

Adam MOLECKI

WPLYW NIEWIELKIEGO RUCHU KOŁOWEGO NA PLYNNOŚĆ RUCHU TRAMWAJÓW PRZY TOROWISKACH NIEWYDZIELONYCH Z JEZDNI

Streszczenie. Artykuł omawia badania składające się z pomiarów wielkości ruchu drogowego oraz parametrów ruchu tramwajowego na pięciu odcinkach niewydzielonych z jezdni torowisk tramwajowych w Sosnowcu.

Badanie miało na celu odpowiedź na pytanie – jakie zakłócenia ruchu tramwajów powoduje ruch drogowy przy torowiskach niewydzielonych z jezdni?

THE INFLUENCE OF SMALL ROAD TRAFFIC ON TRAM TRAFFIC FLUIDITY AT TRAM SUBGRADES UNSEPARATED FROM ROADWAYS

Summary. The article presents the researches which included surveying of number of vehicles traffic and tram traffic parameters at five parts of tram subgrade which are unseparated from roadway in Sosnowiec.

The research had to answer – what troubles of tram traffic are related with road traffic at unseparated from roadway tram subgrades?

1. WPROWADZENIE

Od wielu lat lansuje się pogląd, stanowiący, że tramwaj konwencjonalny to zacofany środek transportu. Nie ulega wątpliwości, że szybki tramwaj – całkowicie wydzielony z jezdni i innych ciągów komunikacyjnych – jest jedną z najbardziej efektywnych form organizacyjnych w transporcie publicznym. Wprowadzenie jednopoziomowych skrzyżowań pozbawionych bezwzględnej uprzywilejowania¹ w sposób oczywisty zmniejsza jej niezawodność. Przez ograniczenie niezawodności należy rozumieć zarówno narażenie na uczestnictwo w zdarzeniach drogowych, jak i ich wpływ na swobodę ruchu tramwaju. Sam ruch innych uczestników ruchu powodować może zakłócenia punktualności. Problemy lawinowo narastają, gdy ruch kolizyjny wprowadzi się nie tylko w obrębie skrzyżowań, ale utworzy się ciągi wspólne.

Badania przeprowadzone na wybranych ulicach Sosnowca, gdzie tramwaj jest niewydzielony z jezdni ogólnodostępnej, miały za zadanie określić, czy w określonych przypadkach celowe jest dążenie do wydzielania torowiska tramwajowego za wszelką cenę. Należy zauważyć, że w niektórych miejscach wielkich miast operacja taka byłaby tak dalece

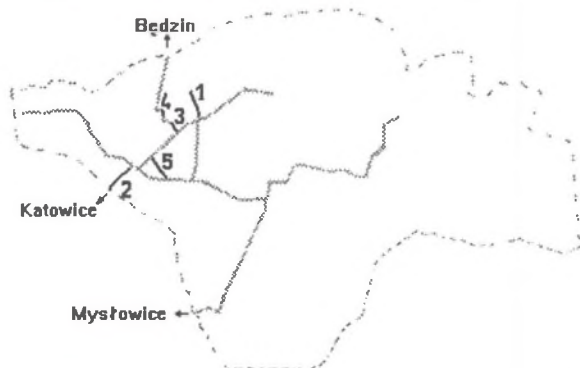
¹ Skrzyżowanie z bezwzględnym uprzywilejowaniem tramwaju - skrzyżowania zbliżone do kolejowych, np. wyposażone w samoczynną sygnalizację przyjazdową z zaporami.

kosztowna i wiążąca się z brakiem akceptacji społecznej, a próby forsowania realizacji tejsze mogłyby się skończyć jedynie całkowitą likwidacją trakcji tramwajowej.

Sosnowiec jest drugim co do liczby ludności miastem Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Poszczególne dzielnice mają wielowiekową historię, ale ogólnie miasto jest stosunkowo młode – prawa miejskie otrzymało w 1902 r. Gwałtowny rozwój miasta datuje się na lata 70. i 80. ubiegłego wieku. Stąd też układ urbanistyczny (szczególnie transportowy) jest stosunkowo nowoczesny i wygodny. Pierwsza linia tramwajowa została uruchomiona w 1928 r. Wiele przeprowadzonych w późniejszym czasie zmian w układzie komunikacyjnym spowodowało, że obecnie niemal wszystkie trasy są wydzielone z jezdni.

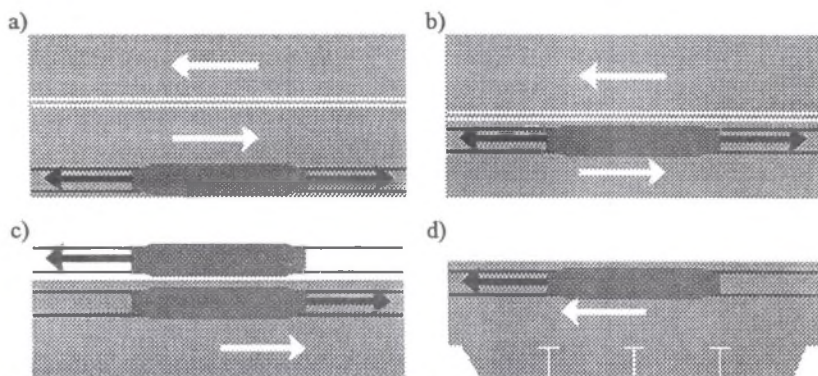
Nie licząc skrzyżowań, niewydzielone torowiska pozostały w następujących ulicach:

- S. Staszica (ok. 850 m);
- J. Sobieskiego (ok. 500 m);
- S. Żeromskiego (ok. 300 m jednego z torów);
- Mariackiej (ok. 200 m jednego z torów);
- S. Małachowskiego (ok. 650 m toru jednokierunkowego).



Rys. 1. Odcinki sieci tramwajowej niewydzielone z jezdni ogólnodostępnych w Sosnowcu
Fig. 1. Unseparated from roadway parts of tramnet in Sosnowiec

Ulicą S. Staszica wytrasowana jest jedna linia tramwajowa – 24. Na omawianym odcinku zlokalizowane są 3 przystanki – 2 przy końcach i 1 pośredni. Pojedynczy dwukierunkowy tor zabudowany jest przy krawędzi jezdni. Jezdnia poza skrajnią tramwajową ma około 7 m szerokości (rys. 2a).



Rys. 2. Organizacja ruchu na badanych odcinkach: a) ulicy S. Staszica; b) ulicy J. Sobieskiego; c) ulicy S. Żeromskiego i Mariackiej; d) ulicy S. Staszica
Fig. 2. The organization of traffic at analysed parts of tramnet: a) Staszic-street; b) Sobieski-street; c) Żeromski-street and Mariacka-street; d) Małachowski-street

Ulicą J. Sobieskiego kursują tramwaje linii 15. Opomiarowany odcinek kończył się przystankiem (jedynym na niewydzielonym fragmencie trasy). Pojedynczy dwukierunkowy tor zabudowany jest asymetrycznie wobec osi jezdni, która pokrywa się z osią torowiska na fragmencie dwutorowym. Cała jezdnia ma około 9,5 m szerokości (rys. 2b).

Ulice S. Żeromskiego i Mariacka sąsiadują ze sobą. Kursują po nich tramwaje trzech linii - 21, 24 oraz 27. Są to ulice jednokierunkowe. Tor tramwajowy o ruchu skierowanym zgodnie z ruchem ogólnym jest zabudowany w jezdni, natomiast drugi tor jest wydzielony (rys. 2c). Ulice poza skrajnią tramwaju mają szerokość odpowiednio około 3 m i 4,5 m. Na poddanych analizie fragmentach nie są zlokalizowane żadne przystanki.

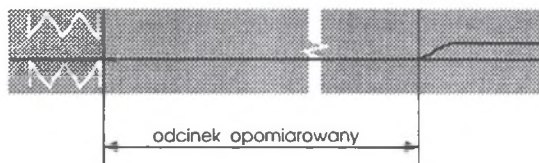
Z ulicy S. Małachowskiego korzystają tramwaje linii 24, 26 oraz 27. Mieszczą się na niej dwa przystanki, między którymi prowadzony był pomiar. Tor jest jednokierunkowy, umieszczony przy prawej krawędzi jezdni. Po przeciwnej stronie zlokalizowane są parkingi równoległe. Cała jezdnia ma szerokość około 5 m.

2. PRZEPROWADZONE BADANIE

Badanie we wstępnej części składało się z:

- oznaczenia wielkości geometrycznych badanych odcinków,
- pomiaru ruchu kołowego na badanym odcinku i obliczeniu na jego podstawie poziomu swobody ruchu (PSR),
- pomiaru czasów przejazdu tramwaju przez badany odcinek,
- obserwacji zachowań uczestników ruchu.

Badaniu poddano wszystkie wymienione odcinki na fragmentach pozbawionych wpływów niezależnych od ruchu wspólnego z innymi pojazdami. Jako zewnętrzne zakłócenia potraktowano zróżnicowanie czasu wymiany pasażerów. W związku z tym pod uwagę brano jedynie czas jazdy. Stosując się do tej zasady, ograniczono odcinki w ulicach S. Staszica i J. Sobieskiego, unikając wliczania do czasów przejazdu czasów oczekiwania na zwolnienie odcinka jednotorowego przez inny tramwaj² (rys. 3). Ze względu na umieszczenie toru pojedynczego niesymetrycznie wobec osi jezdni w obu tych przypadkach, osobno traktowano czasy jazdy w przeciwnych kierunkach.



Rys. 3. Zasada opomiarowania odcinków na ul. S. Staszica i J. Sobieskiego

Fig. 3. The way of surveying at Staszic-street and Sobieski-street

Następnie porównano otrzymane wielkości czasów przejazdu z porównywalnymi wielkościami dotyczącymi odcinków wydzielonych z ruchu innych pojazdów i pieszych.

W analizie potraktowano jako wyznaczniki jakości ruchu tramwajów:

- średnią prędkość jazdy,
- współczynnik zmienności czasu przejazdu.

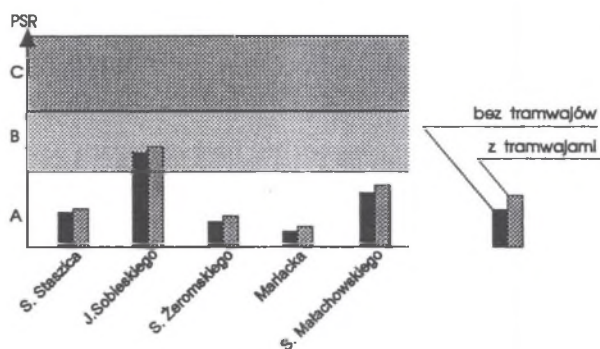
² Na wymienionych odcinkach stosowana blokada odcinków jednotorowych dwukierunkowych za pomocą przekątnikowej sygnalizacji międzymijankowej prostej [2] - na odcinku takim może się znajdować tylko jeden tramwaj.

W przypadku analiz dotyczących ulic S. Żeromskiego i Mariackiej uznano za najbardziej miarodajne porównanie czasów jazdy w 2 przeciwnych kierunkach, gdyż jak wspomniano, ulice te są jednokierunkowe i torowisko tramwajowe z ruchem przeciwnym do wskazanego dla ogółu pojazdów jest wydzielone z jezdni. W pozostałych przypadkach czasy jazdy porównywano z czasami jazdy po torowiskach wydzielonych o zbliżonej długości.

Aby możliwa była ocena wpływu niewydzielenia torowiska z jezdni, konieczne jest odniesienie pozyskanych danych do tła - tutaj ruchu pojazdów kołowych. Ponadto wzięto pod uwagę wnioski płynące z obserwacji zachowań uczestników ruchu.

Wyznaczenie PSR na wspomnianych odcinkach

Jak wspomniano, wykonano opomiarowanie ruchu kołowego na wszystkich analizowanych odcinkach. Oznaczono strukturę rodzajową, a w przypadku ulic dwukierunkowych również kierunkową. Wyznaczono szczytowe natężenie ruchu. Następnie posiłkując się powszechnie przyjętymi metodami opartymi na HCM 85 [1], wyznaczono PSR. W większości przypadków uzyskano wynik »A«. Jedynie w przypadku ulicy J. Sobieskiego otrzymano poziom swobody ruchu »B« (rys. 4). Wyniki zgromadzono w tablicy 1.



Rys. 4. Poziom swobody ruchu pojazdów kołowych na badanych odcinkach

Fig. 4. Road vehicles level of service at analysed parts of tramnet

Tablica 1

Odniesienie ruchu do PSR

PSR	Pomiar	Ulica				
		S. Staszica	J. Sobieskiego	S. Żeromskiego	Mariacka	S. Małachowskiego
A	bez tramwajów	47 %	100 %	34 %	21 %	72 %
B	bez tramwajów	-	33 %	-	-	-
A	z tramwajami	52 %	100 %	41 %	27 %	82 %
B	z tramwajami	-	43 %	-	-	-

Wyniki pomiarów czasów przejazdu tramwajów

Pomiarom zostało poddanych od 700 do 2500 tramwajów w jednym kierunku, w zależności od miejsca pomiaru i częstotliwości kursowania. W większości wykorzystano dane pochodzące z zapisów urządzeń rejestrujących pracę pojazdu (opisanych szerzej w [3]). Wyniki zgromadzono w tablicy 2. Dla pełniejszego zobrazowania sytuacji podano wskaźniki określone wzorami (1) i (2).

$$W_1 = \sigma_t / t_{\text{sr}} \quad (1)$$

gdzie: W_1 - wskaźnik zmienności,

σ_t - odchylenie standardowe czasów przejazdu,

t_{sr} - średni czas przejazdu.

$$W_2 = (t_{\text{max}} - t_{\text{min}}) / t_{\text{sr}} \quad (2)$$

gdzie: W_2 - wskaźnik rozrzutu,

t_{max} - maksymalny czas przejazdu,

t_{min} - minimalny czas przejazdu,

t_{sr} - średni czas przejazdu.

Tablica 2

Wyniki pomiarów czasów przejazdu tramwajów

Odcinek	S. Staszica			J. Sobieskiego			S. Żeromskiego			Mariacka			S. Małachowskiego	
kierunek**	Z	P	K*	Z	P	K*	Z	P*	K*	Z	P*	K*	Z	K*
Prędkość techniczna [km/h]														
średnia	15	19	19	45	36	20	24	24	25	26	26	29	19	20
maksymalna	33	35	37	56	41	39	40	34	35	38	35	44	46	37
minimalna	2	5	8	32	16	9	8	9	15	12	11	17	3	7
Wskaźniki [v]														
W_1	0,48	0,29	0,19	0,05	0,19	0,21	0,13	0,14	0,12	0,13	0,15	0,11	0,29	0,20
W_2	7,0	3,3	1,9	0,6	1,4	1,7	2,4	2,0	1,0	1,5	1,6	1,0	5,9	2,3

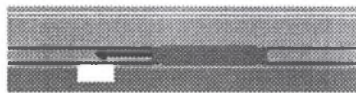
* torowisko wydzielone z jezdni

** Z - pomiar w kierunku zgodnym z ogółem ruchu; P - pomiar w kierunku przeciwnym do ogółu ruchu; K - kontrolny pomiar odcinka torowiska o zbliżonej długości.

Wyniki obserwacji

Obserwacja była bardzo ważną częścią badania, gdyż pomaga zinterpretować wyniki. Dzięki niej możliwa jest identyfikacja zjawisk wpływających na płynność ruchu. W jej trakcie odnotowano następujące czynniki zakłócające ruch:

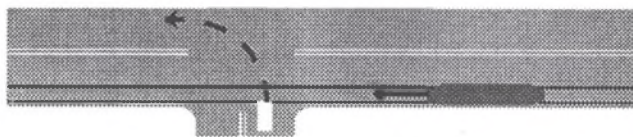
- a) jeżeli torowisko zabudowane jest przy krawędzi jezdni odpowiadającej prawej stronie ruchu pojazdów samochodowych i nie ma w tym miejscu wygrodzeń uniemożliwiających parkowanie, zdarza się, że parkujące pojazdy blokują przejazd poprzez naruszenie skrajni (rys.5);



Rys. 5. Blokowanie korytarza tramwajowego przez parkujące samochody

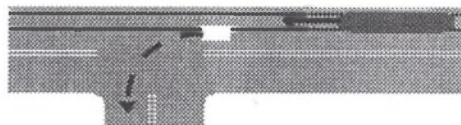
Fig. 5. Tram corridor locking by parking cars

- b) jeżeli torowisko jest zabudowane przy krawędzi jezdni, do której doprowadzone są wloty innych ulic, pojazdy wyjeżdżające z tychże ulic, oczekując na możliwość włączenia do ruchu, również naruszają skrajnię (rys. 6);



Rys. 6. Blokowanie korytarza tramwajowego przez oczekujących na włączenie do ruchu
 Fig. 6. Tram corridor locking by cars which are awaiting for engage to traffic

- c) tramwaj poruszający się w kierunku zgodnym do przyjętego dla ogółu pojazdów jest blokowany przez pojazdy oczekujące na możliwość skrętu w lewo z tego kierunku (rys. 7); ze względu na lepszą widoczność, rzadziej problem ten dotyczy tramwajów jadących z kierunku przeciwnego;



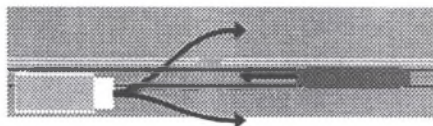
Rys. 7. Blokowanie korytarza tramwajowego przez oczekujących na skręt w lewo
 Fig. 7. Tram corridor locking by cars which are awaiting for turn left

- d) jeżeli torowisko jest zabudowane na wąskiej jezdni, przy której zlokalizowany jest parking nierównoległy (obserwacja dotyczyła ul. S. Małachowskiego, gdzie parking równoległy jest wykorzystywany jako ukośny), brak widoczności powoduje zajeżdżanie drogi tramwajom, a niekiedy nawet kolizje (rys. 8);



Rys. 8. Zagrożenie bezpieczeństwa ruchu drogowego przez pojazdy włączające się do ruchu
 Fig. 8. Road safety hazard by cars which are engaging to traffic

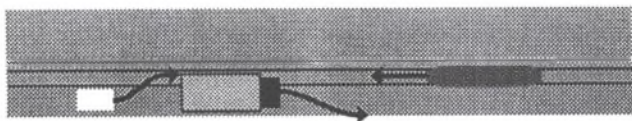
- e) jeżeli torowisko jest zabudowane przy osi jezdni, lecz tramwaj porusza się w kierunku przeciwnym do przyjętego dla ogółu pojazdów, występuje wjeżdżanie zbyt szerokich pojazdów na chodnik, trawnik, bądź też pas do ruchu przeciwnego w celu umożliwienia przejazdu tramwaju (rys. 9). W niektórych przypadkach zła interpretacja sytuacji przez pozostałych kierujących powoduje potencjalne zagrożenie bezpieczeństwa (rys. 10).



Rys. 9. Ustępowanie z drogi tramwaju poprzez zjazd z jezdni lub wjazd na pas ruchu przeznaczony dla przeciwnego kierunku
 Fig. 9. Standing out of tramway by coming off the roadway or coming on wrongway

Część z tych zjawisk dotyczy również torowisk wydzielonych z jezdni. Przypadki a) i c) mają analogiczne odpowiedniki, a przypadek b) występuje nawet częściej, gdy torowisko zabudowane jest przy krawędzi jezdni, ale jest wydzielone. Przypadek d) występuje zdecydowanie rzadziej przy torowiskach wydzielonych i dotyczy zasadniczo niezachowania

skrajni. Jedynie przypadek e) nie ma odpowiednika w normalnym³ ruchu przy wydzielonym torowisku.



Rys. 10. Zagrożenie bezpieczeństwa ruchu drogowego przez wyprzedzanie pojazdu ustępującego tramwajowi

Fig. 10. Road safety hazard by overtaking vehicle which is standing out of the tramway

Ponadto zaobserwowano unikanie przez kierujących pojazdami kołowymi jazdy po torowisku. Wynika to z doświadczenia wskazującego na dużo większe prawdopodobieństwo uszkodzeń bądź nierówności nawierzchni w jego obrębie.

Podsumowanie analizy

Jak pokazały pomiary, przy niewielkim ruchu pojazdów samochodowych komunikacja tramwajowa może prawidłowo funkcjonować nawet przy torowisku zabudowanym w jezdni. Na ogół i prędkości, i odchyłki od wielkości średnich są zbliżone do odcinków całkowicie wydzielonych podobnej długości. Zdarzały się znaczne wydłużenia czasów przejazdu, lecz wynikały one z przypadków losowych, co przy próbie wielkości 2500 kursów nie jest niczym zaskakującym. O tym, że nie jest to zjawisko nagminne, świadczą wielkości odchyłeń standardowych czasów przejazdu.

Zdecydowanie najgorzej wypadł pomiar na ulicy S. Staszica podczas ruchu tramwaju przy krawędzi jezdni w kierunku zgodnym z ruchem ogółu pojazdów. Uzasadnić to można nagromadzeniem zjawisk patologicznych związanych z ruchem przy krawędzi oraz niezachowywaniem wolnej przestrzeni w pasie skrajni tramwaju (co zostało omówione wcześniej).

Najkorzystniej prezentują się dane dotyczące ulicy J. Sobieskiego podczas ruchu tramwaju w kierunku zgodnym z ruchem ogółu pojazdów, mimo największego ruchu pojazdów kołowych.

3. WNIOSKI

Rozszerzając wyniki badań, można również uzasadnić budowę nowych niewydzielonych linii tramwajowych. Oczywiście, lansowanie w ten sposób „taniego” środka komunikacji byłoby nieporozumieniem. Można jednak na pewnych fragmentach tras dopuścić niewielki ruch kolizyjny z ważnych powodów społecznych.

Należy przy tym założyć następujące warunki:

- na ulicy o ruchu dwukierunkowym torowisko powinno być umieszczone w środku jezdni (oś torowiska powinna być zgodna z osią jezdni),
- na ulicy o ruchu jednokierunkowym torowisko powinno być umieszczone przy jednej z krawędzi jezdni, ale z zachowaniem odstępu około 0,5 m dla zachowania swobodnego korytarza w obrębie skrajni tramwaju,
- w miarę możliwości torowisko powinno być odsunięte od prawej krawędzi jezdni o co najmniej 2,5 m (przy tramwaju normalnotorowym prawa szyna odsunięta

³ Zjawisko może zachodzić, gdy do ruchu wprowadzony jest pojazd o wymiarach przekraczających dopuszczone.

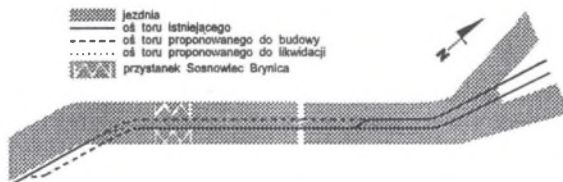
od krawędzi jezdni o około 3 m) dla utrzymania swobody ruchu samochodów osobowych poza torowiskiem⁴,

- należy unikać lokalizowania miejsc parkingowych przy jezdni, jeśli korzystanie z takowych wiąże się z koniecznością wjazdu na torowisko.

Dla poprawy obecnego ruchu w omawianych miejscach w Sosnowcu uznano za celowe wprowadzenie pewnych zmian.

Konieczne jest wprowadzenie nakazu parkowania równoległego poprzez ustawienie znaków D-18 wraz z tabliczkami T-30a o symbolice odwróconej (wskazującej parkowanie z lewej strony jezdni) przy ulicy S. Małachowskiego, jako jedyne zapewniające poprawne prowadzenie ruchu transportu zbiorowego. Powinno temu towarzyszyć wymuszenie przestrzegania przez wzmoczoną kontrolę przez uprawnione organy jak np. Straż Miejska.

Wysoce uzasadniona jest dobudowa drugiego toru w ulicy J. Sobieskiego, przy zachowaniu osi toru istniejącego na większości trasy (rys. 11). Oprócz poprawy płynności ruchu na samym odcinku, wpłynie to oczywiście na zmniejszenie opóźnień wtórnych powodowanych przez oczekiwanie na zwolnienie odcinka jednotorowego. Mogą one osiągać bardzo duże wartości na przebiegającej w tym miejscu linii 15 [4]. Jest to konieczne, jeśli wziąć pod uwagę planowane wydłużenie tej linii [5] i tym samym jej dociążenie. Przebudowa taka spowoduje również poprawę bezpieczeństwa pasażerów w obrębie przystanku »Sosnowiec Brynica« w kierunku Katowic. Ograniczenie szerokości jezdni swobodnej do około 2,5 m spowoduje uwypuklenie reakcji kierujących pojazdami kołowymi i naturalne zatrzymanie pojazdów podczas obsługi przystanku przez tramwaj.



Rys. 11. Propozycja przebudowy torowiska przy ulicy J. Sobieskiego
Fig. 11. The proposal of tram subgrade rebuilding at Sobieski-street

Literatura

1. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu, WKiŁ, Warszawa 1997.
2. Instrukcja dla służby ruchu, Przedsiębiorstwo Komunikacji Tramwajowej w Katowicach, Katowice 2000.
3. Molecki A.: Analiza wykorzystania przystanków sieci tramwajowej Zagłębia Dąbrowskiego, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 1675, Seria Transport, Gliwice 2005.
4. Molecki A.: Tory odstawkowe w komunikacji tramwajowej, TTS - technika transportu szynowego nr 1-2, 2006.
5. Strategia rozwoju miasta Sosnowca do 2015 r., zał. do uchw. 816/XLIII/02 Rady Miejskiej w Sosnowcu z dnia 28 marca 2002 r., Sosnowiec 2002.

Recenzent: Dr hab. inż. Romuald Szopa, prof. Pol. Częstochowskiej

Praca wykonana w ramach badań własnych BW-423/RT5/2006.

⁴ Na ulicy jednokierunkowej od dowolnej krawędzi.