

NATALIA CZOŁGOSZ

Koła Naukowego Transportu Szynowego działającego w Politechnice Wrocławskiej, e-mail: nataliaczolgosz@gmail.com

DANIEL KARPOWICZ

Koła Naukowego Transportu Szynowego działającego w Politechnice Wrocławskiej, e-mail: daniel_karpowicz@wp.pl

KLAUDIA BERUS

Koła Naukowego Transportu Szynowego działającego w Politechnice Wrocławskiej, e-mail: klaudiaberus@gmail.com

Wpływ wysokości podłogi na czas wymiany pasażerskiej w tramwajach¹

Streszczenie: Artykuł omawia wpływ wysokości podłogi tramwaju oraz wysokości peronu na czas wymiany pasażerskiej i, w konsekwencji, na uzyskiwane czasy przejazdów tramwajów. Badania zostały przeprowadzane na tramwajach Skoda 16T i 19T, Moderus Beta, Konstal 105NaWr, Protram 205WrAS, na wielu liniach i przystankach Wrocławia, w różnych porach doby. Analiza wyników wykazała, że wpływ ten nie jest znacząco istotny.

Słowa kluczowe: tramwaj wysokopodłogowy, tramwaj niskopodłogowy, wymiana pasażerska.

Wprowadzenie

Celem niniejszego artykułu była analiza tezy stawianej przez jedną ze stron trwającej od dłuższego czasu dyskusji środowisk związanych z wrocławską komunikacją zbiorową. Debatę zapoczątkowano po rozstrzygnięciu przetargu na nowy tabor szynowy dla miejskiego przewoźnika. W jego wyniku zaplecze taborowe MPK Wrocław powiększyło się o dwa typy tramwajów Moderus Beta: MF 19AC i MF 24AC. W sumie w latach 2015–2019 na wrocławskich torach pojawiło się 46 tramwajów obu typów. Główną kwestią podnoszoną w dyskusjach była wysokość podłogi w nowych pojazdach: tramwaje typu Moderus Beta posiadają tylko jedne drzwi w obszarze niskiej podłogi, która stanowi tylko 25% powierzchni podłogi dostępnej dla pasażerów. Zwolennicy wyboru tego typu tramwajów wskazywali na konieczność szybkiej wymiany parku taborowego miejskiego przewoźnika i niższe koszty zakupu w stosunku do tramwajów w całości niskopodłogowych. Ich oponenty twierdzili, że MPK nie powinno kupować tramwajów z tak małym udziałem niskiej podłogi, jako argumenty podając m.in. komfort korzystania z pojazdów, dostępność dla osób o ograniczonej sprawności, z wózkami dziecięcymi, większym bagażem oraz czasem wymiany pasażerskiej, który miał być dłuższy w tramwajach wysokopodłogowych [1] [2]. Celem artykułu jest weryfikacja tezy o krótszym czasie wymiany pasażerskiej w przypadku obsługi połączenia taborem w pełni niskopodłogowym.

Założenia do pomiarów

Typy tramwajów

Do celów badawczych tramwaje kursujące we Wrocławiu zostały podzielone na dwie grupy. Pierwszą grupę stanowią

tramwaje określone jako wysokopodłogowe, do których zaliczono:

- różne warianty modernizacji tramwaju Konstal 105Na, w tym Protram 105NaWr (za wyjątkiem tramwajów bez drzwi odskokowo przesuwanych, posiadające trzy pary drzwi na wagon);
- tramwaje Protram 205WrAS oraz Protram 204WrAS,
- tramwaje Moderus Beta (ze względu na niewielki udział powierzchni niskopodłogowej).

Drugą grupę stanowią tramwaje określone jako niskopodłogowe:

- Skoda 16T,
- Skoda 19T.

W artykule zrezygnowano z prowadzenia porównania dla pozostałych modeli, takich jak Pesa Twist 2010N czy tramwaje zabytkowe, ze względu na ich niewielki udział ilościowy w eksploatowanym we Wrocławiu taborze oraz parametry wejść i wysokości podłogi znacznie odróżniające je od pozostałych typów.

Ze względu na parametry techniczne pierwszą grupę stanowią tramwaje w całości wysokopodłogowe lub posiadające tylko jedno drzwi niskopodłogowe, o 4 lub 5 parach drzwi dwuskrzydłowych i jednej jednoskrzydłowej, z drzwiami odskokowo – przesuwными, o zbliżonej wysokości wysokiej podłogi, z dwoma wąskimi stopniami między podłogą a drzwiami. Drugą grupę stanowią dwa bliźniacze modele. Tramwaje Skoda 16T i 19T różnią się od siebie głównie układem wnętrza oraz liczbą kabin motorniczego: Skoda 16T jest tramwajem jednokierunkowym z pojedynczą kabiną, natomiast Skoda 19T jako pojazd dwukierunkowy jest wyposażona w dwie kabiny. Są to tramwaje o 4 parach drzwi dwuskrzydłowych niskopodłogowych oraz dwóch parach drzwi jednoskrzydłowych w części wysokopodłogowej. Część wysokopodłogowa jest znacznie niżej nad główką szyny niż w pierwszej grupie tramwajów i, aby się do niej dostać, pasażer musi pokonać tylko jeden szeroki i niski stopień.

Wybór badanych drzwi

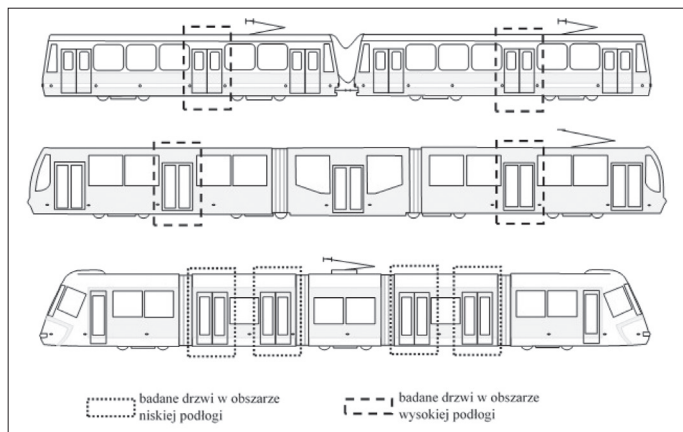
Badania przeprowadzono w obszarze tylko jednych, wybranych drzwi tramwaju. Taki tryb pomiarów ma zminimalizować różnicę pomiędzy poszczególnymi tramwajami tylko

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2020. Procentowy udział wkładu autorów w publikację: N. Czołgosz 34%, D. Karpowicz 33%, K. Berus 33%.

do wysokości podłogi oraz zwiększyć dokładność pomiarów. Do pomiarów zostały wskazane:

- w przypadku tramwajów wysokopodłogowych:
 - drzwi środkowe wagonów w tramwajach dwuwagonowych,
 - drzwi 2 i 4, licząc od czoła tramwaju, w składach 3-członowych;
- w przypadku tramwajów niskopodłogowych:
 - wszystkie dwuskrzydłowe drzwi tramwajów.

Rysunek 1 ilustruje rozmieszczenie badanych drzwi w poszczególnych typach tramwajów.



Rys. 1. Rozmieszczenie badanych drzwi w tramwajach, kolejno od góry: Konstal 105Na i pochodne, Moderus Beta/Protram 205WrAS, Skoda 16T/19T

Dla tramwajów wysokopodłogowych wybór powyższych drzwi miał na celu wyeliminowanie drzwi niskopodłogowych (dla tramwajów 205WrAS i Moderus Beta), wyeliminowanie drzwi jednoskrzydłowych, wyeliminowanie drzwi skrajnych, w których pasażerowie mają tylko jeden kierunek rozchodzenia się po wnętrzu tramwaju oraz, które ze względu na skos pudła wagonu, są bardziej oddalone od krawędzi peronu niż pozostałe.

Dla tramwajów niskopodłogowych wybór powyższych drzwi miał na celu wyeliminowanie drzwi skrajnych – jednoskrzydłowych. Za pozostałymi drzwiami układ wnętrza jest zbliżony w obu typach tramwajów, dlatego nie zostały one rozróżnione podczas pomiarów.

Metodyka pomiarów

Zmierzono czas wymiany pasażerskiej, bez innych elementów składających się na czas postoju pojazdu takich jak:

- czas od zatrzymania pojazdu do uaktywniania możliwości otwarcia drzwi (w przypadku programacji) lub do naciśnięcia przycisku otwierania drzwi przez motorniczego,
- czas pomiędzy uaktywnieniem możliwości otwarcia drzwi a naciśnięciem przycisku przez pasażera,
- czas otwierania drzwi,
- czas pomiędzy zakończeniem wymiany pasażerskiej a rozpoczęciem zamykania drzwi,
- zamykanie drzwi,
- zaryglowanie drzwi i odblokowanie możliwości jazdy tramwaju.

Aby wyeliminować wpływ pozostałych czynności na otrzymywane wyniki, pomiar czasu wymiany pasażerskiej był rozpoczynany w chwili rozwarcia się drzwi na szerokość zbliżoną do szerokości ludzkich ramion, a jego zakończenie następowało w chwili przekroczenia obrysu pudła przez ostatniego z pasażerów z pierwszej „fali” wymiany pasażerskiej. Dzięki temu udało się uniknąć wpływu czasu pomiędzy pierwszą grupą pasażerów a pasażerami dobiegającymi lub dochodzącymi do tramwaju już podczas jego postoju.

Oprócz pomiaru czasu oraz zliczania liczby pasażerów podczas obserwacji odnotowywano także występowanie dodatkowych okoliczności, które mogły wpłynąć na czas wymiany pasażerskiej: zatłoczenie tramwaju, przemieszczanie się pasażerów o ograniczonej sprawności ruchowej oraz osób wprowadzających do pojazdu wózki dziecięce; dodatkowo uwzględniono wysokość peronu dla poszczególnych pomiarów – we Wrocławiu znajdują się przystanki, z których wejście do pojazdu rozpoczyna się z wysokości główki szyny. Takie rozwiązanie zastosowano między innymi w obszarze jednego z największych wrocławskich węzłów przesiadkowych – przystanku plac Grunwaldzki, który obsługuje przesiadki na autobusy m.in. w kierunku nieobjętej siecią tramwajową dzielnicy Psie Pole, część autobusów podmiejskich, a dodatkowo znajduje się w otoczeniu dużych generatorów potoków pasażerskich, jakimi są kampusy trzech wrocławskich uczelni, biurowce oraz centrum handlowe.

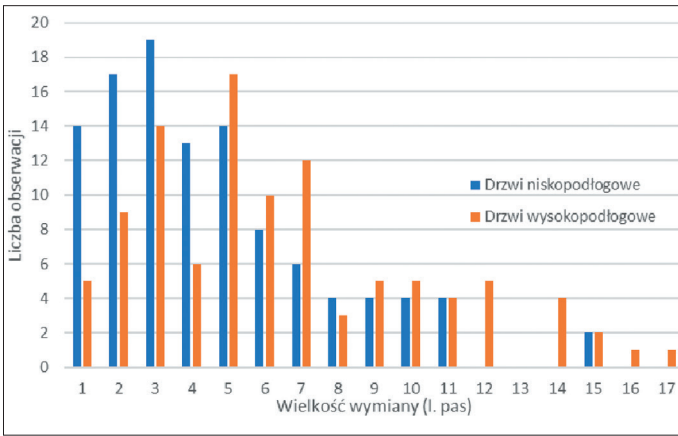
Dodatkowo na mniejszej próbie przeprowadzono pomiary preferowanych przez pasażerów drzwi, którymi najchętniej wsiadają do tramwajów, oraz jak kształtuje się maksymalna wymiana pasażerów przypadająca na jedne drzwi. Na poszczególnych przystankach sprawdzano, jaka była największa liczba wsiadających i wysiadających pojedynczymi drzwiami. To właśnie ta wartość determinuje całkowity czas wymiany pasażerskiej pojazdu.

Przebieg pomiarów

Pomiary przeprowadzono w dniach 6 stycznia–10 lutego 2020 w różnych porach doby, obejmowały zasięgiem wszystkie regularne linie tramwajowe we Wrocławiu. Większość pomiarów skupiona była w okolicach centrum miasta, Dworca Głównego, placu Grunwaldzkiego oraz ulicy Legnickiej, jednak całościowy obszar badań obejmuje swoim zasięgiem zdecydowaną większość wrocławskiej sieci tramwajowej.

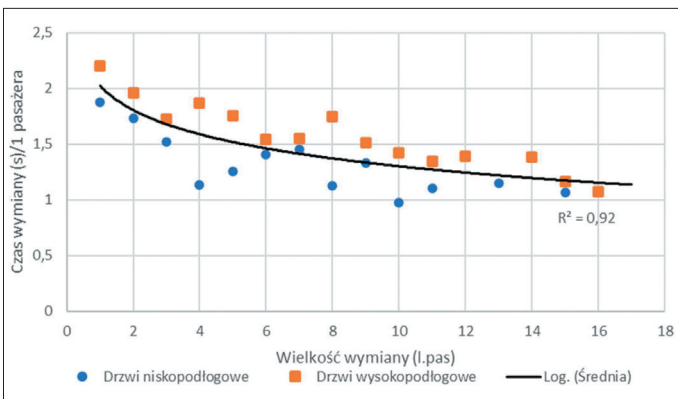
Wyniki pomiarów

Poniższe wykresy prezentują wyniki przeprowadzonych pomiarów, obrazując liczbę osób wsiadających i wysiadających w określonym czasie lub czas potrzebny na wejście i wyjście z pojazdu określonej liczby osób. Przeprowadzono ponad 200 pomiarów tak, aby liczba pomiarów dla tramwajów wysoko- i niskopodłogowych przekraczała 100, z czego około 1/3 pomiarów odbyło się na przystankach z peronem na wysokości główki szyny, dalej nazywanym niskim peronem. Wykres przedstawiony na rysunku 2 prezentuje strukturę zbadanych wymian. Dominowały wymiany w zakresie od 1 do 7 pasażerów, wartości te stanowiły ponad 75% wszystkich pomiarów.



Rys. 2. Struktura zaobserwowanych wymian pasażerskich

Pierwszą analizą przeprowadzoną na wynikach badań było określenie, jak liczba wymienianych na przystanku pasażerów wpływa na całościowy czas wymiany. Wykres na rysunku 3 pokazuje, że im większa wymiana, tym krótszy czas przypada na jednego pasażera, niezależnie od typu drzwi. Gdy wielkość wymiany pasażerskiej wynosi 1 osobę, czas na nią potrzebny to średnio około dwóch sekund, podczas gdy przy wymianie 10 pasażerów czas ten spada do około 1,4 sekundy.



Rys. 3. Wykres zależności tempa wymiany pasażerskiej od wielkości wymiany

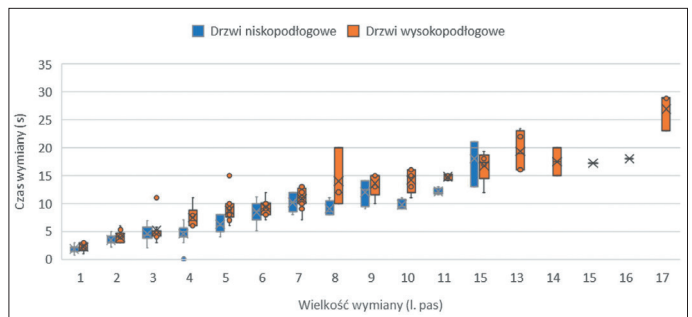
Jednocześnie można zauważyć, iż w przypadku drzwi niskopodłogowych tylko dwa punkty znajdują się powyżej logarytmicznej linii trendu dla średniej z obu typów drzwi, podczas gdy dla drzwi wysokopodłogowych tylko dwa punkty znajdują się poniżej tej linii.

Wpływ wysokości podłogi na czas wymiany pasażerskiej

Jak wynika z tabeli 1 oraz z rysunku 4, niezależnie od liczby pasażerów wsiadających i wysiadających, w przypadku drzwi niskopodłogowych, czas wymiany pasażerskiej jest krótszy średnio o 2 sekundy, a więc o około 20%. Średnie odchylenie standardowe jest większe w przypadku drzwi wysokopodłogowych. Najprawdopodobniej wynika to z faktu, że w przypadku osób o ograniczonej mobilności, starszych, poruszających się o kulach lub z ciężkim bagażem, wysokość podłogi za drzwiami tramwaju miała większe znaczenie niż w przypadku osób w pełni mobilnych.

Tabela 1

Czas wymiany pasażerskiej zależnie od wielkości wymiany i typu drzwi				
Wielkość wymiany [liczba pasażerów]	Drzwi niskopodłogowe		Drzwi wysokopodłogowe	
	średni czas [s]	odchylenie standardowe	średni czas [s]	odchylenie standardowe
1	1,9	0,6	2,2	0,7
2	3,5	0,8	3,9	1,0
3	4,6	1,2	5,2	1,8
4	4,5	1,7	7,5	1,8
5	6,3	1,3	8,8	1,9
6	8,5	1,9	9,2	1,4
7	10,2	1,6	10,9	1,7
8	9,0	1,2	14,0	4,3
9	12,0	2,1	13,6	2,0
10	9,8	0,8	14,2	1,9
11	12,1	0,5	14,8	0,5
Średnia:	7,5	1,3	9,5	1,7



Rys. 4. Czas wymiany pasażerskiej zależnie od wielkości wymiany i typu drzwi

Podczas pomiarów zaobserwowano, że już jedna taka osoba potrafi zauważalnie wydłużyć czas wymiany pasażerskiej w przypadku drzwi wysokopodłogowych, podczas gdy w przypadku drzwi niskopodłogowych nie miało to aż takiego wpływu na czas wymiany. Ze względu na niewielką wartość próby, pomiar ten nie może być w pełni wiarygodny, jednak kolejne, podczas których zarejestrowano wsiadanie lub wysiadanie osoby o kulach lub z wózkiem dziecięcym, potwierdzają tę obserwację (tabela 2).

Tabela 2

Wpływ osób z ograniczoną mobilnością na czas wymiany pasażerskiej				
Typ drzwi:	Wymiana z osobą z ograniczoną mobilnością		Ogółem	
	wysokopodłogowe	niskopodłogowe	wysokopodłogowe	niskopodłogowe
Czas na jednego pasażera [s/pas]	2,4	1,5	1,7	1,4

W przypadku porównywania drzwi wysoko- i niskopodłogowych brano pod uwagę tylko dane z pomiarów wymian pasażerskich o wielkościach 1–11, ze względu na niewielką liczbę lub braki danych w przypadku większych wymian pasażerskich.

Wpływ wysokości peronu na czasy wymiany pasażerskiej

Kolejnym aspektem, który wzięto pod uwagę podczas pomiarów, była wysokość peronu. Tabele 3 i 4 przedstawiają tempo wymiany pasażerskiej, zależnie od wysokości peronu i wysokości podłogi w tramwaju.

Tabela 3

Wpływ wysokości peronu na tempo wymiany pasażerskiej				
Wielkość wymiany [liczba pasażerów]	Wysoki peron		Niski peron	
	Średni czas wymiany [s]	Odchylenie standardowe	Średni czas wymiany [s]	Odchylenie standardowe
1	2,0	0,7	2,3	0,9
2	3,9	1,1	4,2	0,7
3	4,9	1,6	5,8	2,0
4	5,7	2,0	6,0	1,2
5	7,2	1,8	8,3	1,7
6	9,0	1,8	9,6	2,1
7	10,5	1,9	10,6	1,2
Średnio:	6,2	1,5	6,7	1,4

Z pomiarów wynika, że wysokość peronu ma wpływ na czas wymiany pasażerskiej – przy wyższym peronie jest on krótszy, ale nie jest to wartość tak znacząca jak wysokość podłogi w tramwaju. Czasy przy wysokim peronie są o około 10% krótsze niż przy niskim. Ze względu na niewielką liczbę lub braki danych w przypadku większych wymian pasażerskich przy porównaniu niskich i wysokich peronów brano pod uwagę tylko pomiary dla wielkości wymiany pasażerskiej od 1 do 7 pasażerów.

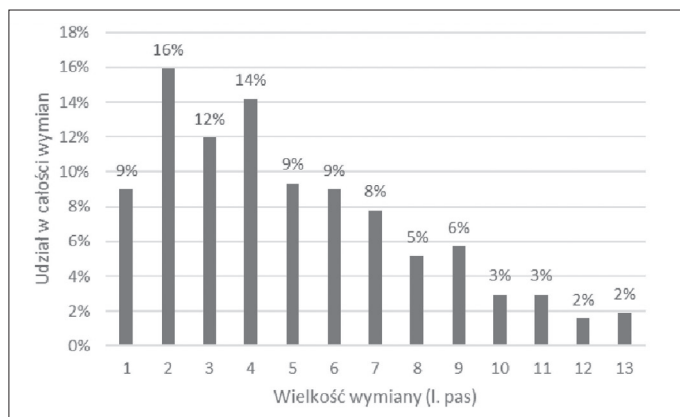
Tabela 4

Czas wymiany pasażerskiej zależnie od wysokości podłogi i peronu				
Wielkość wymiany [liczba pasażerów]	Wysoki peron		Niski peron	
	Średni czas wymiany dla drzwi niskopodłogowych [s]	Średni czas wymiany dla drzwi wysokopodłogowych [s]	Średni czas wymiany dla drzwi niskopodłogowych [s]	Średni czas wymiany dla drzwi wysokopodłogowych [s]
1	1,9	2,4	2,0	3,0
2	3,5	4,3	4,2	4,5
3	4,7	5,2	4,6	7,3
4	4,7	7,1	5,5	6,3
5	6,3	8,3	6,5	8,9
6	8,3	9,4	9,8	9,0
7	10,2	10,8	9,0	11,0
Średnio:	5,7	6,8	5,9	7,1

Jak wynika z danych zaprezentowanych w tabeli 4, różnica w tempie wymiany pasażerskiej pomiędzy peronem wysokim, a niskim jest zbliżona, niezależnie od wysokości podłogi w tramwaju: w obu przypadkach wynosi ona niecałe 20%.

Wnioski i podsumowanie

Zaprezentowane tabele oraz wykresy pokazują, że zarówno wysokość podłogi, jak i peronu, mają wpływ na czas wymiany pasażerskiej. Zarówno niska podłoga, jak i wysoki peron skracają ten czas. Wyniki jednak nie pokazują, czy te różnice mają realny wpływ na czas przejazdu tramwaju. Czasem determinującym całkowity czas wymiany pasażerskiej na przystanku jest maksymalny czas wymiany pasażerskiej dla konkretnych drzwi. Dlatego też w ostatnim etapie pomiarów zbadano, jakie są maksymalne wartości wymiany pasażerskiej dla pojedynczych drzwi na trasie linii 10, na jej śródmiejskim odcinku. Wyniki przedstawia rysunek 5.



Rys. 5. Maksymalne wielkości wymian pasażerskich dla pojedynczych drzwi

Dla ilustracji wpływu wysokości podłogi na czas przejazdu tramwaju przyjęto trasę składającą się z 25 przystanków, której przejazd zajmuje tramwajowi wysokopodłogowemu około 45 minut. Porównywalną trasę ma wrocławska linia tramwajowa 33. Na podstawie rysunku 5 założono następujące wartości maksymalnej wymiany pasażerskiej dla pojedynczych drzwi:

Tabela 5

Przykładowe maksymalne wymiany pasażerskie											
Max. wielkość wymiany	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Liczność	2	4	3	4	3	2	2	2	1	1	1

Następnie, na podstawie tabeli 3, obliczono zysk czasowy, który na całej trasie przejazdu wynosi blisko minutę. Przyspieszenie tej wielkości nie spowoduje znaczącego uatrakcyjnienia komunikacji zbiorowej, prawdopodobnie nie pozwoli też na istotne zwiększenie wykorzystania taboru poprzez ograniczenie liczby pojazdów potrzebnych do obsługi linii. Czas przejazdu może zostać zauważalnie skrócony poprzez zastosowanie tramwajów niskopodłogowych, na przykład w sytuacji, kiedy te kilka sekund zaoszczędzone na pojedynczym przystanku pozwoli zdążyć na sygnał zezwalający na wjazd na skrzyżowanie (pionową kreskę). Oszacowanie tych wartości wymagałoby jednak rozpatrywania ich dla konkretnych przykładów skrzyżowań i linii tramwajowych. Oczywiście, jak zaznaczono wcześniej, krótszy czas wymiany pasażerskiej nie jest jedyną zaletą pojazdów niskopodłogowych i nie należy rozważać ich zakupu tylko na podstawie czasu wymiany pasażerskiej.

Literatura

1. Czubiński R., *UMWD: Częściowo niska podłoga w MPK Wrocław to mniejsze zło* [online], Transport Publiczny, 2017 [dostęp 5 lutego 2020], <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/umwd-czesciowo-niska-podloga-w-mpk-wroclaw-to-mniejsze-zlo-56159.html>
2. *Wielkie emocje po decyzji MPK o zakupie tramwajów Moderus Beta (OPINIE)*, Gazeta Wyborcza, Wrocław 2017 [dostęp 5 lutego 2020], <https://wroclaw.wyborcza.pl/wroclaw/7,35771,22218075,wielkie-emocje-po-decyzja-mpk-o-zakupie-tramwajow-moderus-beta.html>