



**TRAMWAJE
WARSZAWSKIE**
Przyjazne ludziom i miastu

Wymagania techniczne i ich wpływ na infrastrukturę

Nowoczesne tramwaje dla Warszawy

Paweł Rzeszódko

Członek Zarządu ds. przewozowych

24.04.2025 r.



W Specyfikacji Warunków Zamówienia określonych dla postępowania ogłoszonego przez Tramwaje Warszawskie na zakup nowych niskopodłogowych tramwajów znajduje się szereg wymagań, które można uznać za **przyjazne dla infrastruktury torowej oraz sieciowej**, ponieważ ograniczają zużycie torowiska, minimalizują oddziaływanie dynamiczne tramwaju i wspierają długotrwałą, bezawaryjną eksploatację.



Rozwiązania wdrażane z myślą o infrastrukturze:

1. Budowa szkieletu przedziału

- Wiele współczesnych tramwajów posiada szkielety przedziału o maksymalnej szerokości 180 cm, co umożliwia łatwą wymianę i naprawę elementów konstrukcyjnych.
- Ograniczenie masy konstrukcyjnej tramwaju – za pomocą wykorzystania sprężyn montowanych w osiach.
- Skonkretnienie szkieletu kół.

2. Ograniczenie podłogi kół

- System wykrywania i eliminacji podłóg kół przy ruchu i hamowaniu dzięki stałemu monitorowaniu predyspozycji obrótowej kół.
- Układ podłożenia umożliwiający automatyczne lub ręczne podważanie podłogi na szynach przed kolami w celu zwiększenia ich przyczepności w warunkach podłoża rozluźnienia i hamowania, w tym w warunkach szkieletu toru.

3. Obciążenie tramwaju

- Masa tramwaju oraz rodzaj obciążenia wpływają na naciski wywierane na torowisko. Pojazdy z nadmiernym rozkładem masy generują wielkie naciski, co może prowadzić do zwiększonego zużycia nawierzchni torowej i podłoża.
- Kryteria oceny ofert: TV korosionoodporna w warunkach przetrwania minimalizująca naciski wywierane przez poszczególne osie tramwajów na torowisko.

4. Zakup tramwajów dwukierunkowych

- Różnorodność nacisków i obciążenia: Wykorzystanie tramwajów dwukierunkowych pozwala na równomierne zużycie torowisk, w tym kół, co skutkuje lepszą wydolnością szlaku i infrastruktury.
- Obciążenie toru: Linie dwukierunkowe produkują tramwaje dwukierunkowe umożliwiające obsługę tras bez konieczności budowy dodatkowych pętli, co przynosi korzyści infrastrukturalne.
- Zapewnienie obsługi szkieletu toru podczas wymagalności: Dzięki wykorzystaniu nacisków i obciążenia możliwe jest utrzymanie ruchu na szkieletach linii tramwajowych posiadających 1 poziom i więcej linii i podłoża.

5. Analiza oddziaływań dynamicznych – skrajna, wykolejenie, zużycie

Obowiązkowa analiza bezpieczeństwa przed wyłączeniem, rozkładu sił kół – szyna i zachowanie tramwaju w trudnych warunkach geometrycznych (kół typu „J”).

Wymóg analizy współpracy tramwaju z lokami o promieniu nawet 18 m.

6. Zasobnik energii (superkondensator) i rekuperacja

- Tramwaje muszą być wyposażone w układ pokładowego zasobnika energii zbudowanego na bazie superkondensatorów.
- Tramwaje muszą mieć możliwość rekuperacji energii elektrycznej podczas hamowania w granicach napięcia sieci trakcyjnej 400-750 V.
- Wysokie wymagania dotyczące parametrów pracy tramwajów.

7. Automatyczne opuszczenie odbioru prądu w sytuacjach awaryjnych

- Automatyczne opuszczenie odbioru prądu w przypadku przekroczenia maksymalnej dozwolonej prędkości jazdy.

8. Utrzymanie taboru

Bezpieczeństwo eksploatacji taboru: Specyficzne warunki eksploatacji taboru w tramwajach wymagają specjalnych środków utrzymania taboru oraz jego eksploatacji. Kluczowe elementy, które nie mogą być pominięte, to:

- Obciążenie kół.
- Właściwy rozkład nacisków.
- Właściwy rozkład sił kół.
- Właściwy rozkład sił kół.
- Właściwy rozkład sił kół.

Wszystkie elementy muszą być regularnie kontrolowane i konserwowane.



1. Budowa wózków jezdnych

- ❖ Wózki napędowe muszą posiadać możliwość **obrotu o co najmniej $\pm 10^\circ$** względem osi tramwaju.
- ❖ **Ograniczenie masy nieusprężynowanej** tramwaju – zakaz wykorzystania silników montowanych w/na kołach.
- ❖ Smarowanie obrzeży kół.

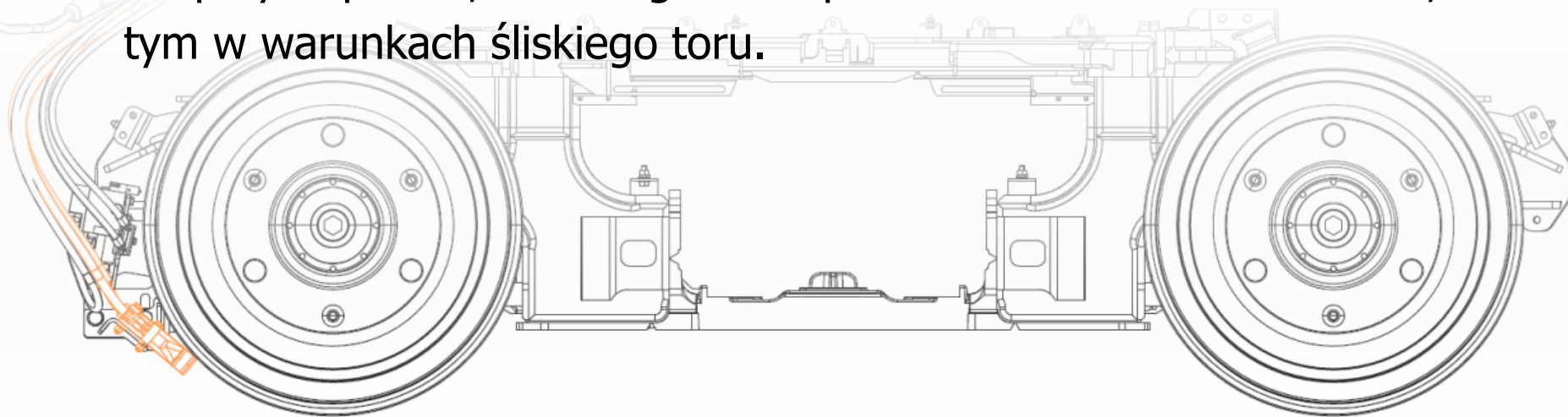


Wpływ na infrastrukturę torową

- ❖ **Redukcja oddziaływania na torowisko:**
Dzięki podatności wózków skrętnych, które **lepiej wpisują się w łuki** niż wózki sztywne, zamontowane w nich zestawy kołowe w mniejszym stopniu oddziałują na torowisko, **redukując tarcie obrzeży** kół o główki szyn.
- ❖ **Zmniejszenie tarcia i hałasu:**
Dodatkowe **zmniejszenie współczynnika tarcia** pomiędzy obrzeżami kół i główkami szyn dzięki zastosowaniu smarów pozwala na **ograniczenie zużycia** tych elementów oraz ograniczenie hałasu.

2. Ograniczenie poślizgu kół

- System **wykrywania i eliminacji poślizgów kół** przy rozruchu i hamowaniu dzięki stałemu monitorowaniu prędkości obrotowej kół.
- Układ piaskowania umożliwiający **automatyczne lub ręczne podawanie piasku** na szyny tuż przed kołami w celu zwiększenia ich przyczepności, w szczególności podczas ruszania i hamowania, w tym w warunkach śliskiego toru.





Wpływ na infrastrukturę torową

- ❖ **Zmniejszenie ryzyka wytarcia na szynach:**
Eliminacja poślizgów zapobiega powstawaniu głębokich wytarcia na szynach, co znacząco przedłuża ich trwałość i zmniejsza częstotliwość wymiany szyn.
- ❖ **Dłuższa trwałość torowiska:**
Mniejsze zużycie szyn i podtorza przyczynia się do obniżenia kosztów utrzymania infrastruktury tramwajowej.
- ❖ **Minimalizacja "płaskich miejsc" na kole:**
Układ wykrywania i eliminacji poślizgów zmniejsza możliwość wystąpienia nieprawidłowości na styku koło-szyna, tj. "płaskie miejsca" na profilu tocznym koła.



3. Obciążenie tramwaju

Masa tramwaju oraz rozkład obciążenia wpływają na **naciski wywierane na torowisko**. Pojazdy o niekorzystnym rozkładzie mas generują większe naciski, co może prowadzić do **szybszego zużycia nawierzchni torowej i podtorza**.

❖ Kryteria oceny ofert:

TW konsekwentnie w swoich przetargach **premiują minimalizację nacisków** wywieranych przez poszczególne osie tramwajów na torowisko.



4. Zakup tramwajów dwukierunkowych

❖ **Równomierne zużycie układów biegowych:**

Wykorzystanie tramwajów dwukierunkowych przekłada się na równomierne zużycie układów biegowych, w tym kół, co skutkuje lepszą współpracą taboru i infrastruktury.

❖ **Obsługa tras bez konieczności przebudowy:**

Tramwaje dwukierunkowe umożliwiają obsługę trasy bez konieczności budowy dodatkowych pętli, co zmniejsza potrzeby infrastrukturalne.

❖ **Zapewnienie obsługi odcinków tras podczas remontów:**

Dzięki wykorzystaniu rozjazdów nakładkowych możliwe jest utrzymanie ruchu na odcinkach linii tramwajowych podzielonych z powodu remontów i modernizacji.



5. Analiza oddziaływań dynamicznych – skrajnia, wykolejenie, zużycie

Obowiązkowa analiza bezpieczeństwa przed wykolejeniem, rozkładu sił koło – szyna i zachowania tramwaju w trudnych układach geometrycznych (łuki typu „S”).

**Wymóg analizy współpracy tramwaju
z łukami o promieniu nawet 18 m.**



Wpływ na infrastrukturę torową

❖ **Zmniejszenie zużycia torowisk:**

Uwzględnienie torowisk o bardzo małych promieniach oraz układów „S” pozwala na projektowanie wózków i nadwozi mniej zużywających torowisko.



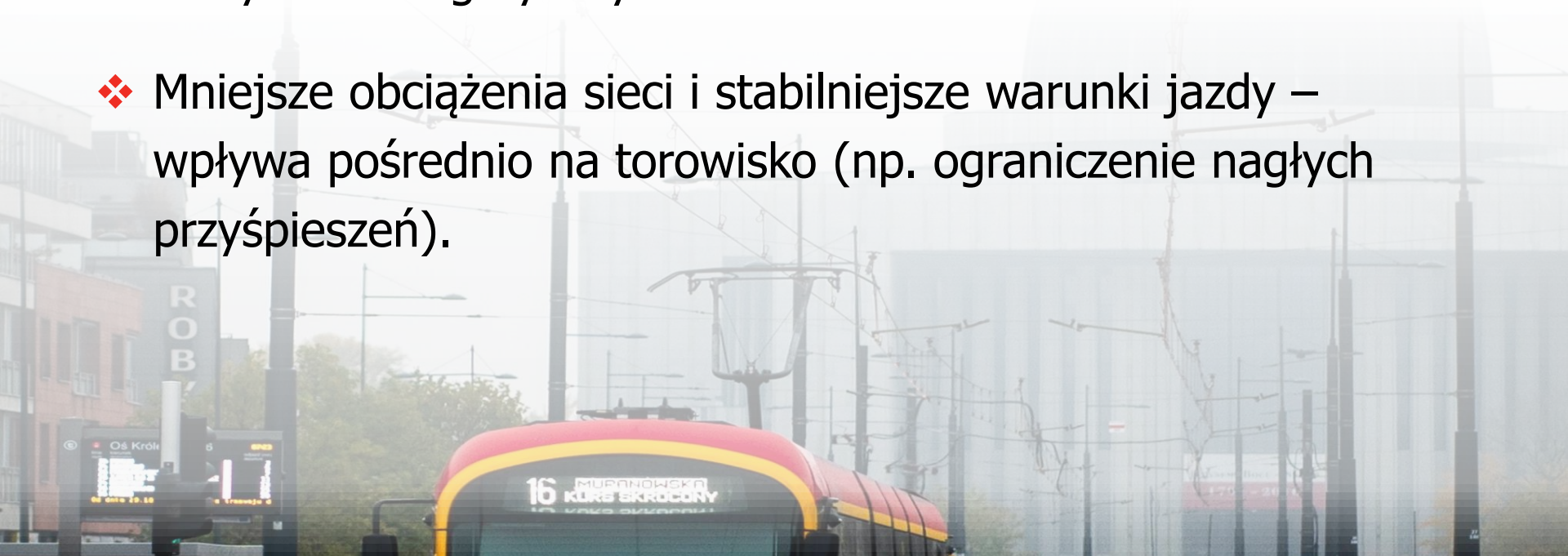
6. Zasobnik energii (superkondensator) i rekuperacja

- Tramwaje muszą być **wyposażone w układ pokładowego zasobnika energii** zbudowanego na bazie superkondensatorów.
- Tramwaje muszą mieć **możliwość rekuperacji energii** elektrycznej podczas hamowania w granicach napięcia sieci trakcyjnej 400÷750 V.
- Wysokie wymagania dotyczące parametrów pracy tramwaju.



Wpływ na infrastrukturę sieciową oraz torową

- ❖ **Zmniejszenie poboru prądu** trakcyjnego i ograniczenie szczytów energetycznych.
- ❖ Mniejsze obciążenia sieci i stabilniejsze warunki jazdy – wpływa pośrednio na torowisko (np. ograniczenie nagłych przyśpieszeń).





7. Automatyczne opuszczenie odbieraka prądu w sytuacjach awaryjnych

- ❖ **Automatyczne opuszczenie odbieraka prądu** w przypadku przekroczenia maksymalnej dozwolonej wysokości jego rozłożenia.





Wpływ na infrastrukturę sieciową

- ❖ **Ochrona kolejnych odcinków sieci:**

W przypadku miejscowego zerwania sieci.

- ❖ **Samoczynne opuszczenie odbieraka prądu:**

W przypadku brak kontaktu odbieraka z siecią (np. podczas obsługi odcinka bez sieci trakcyjnej w sposób autonomiczny) samoczynne opuszczenie pantografu zapobiegnie jego kolizji z siecią przy wjeździe na następny odcinek w nią wyposażony.



8. Utrzymanie taboru

❖ **Bezpośredni wpływ kondycji taboru:**

Specyfikacja przetargowa nakłada na Wykonawcę obowiązek zdefiniowania planu utrzymania tramwajów wraz ze szczegółową dokumentacją utrzymaniową. Dzięki temu kluczowe elementy, których stan przekłada się na prawidłową współpracę tramwajów z infrastrukturą, w tym m. in.:

- Obręcze kół,
- Nakładki ślizgowe odbieraka prądu,
- Elementy usprężynowania I. i II. stopnia,
- Elementy układu napędowego,
- Urządzenia magazynujące energię,

będą kontrolowane w założonym cyklu przeglądowym.



**TRAMWAJE
WARSZAWSKIE**

Dziękujemy za uwagę

Paweł Rzeszódko

Członek Zarządu ds. Przewozowych

przeszodko@tw.waw.pl



**TRAMWAJE
WARSZAWSKIE**

Tramwaje Warszawskie sp. z o.o.

ul. Siedmiogrodzka 20

01-232 Warszawa

TEL. +48 22 534 43 30

tw@tw.waw.pl

www.tw.waw.pl