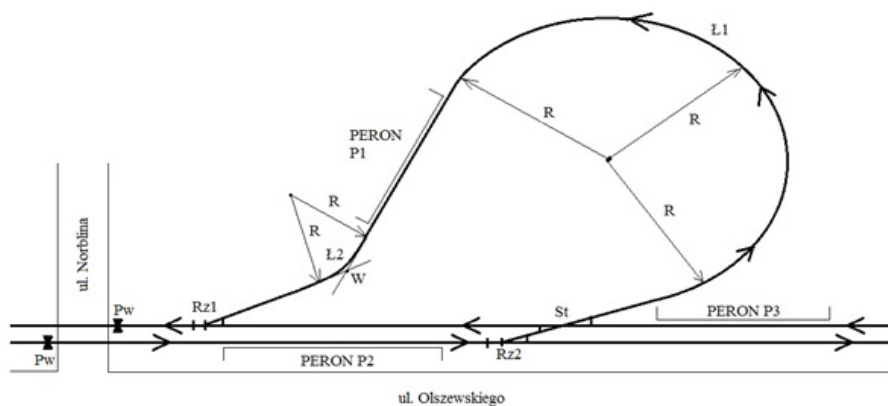
### Wariant drugi: trasa jednotorowa

W założeniu projektu wariantu drugiego przyjęto jak najniższy koszt realizacji. W związku z tym przebudowę istniejącej pętli ograniczono tylko do montażu rozjazdu zwyczajnego lewego Rz2, który umożliwi wyprowadzenie nowobudowanej trasy z toru głównego Nr 1 (rys.6).

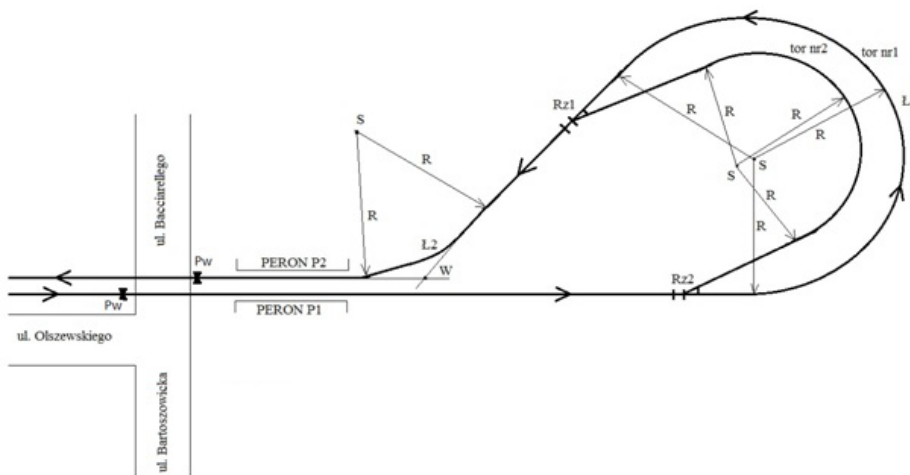
Układ geometryczny pętli będącej zakończeniem trasy jednotorowej zwiiera jeden tor, złożony z odcinków prostych i łuków poziomych Ł1 i Ł2 oraz jeden rozjazd zwyczajny lewy Rz1 (rys.6). Perony zaprojektowano identycznie jako w przypadku wariantu trasy dwutorowej, czyli dwa perony jednokrawędziowe, umożliwiające podróżnym wsiadanie i wysiadanie w obu kierunkach. Całkowita przybliżona długość torów wynosi

### Podłoże toru

Z informacji otrzymanej przez autorów w Urzędzie Geologicznym wynika, że na przedmiotowym terenie zalegają grunty wysadzi nowe, charakteryzujące się modulem odkształcenia o wartości około 25 MPa. Według postanowień Katalogu Drogowego [3], grunty te mogłyby być zaliczone do kategorii G3. Nośność istniejącego podłoża postanowiono doprowadzić do wartości 80 MPa, z uwagi na przewidywane ewentualne eksploataowanie trasy przez szybki tramwaj, nazywany także tramwajem plus. Realizacja projektu tramwaju plus jest już zaawansowana we Wrocławiu na dwóch zasadniczych



4. Plan sytuacyjny (schemat) istniejącej pętli tramwajowej w rejonie ulic Olszewskiego-Norblina-Gersona po przebudowie, Pw – przyrząd wyrównawczy



5. Plan sytuacyjny (schemat) projektowanej pętli tramwajowej w rejonie skrzyżowania ulic Olszewskiego, Bacciarrellego i Bartoszewickiej, dla linii dwutorowej; Pw – przyrząd wyrównawczy

trasach, jednak należy przewidywać rozwój sieci tego tramwaju w przyszłości.

Powiększenie nośności podłoża zaprojektowano w oparciu o zasadę modułu ekwiwalentnego, praktykowanej w kolejnictwie [1d-3]. Schemat problemu przedstawiono na rysunku 8, czyli przekrój pionowy przez konstrukcję podłoża toru tramwajowego na wydzielonym torowisku (założono konstrukcję identyczną z torowiskiem kolejowym).

Metoda polega na oszacowaniu grubości warstwy ochronnej  $h_0$  z materiału (kruszywa) o module odkształcenia  $E_0$ , aby po ułożeniu jej na miejscowym gruncie o module  $E_g$  ekwiwalentny moduł  $E_e$  podłoża mierzony na poziomie warstwy ochronnej, był wyrażony warunkiem:  $E_e \geq E_{epw}$ . Symbol  $E_{epw}$  oznacza moduł odkształcenia wymagany (projektowany) dla podtorza wzmocnionego.

W przedmiotowym zadaniu obowiązują dane:  $E_g = 30$  MPa,  $E_0 = 120$  MPa (przyjęto piasek gruby),  $E_{epw} = 80$  MPa, pokrycie jednowarstwowe o grubości  $h_0$ . Przyjęto  $E_e = E_{epw} = 80$  MPa, wtedy  $E_g / E_0 = 30 / 120 = 0,25$  oraz  $E_e / E_0 = 80 / 120 = 0,67$ . Dla tych ilorazów odczytuje się z nomogra-

mu DORNII iloraz:

$$h_0 / D = 1,32; \quad (1)$$

gdzie  $D = 0,30$  m jest średnicą standardowej płyty stosowanej do próbnych obciążeń. Po podstawieniu wartości  $D = 0,30$  m do wzoru (1) otrzymuje się  $h_0 = 1,32 \cdot D = 0,39$  m. Przyjęto  $h_0 = 0,4$  m.

Z uwagi na znaczną grubość warstwy wzmacniającej, zaleca się rozścielenie dwoma etapami o grubościach 0,2 m, zagęszczając kolejno każdą warstwę po rozłożeniu. Metoda modułu ekwiwalentnego przewiduje także zastosowanie warstwy ochronnej złożonej z dwóch elementów, czyli tzw. pokrycie dwuwarstwowe. Rozpatrując taki przypadek założono dane:  $E_g = 30$  MPa, moduł odkształcenia warstwy ochronnej dolnej  $E_{01} = 150$  MPa, grubość warstwy ochronnej dolnej  $h_{01} = 0,15$  m, moduł odkształcenia warstwy ochronnej górnej  $E_{02} = 180$  MPa,  $E_{epw} = 80$  MPa (ponieważ przyjęto  $E_e = E_{epw}$ ). Poszukiwana jest grubość warstwy ochronnej górnej  $h_{02}$ . Obliczenia wykonuje się w dwóch etapach.

Kolejność postępowania jest następująca:

- 1) obliczenia dla warstwy dolnej  $h_{01}$ :
  - oblicza się iloraz:  $E_g / E_{01} = 30 / 150 = 0,2$ ;
  - z nomogramu DORNII [ ] dla  $h_{01} = 0,15$  m i  $E_g / E_{01} = 30 / 150 = 0,2$  odczytuje się iloraz:  $E_{e1} / E_{01} = 0,35$ ;
  - na podstawie powyższego ilorazu oblicza się moduł ekwiwalentny dla podtorza wzmocnionego jedną warstwą (dolną):  $E_{e1} = 0,35 \cdot E_{01} = 0,35 \cdot 150 = 52,5$  MPa;
- 2) obliczenia dla warstwy górnej  $h_{02}$  (zamiast  $E_g$  przyjmuje się  $E_{e1} = 52,5$  MPa):
  - oblicza się ilorazy:  $E_{e1} / E_{02} = 52,5 / 180 = 0,29$ ;
  - $E_{e2} = E_{epw} / E_{02} = 80 / 180 = 0,44$ ;
  - dla powyższych ilorazów z nomogramu DORNII odczytuje się:

$$h_{02} / D = 0,43 \quad (2)$$

Po podstawieniu wartości  $D = 0,30$  m do wzoru (2) otrzymuje się  $h_{02} = 0,43 \cdot D = 0,13$  m.

Łączna grubość warstwy ochronnej wynosi:  $h_{01} + h_{02} = 0,15 + 0,13 = 0,28$  m.

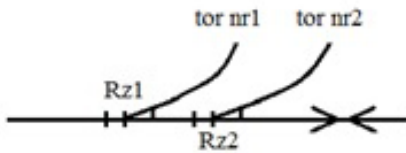
Istnieje możliwość wzmocnienia podłoża pod konstrukcją toru sposobem podanym w Katalogu Drogowym [3], który zaleca w przypadku podłoża grupy nośności G3 zastosowanie warstwy o grubości  $h_0 = 0,15$  m z gruntów stabilizowanych spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym) o wytrzymałości na ściskanie  $R_m = 2,5$  MPa. Ponadto zaleca się rozścielenie maty geosyntetycznej na poziomie istniejącego wysadzinowego podłoża, która spełni rolę warstwy separacyjnej.

## Nawierzchnia

Na wydzielonym torowisku, które proponuje się wykonać na terenie niezabudowanym wzdłuż ulicy Olszewskiego (fot.3), projektowana nawierzchnia byłaby typową współczesną konstrukcją toru kolejowego bezstykowego, tj. złożoną z warstw (licząc od góry): szyny tramwajowe typu 180S, podkłady typowo tramwajowe, podsypka (tłuczeń kamienny 0/63 mm) o grubości warstwy  $ht = 0,25$  m; warstwa ochronna (wzmacniająca), mata geosyntetyczna jako warstwa separacyjna, podłoże gruntowe istniejące.

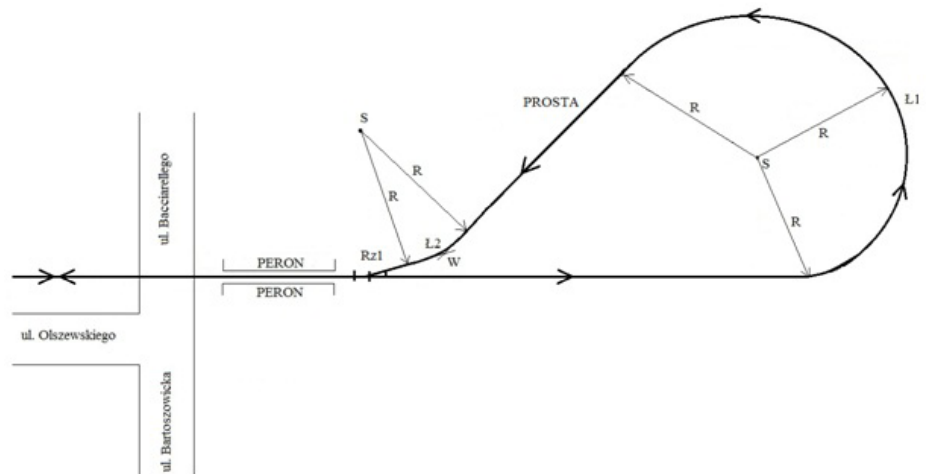
Zaleca się zainstalowanie urządzeń dyfuzyjnych w torze wg zaleceń Rozporządzenia [4], redukujących przekazywanie sił poziomych (generowanych zmianą temperatury) pochodzących z toru na nawierzchnię drogową. Urządzenia te byłyby zlokalizowane (rys. 4 i 5) na trasie dwutorowej:

- od strony zachodniej przed najazdem na skrzyżowanie ulic Olszewskiego-Norblina w torze prowadzącym z kierunku centrum,
- od strony wschodniej przed najazdem na skrzyżowanie ulic Olszewskiego-Norblina w torze prowadzącym do centrum,
- od strony zachodniej przed najazdem na

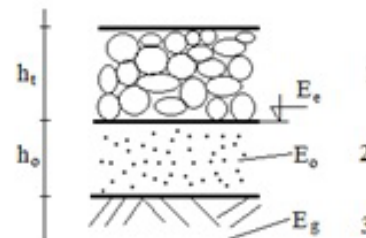


## 6. Fragment układu torów istniejącej pętli tramwajowej i zakres przebudowy:

- Rz1 – istniejący rozjazd na odgałęzieniu toru wewnętrznego Nr2 od toru głównego Nr1;
- Rz2 – projektowany rozjazd umożliwiający wyprowadzenie nowobudowanej trasy z toru głównego Nr 1



7. Plan sytuacyjny (schemat) projektowanej pętli tramwajowej w rejonie skrzyżowania ulic Olszewskiego, Bacciarrellego i Bartoszowickiej, w przypadku trasy jednotorowej



8. Przekrój pionowy przez konstrukcję podłoża toru pod podkładem:  
 1 - podsypka tłuczniowa o grubości warstwy  $h_t$ ;  
 2 – pojedyncza warstwa ochronna o grubości  $h_o$ ;  
 3 – miejscowy grunt podtorza

skrzyżowanie ulic Olszewskiego-Bacciarrellego-Bartoszewicka w torze prowadzącym z kierunku centrum,

- od strony wschodniej przed najazdem na skrzyżowanie ulic Olszewskiego-Bacciarrellego-Bartoszewicka w torze prowadzącym do centrum.

W obrębie skrzyżowania ulic Olszewskiego-Bacciarrellego-Bartoszewicka nawierzchnia byłaby wbudowana w jezdnię i wykonana z szyn tramwajowych rowkowych typu 180S, podpartych w sposób nieciągły.

W strefie między szynami proponuje się nawierzchnię o układzie warstw (licząc od góry):

- kostka kamienna, wysokość 0,18 m;
- podsypka cementowo-piaskowa o grubości 0,025 m;
- płyta betonowa B25, grubość 0,25 m;
- tłuczeń kamienny 0/63 mm o grubości warstwy 0,3 m;
- warstwa filtracyjna o grubości 0,2 m, piasek gruboziarnisty.

Układ warstw (licząc od góry) w przekroju pod szyną, w strefie podpór:

- przekładka gumowa 10 mm,
- podkładka podszynowa stalowa żebrowana PT180, przytwierdzenie szyny do podkładki SKL12; przytwierdzenie podkładki do płyty betonowej B25 przy zastosowaniu dybli i wkretów,
- przekładka gumowa 8 mm pomiędzy podkładką PT180 a płytą betonową B25.

W przekroju pod szyną, poza podporami: przekładka z asfaltu lanego 2,5 cm pomiędzy stopką szyny i płytą betonową B25. Przekładkę należy obustronnie obudować tzw. oporami betonowymi.

Przestrzeń pomiędzy nawierzchnią drogową a szynami należy wypełnić typowymi bloczkami betonowymi prefabrykowanymi oraz bitumiczną masą zalewową.

## Podsumowanie

Przedstawiona koncepcja rozbudowy trasy tramwajowej we Wrocławiu, prowadzącej z centrum miasta do położonej w kierunku wschodnim dzielnicy Biskupin nie jest no-

wością. Pomysł ten, pochodzący z lat 70. XX wieku należy do magistratu wrocławskiego, natomiast autorzy niniejszego opracowania podjęli próbę urzeczywistnienia tego planu, który mógłby usprawnić komunikację zbiorową wschodniego fragmentu miasta. Nowobudowana trasa objęłaby swym zasięgiem osiedle Bartoszowice i osiedla skoncentrowane w rejonie ulic Canaletta i Bacciarrellego.

Wobec tego, że rozwiązanie ma charakter koncepcji, nie zaprojektowano odwodnienia. Odwodnienie należałoby ująć w projekcie budowlanym. ◀

## Materiały źródłowe:

- [1] Id-1 (D-1) Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2005
- [2] Id-3 Warunki Techniczne utrzymania podtorza kolejowego. PKP PLK S.A., Warszawa 2009
- [3] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych, GDDP, Warszawa 2001
- [4] Rozporządzenie MTiGM z dn. 10.09.1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie. Dz. U. R.P. Nr 151, 15.12.1998 r.
- [5] Rozp. M.T.iG.M. z dn. 2.03.1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Dz. U. R.P. Nr 43, Warszawa, 14.05.1999
- [6] <http://maps.google.pl/maps?hl=pl&tab=wI>