

Skrócenie czasu następstwa pociągów w metrze warszawskim^{1,2}

JERZY LEJK

dr inż., Metro Warszawskie sp. z o. o.,
ul. Wilczy Dół 5, 02-798 Warszawa,
tel: 22 655 4501, e-mail: j.lejk@metro.waw.pl

IRENEUSZ GRUNKE

mgr inż., Metro Warszawskie sp. o. o.,
ul. Wilczy Dół 5, 02-798 Warszawa,
e-mail i.grunke@metro.waw.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono krótką charakterystykę metra warszawskiego oraz czynniki wpływające na następstwo czasowe pociągów. Wyróżniono i przeanalizowano dwa podstawowe czynniki wpływające na następstwo czasowe pociągów: urządzenia i systemy techniczne oraz zachowania pasażerów. Czas następstwa pociągów (częstość kursowania) to istotny czynnik wpływający na jakość świadczonej usługi. Jego wielkość jest zależna od elementów, które można kształtować w obszarze działań technicznych za pomocą dostępnych rozwiązań systemów prowadzenia ruchu, jak również poprzez wpływanie na zachowania pasażerów. Zmiany wprowadzone w obu obszarach przyniosły efekt w postaci zwiększenia zdolności przewozowych linii, podaży miejsc w wagonach i skrócenia czasu następstwa pociągów. Prowadzone od dwunastu lat coroczne badania opinii pasażerów potwierdzają, że częstość kursowania, szybkość jazdy i punktualność kursowania pociągów metra mają duże znaczenie dla pasażerów. Czynniki te są istotne dla pasażerów niezależnie, w jakiej porze dnia odbywają podróż metrem. Wykonany w warunkach rzeczywistych test sprawdzający możliwość realizacji przewozów pasażerskich z czasem następstwa 2 minuty wykazał, że jest to możliwe. Wdrożenie, na stałe, następstwa pociągów wynoszącego 2 minuty wymaga korekt w obszarze infrastruktury linii metra i organizacji pracy oraz przygotowania programu informacyjnego dla pasażerów.

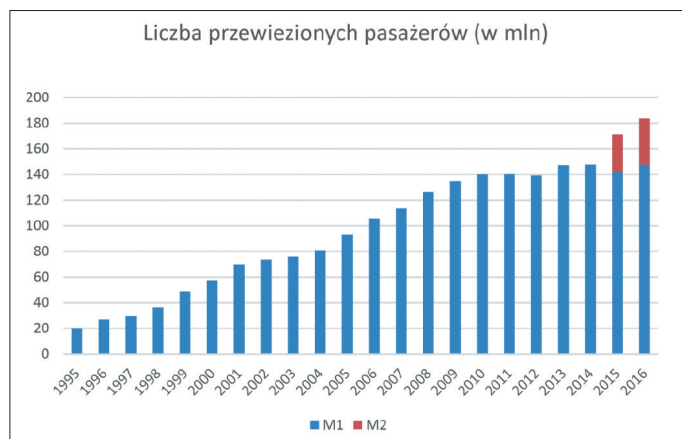
Słowa kluczowe: transport pasażerski, metro, czasy następstwa pojazdów.

Wprowadzenie

Pierwszą linię metra na całej długości trasy (21 stacji i 23 km podwójnego tunelu) oddano do użytku 25 października 2008 roku. Podstawowe dane techniczne i eksploatacyjne linii metra są następujące:

- długość linii: 23 km;
- liczba stacji: 21;
- długość torów: 49 km;
- długość peronów: 120 m;
- szerokość toru: 1435 mm;
- typ nawierzchni: bezpodsypankowa, betonowa;
- sterowanie ruchem pociągów: system zdalnego sterowania i kontroli dyspozytorskiej;
- zabezpieczenie ruchu pociągów: system ograniczenia prędkości z sygnalizacją kabinową oraz blokada samoczynna dwustawna;
- system zasilania: trzecia szyna, 750 V, prąd stały.

Mieszkańcy Warszawy bardzo szybko przekonali się do zalet metra. W pierwszym roku funkcjonowania pierwszej linii metra (1995) przewieziono 20 milionów pasażerów. Pięć lat później liczba przewiezionych pasażerów w ciągu roku wzrosła do blisko 58 milionów. W 2008 roku, kiedy oddano całą pierwszą linię metra, z tego środka transportu skorzystało 126 milionów osób. W pierwszym roku funkcjonowania drugiej linii metra przewieziono ponad 29 milionów pasażerów, a rok później było to już ponad 36 mln osób (rysunek 1) [2]. Częstotliwość pociągów (czas następstwa) na linii M1 wynosi 2 minuty 20 sekund.



Rys. 1. Zestawienie porównawcze liczby przewiezionych pasażerów na liniach M1 i M2 w latach 1995–2016 (w mln)

Źródło: Metro Warszawskie Sp. z o.o. Raport roczny 2016 [2]

Czynniki wpływające na następstwo czasowe pociągów

Wyróżnić można dwa podstawowe czynniki wpływające na następstwo czasowe pociągów:

- urządzenia i systemy techniczne,
- zachowania pasażerów.

Urządzenia i systemy techniczne

Linie metra warszawskiego można opisać, wykorzystując parametry techniczne stosowane dla innych systemów transportowych, a przede wszystkim linii kolejowych. Z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia istotna jest zdolność przewozowa linii. Parametr ten podaje możliwości danego systemu transportowego, pozwala porównywać między sobą różne rozwiązania transportowe, co jest kluczowe przy wyborze środka transportu do obsługi danego obszaru. Zdolność przewozowa ściśle wiąże się ze

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2018. Wkład autorów w publikację: J. Lejk 50%, I. Grunke 50%.

² Artykuł przygotowany na XIII Konferencję „Zintegrowany transport publiczny w obsłudze miast i regionów”, Zakopane 24–26.10.2018 r.

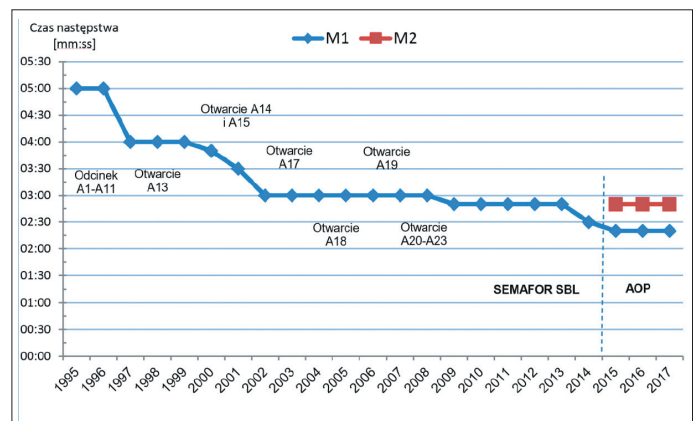
zdolnością przepustową linii, która to decyduje o czasie następstwa pociągów – czynnikiem istotnym z punktu widzenia pasażera.

Zdolność przepustowa jako jeden z podstawowych parametrów linii metra jest zależna od wielu czynników, a jednym z podstawowych jest rodzaj zastosowanych urządzeń sterowania ruchem pociągów. Urządzenia te mogą wprost determinować osiągnięty minimalny czas następstwa (interwał) kolejnych pociągów odjeżdżających ze stacji metra.

Na liniach metra w Warszawie stosowane są dwa sposoby sterowania ruchem pociągów: na podstawie wskazań semaforów samoczynnej blokady liniowej (SBL) oraz na podstawie wskazań urządzeń pokładowych w kabinie maszynisty. Pierwszy z wymienionych sposobów do 2015 roku stanowił podstawę prowadzenia ruchu pociągów. Zlokalizowane na liniach metra semafony dzieliły poszczególne szlaki na odstępy blokowe, gdzie odstęp blokowy pomiędzy kolejnymi semaforami o najdłuższej odległości wyznaczał tzw. szlak krytyczny decydujący o zdolności przepustowej linii, a więc również o minimalnym czasie następstwa pociągów. Na linii metra M1 prowadzenie ruchu w oparciu o wskazania semaforów z uwzględnieniem takich czynników, jak czas postoju pociągu na stacji, parametry trakcyjne pojazdu oraz czynniki zakłócające płynność ruchu, pozwalało na osiągnięcie minimalnego następstwa czasowego pociągów równego 2 minuty i 30 sekund. Czas ten jako rozkładowy został wprowadzony na linii metra M1 w roku 2014 (rys. 2). Z tą częstotliwością metro obsługiwało ruch pasażerski na linii M1 z wykorzystaniem 33 pociągów w godzinach szczytu komunikacyjnego. Wprowadzenie do ruchu kolejnych pociągów metra i próby dalszego skracania czasu następstwa kończyły się niepowodzeniem. Zbyt duża liczba pociągów kursujących na linii metra przy ograniczonej przepustowości generowała zakłócenia w ruchu, nie pozwalając dotrzymać założeń rozkładowych. Na tym etapie zdolność przewozowa linii M1 pozwalała na przewiezienie w ciągu godziny około 27 000 pasażerów w każdym kierunku, oferując łącznie ponad 38 000 miejsc w pociągach.

Rosnący popyt na usługi przewozowe metrem, obserwowany na co dzień i widoczny w globalnych wynikach przewozów, przyczynił się do wprowadzenia zmian w podaży miejsc i zdolności przewozowej metra. Zmianę tę wprowadzono w warszawskim metrze poprzez zmianę systemu sterowania ruchem pociągów. Z dniem 1 września 2015 roku jako podstawowy system prowadzenia ruchu wdrożono system automatycznego ograniczenia prędkości (AOP), natomiast dotychczas stosowane semafony wygaszono. Obecnie maszynista prowadzi pociąg w oparciu o informację wyświetlaną w kabinie na panelu systemu AOP. Dzięki zmianie systemu sterowania ruchem pociągów zmianie uległ element decydujący o przepustowości linii – odstęp blokowy. W przypadku jazd według wskazań semaforów odstęp blokowy samoczynnej blokady liniowej wynosi od kilkuset metrów do nawet ponad 1 km długości. Najdłuższe odstępy blokowe zlokalizowane są pomiędzy stacjami Politechnika–Pole Mokotowskie oraz Dworzec Gdański–Ratusz Arsenal. To one finalnie decydują, jak często metro

może kursować w oparciu o wskazania semaforów, zachowując warunki bezpiecznego prowadzenia ruchu zgodnie z zasadą mówiącą, że na jednym odcinku może znajdować się jeden pociąg. W przypadku systemu AOP długość odcinka blokowego jest zdecydowanie krótsza i wynosi od kilkudziesięciu do ponad 100 m. To pozwala na zmniejszenie odstępów pomiędzy kolejnymi pociągami, zachowując nadal bezpieczeństwo prowadzenia ruchu. Po wprowadzeniu w roku 2015 przez metro warszawskie zmian w systemie sterowania ruchem pociągów zdecydowanie poprawiły się parametry techniczne linii metra. Wzrosła przepustowość linii, a czas następstwa uległ skróceniu. Obecnie pociągi metra na linii M1 kursują w godzinach szczytu z częstotliwością 2 minuty 20 sekund (rys. 2).



Rys. 2. Zmiany czasu następstwa pociągów linii metra M1 i M2

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Metra Warszawskiego Sp. z o.o.

Do obsługi pasażerów w dzień roboczy w szczyte komunikacyjnym na linię M1 wyjeżdża 36 składów. Wprowadzenie zmian w sterowaniu ruchem pociągów pozwoliło na zwiększenie możliwości przewozowych metra. Dziś linia M1 może przewieźć w godzinie szczytu ponad 28 000 pasażerów, w każdym kierunku udostępniając około 41 000 miejsc w wagonach (tab. 1).

Tabela 1

Parametry przewozowe linii metra M1			
Parametry przewozowe linii M1 w okresie szczytu komunikacyjnego	Wskazania semaforów rok 2009	Wskazania semaforów rok 2014	Wprowadzenie AOP rok 2015
Następstwo czasowe	2 min 50 s	2 min 30 s	2 min 20 s
Liczba pociągów w ruchu	30	33	36
Podaż miejsc (zagęszczenie 5 os./m ²)	ok. 34 000	ok. 38 000	ok. 41 000
Zdolność przewozowa w jednym kierunku (zagęszczenie 5 os./m ²)	ok. 24 000	ok. 27 000	ok. 28 000

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Metro Warszawskie Sp. z o.o.

Docelowo możliwości linii metra obliczone są na następstwo czasowe 1 minuta 30 sekund, a zdolność przewozowa na poziomie 45 000 pasażerów w każdym kierunku.

Zachowania pasażerów

Oprócz czynników determinujących osiągnięty czas następstwa wynikających z przyjętych rozwiązań technicznych infrastruktury oraz pojazdu, istotnym elementem wpływa-

jącym na dotrzymanie zakładanego (rozkładowego) czasu następstwa jest wpływ czynników zewnętrznych. Czynniki te zakłócają regularne kurowanie pociągów metra w sposób jednostkowy i wywołujący długotrwałe skutki, np. wtargnięcie pasażera na torowisko lub oddziaływają w sposób masowy, ale w krótkotrwały sposób wpływają na płynność ruchu i realizację jazd pociągów, np. blokowanie drzwi pojazdu.

W 2009 roku po zakończeniu budowy i uruchomieniu całej pierwszej linii metra w Warszawie obserwowano wzrost problemów z wydłużeniem czasów postoju pociągów na stacjach oraz wydłużeniem czasu przejazdów linii metra. Zjawisko obserwowano głównie na kierunku Młociny–Kabaty. W tym czasie ruch pociągów prowadzony był z czasem następstwa 2 minuty 50 sekund przy wykorzystaniu 30 pojazdów (tab. 1). Wydłużone czasy postojów występowały również na stacjach o mniejszym ruchu pasażerskim, pomimo zakończonej już wymiany pasażerów. Czasy postojów pociągów dochodziły do 3 minut przy rozkładowym czasie 30 sekund. Spowodowane było to brakiem możliwości odjazdu pociągu w wyniku wydłużającego się postoju pociągu na stacji poprzedzającej. Dochodziło do tzw. efektu domina – wydłużony postój pociągu na jednej stacji oddziałuje na kolejne pociągi stojące na stacjach. Czas przejazdu całej linii metra wydłużał się w skrajnych przypadkach o 6 minut (do 45 minut przy rozkładowym czasie przejazdu 39 minut). Przeprowadzone obserwacje pozwoliły wskazać kilka zjawisk zachodzących wśród pasażerów, które w istotny sposób wpływały na płynność jazd pociągów. Zaobserwowano między innymi:

- stawanie w świetle drzwi wagonu, co blokuje wejście innym pasażerom i wydłuża czas wymiany pasażerskiej;
- stanie blisko krawędzi peronu, co utrudnia ocenę sytuacji przez maszynistę pod kątem bezpiecznego odjazdu ze stacji i wydłuża postój przy peronie;
- nierównomierne obciążenie wszystkich wagonów, pasażerowie głównie gromadzą się w skrajnych wagonach, co wydłuża wymianę;
- blokowanie drzwi i wsiadanie po sygnale odjazdu skutkujące koniecznością ponownego pełnego otwarcia drzwi i uruchomienia procesu zamknięcia.

Przeprowadzona z pomocą mediów kampania informacyjna i dyskusja wśród pasażerów zmniejszyły skalę zjawiska. Odniesiono sukces i w widoczny sposób obniżono liczbę przypadków i wartość wydłużeń czasów przejazdu oraz czasów postojów pociągów na stacjach w godzinach szczytu. W 2010 roku ponownie dokonano analizy danych dotyczących bieżących czasów następstwa, postojów i przejazdów. Odnotowano zdecydowane skrócenie czasów postoju pociągów na stacjach (do 2 minut), co pozwoliło w większym stopniu dochować rozkładowego czasu następstwa pociągów i zmniejszyło liczbę przypadków wydłużenia czasu przejazdu linii metra. Liczba wydłużonych przejazdów spadła o około 30%, przy czym maksymalne wydłużenie czasu przejazdu zmniejszyło się do 3 minut w porównaniu do 6 minut w roku 2009 (rys. 3).



Rys. 3. Maksymalne wydłużenie czasu postoju pociągów i wydłużenie czasu przejazdu na linii metra M1

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Metra Warszawskiego Sp. z o.o.

W roku 2017, po wprowadzeniu jazd pociągów metra w oparciu o wskazania urządzeń kabinowych systemu AOP, przeprowadzono analizę danych czasów postojów pociągów na stacjach i czasów przejazdów linii metra M1 w celu porównania danych z wynikami z poprzednich pomiarów.

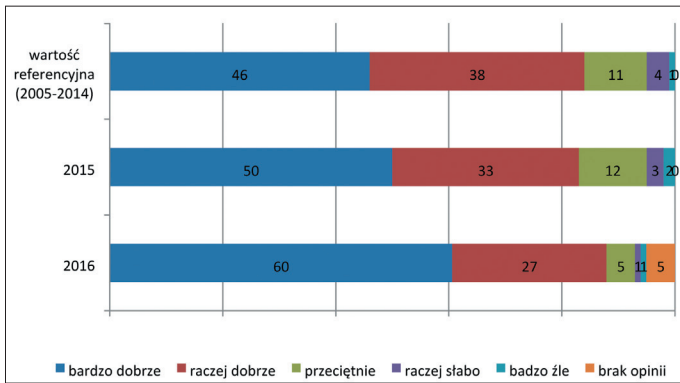
Na rysunku 3 naniesiono uzyskane wyniki w porównaniu do poprzednich badanych okresów. Analogicznie do roku 2009 i 2010 ocenie poddano okres szczytu komunikacyjnego na kierunku Młociny–Kabaty. Uzyskane dane wskazują na kolejną poprawę parametrów. Maksymalne wydłużenie czasu postoju pociągu na stacji uległo zmniejszeniu do 1 minuty. Podobnie czas przejazdu linii metra M1, który według rozkładu wynosi 39 minut, występował z maksymalnym wydłużeniem o 1,5 minuty (40,5 minuty). Jednocześnie spadła liczba przypadków wystąpienia wydłużonego przejazdu w godzinach szczytu komunikacyjnego.

Zachowania pasażerów – badanie opinii pasażerów

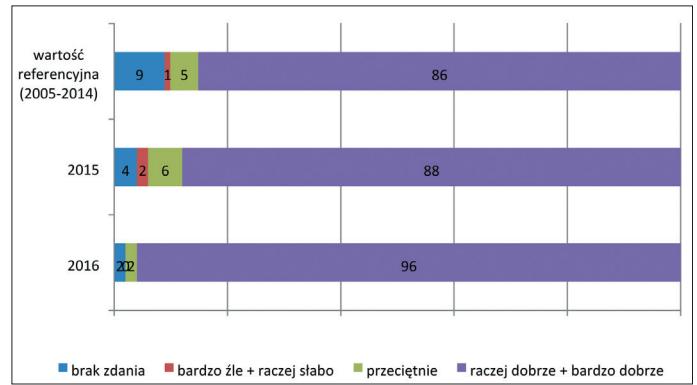
Stosowany w warszawskim metrze rozkład jazdy nie zawiera dokładnych godzin odjazdów (z wyjątkiem weekendowych godzin nocnych), kolejne pociągi odjeżdżają zgodnie z ustaloną w porze dnia częstością (czasem następstwa). Czas następstwa pociągów metra to dla pasażerów czas oczekiwania na peronie na najbliższy pociąg, stanowi on kluczowy wskaźnik oceny jakości świadczonej usługi przez metro w Warszawie.

Każdego roku w czerwcu Metro Warszawskie Sp. z o.o. przeprowadza badania zadowolenia pasażerów. Wśród obywateli z działalności metra podlegających ocenie pasażerowie wypowiadają się w zakresie częstości kursowania metra oraz szybkości i punktualności pociągów metra. Częstość, szybkość oraz punktualność to elementy istotne i powiązane ze sobą. Częstość kursowania (czas następstwa) stanowi podstawowy wskaźnik oceny jakości świadczonej usługi przewozowej.

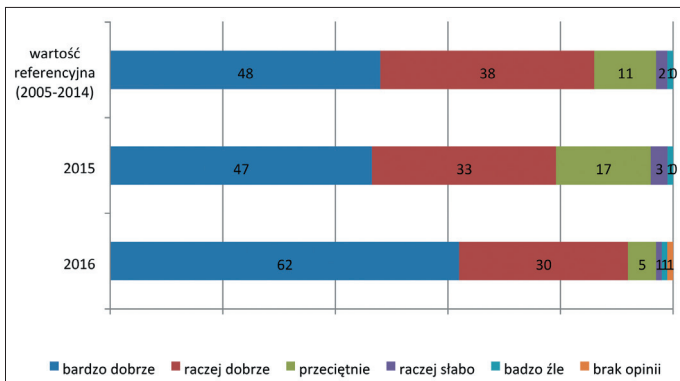
Przeprowadzone w roku 2016 badanie zadowolenia pasażerów metra warszawskiego obejmowało zamianę czasu następstwa pociągów, jaka została wprowadzona od września 2015 roku. Prowadzenie jazd pociągów metra w oparciu



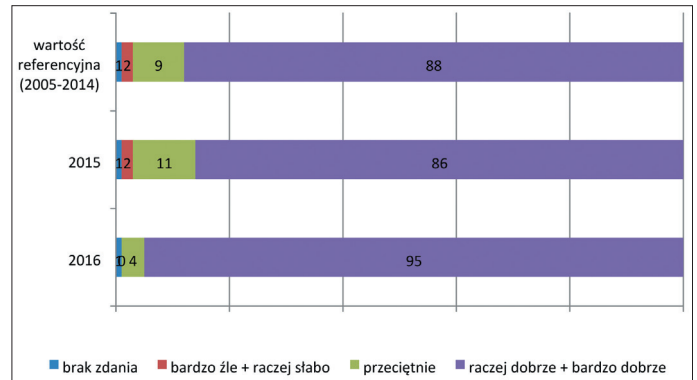
Rys. 4. Ocena częstotliwości kursowania sieci metra (M1+M2) w godzinach 5:00–9:00
Źródło: Badanie zadowolenia pasażerów metra warszawskiego 2016 (XII edycja) [5]



Rys. 6. Punktualność kursowania pociągów metra
Źródło: Badanie zadowolenia pasażerów metra warszawskiego 2016 (XII edycja) [5]



Rys. 5. Ocena częstotliwości kursowania sieci metra (M1+M2) w godzinach 14:00–19:00
Źródło: Badanie zadowolenia pasażerów metra warszawskiego 2016 (XII edycja) [5]



Rys. 7. Prędkość podróżowania pociągami metra
Źródło: Badanie zadowolenia pasażerów metra warszawskiego 2016 (XII edycja) [5]

o system AOP i skrócenie czasu następstwa pociągów linii M1 w okresie szczytowym do 2 minut i 20 sekund zostało odzwierciedlone w wynikach badania (rys. 4, 5).

W opinii pasażerów częstość kursowania pociągów (czas następstwa) corocznie otrzymuje oceny na wysokim poziomie. W badaniu z 2016 roku widoczny jest wzrost ocen bardzo dobrych i jednocześnie wyraźny spadek ocen przeciętnych. Przy niewielkich zmianach w wartościach pozostałych ocen wnioskować można, że pasażerowie dotychczas oceniający częstość kursowania jako przeciętną, wystawili oceny bardzo dobre lub raczej dobre.

Zmiana systemu sterowania ruchem pociągów, oprócz skrócenia czasu następstwa, wpłynęła również na szybkość jazdy i punktualność kursowania pociągów. W opinii pasażerów wymienione wskaźniki jakości świadczonej usługi zostały lepiej ocenione niż w latach poprzednich.

Na każdych 100 badanych pasażerów w zakresie punktualności kursowania pociągów, w 96 przypadkach metro otrzymało noty bardzo dobre i raczej dobre (rys. 6). W porównaniu do roku 2015 oraz wartości referencyjnej pomiarów (lata 2005–2014) widoczny jest spadek ocen negatywnych (bardzo źle + raczej słabo, przeciętnie). Pasażerowie również chętniej udzielali odpowiedzi na pytanie w zakresie punktualności pociągów metra.

Równie wysoko pasażerowie ocenili prędkość podróżowania liniami metra. Otrzymane wyniki są lepsze od średniej oceny z lat 2005–2014 oraz bezpośrednio od wyników z roku 2015 (rys. 7).

Przyznawane oceny przeciętne zostały zmniejszone na rzecz ocen raczej dobrych i bardzo dobrych. Nie odnotowano ocen bardzo złych i raczej słabych, natomiast na tym samym poziomie pozostały przypadki nie udzielenia odpowiedzi dla kryterium szybkość jazdy.

Otrzymywane w każdym badaniu wyniki wskazują, że pasażerowie zainteresowani są takimi czynnikami jak częstość kursowania, szybkość podróżowania i punktualność pociągów metra. W zakresie godzin szczytu komunikacyjnego widoczne jest polepszenie otrzymywanych ocen, jednakże pasażerowie wskazują również na pozostałe pory dnia jako równie istotne dla odbywania podróży metrem. W przekazywanych pasażerom ankietach częstość kursowania metra podzielona jest na okresy czasowe, charakterystyczne dla natężenia ruchu pasażerskiego. Przeprowadzone badania opinii pasażerów wskazują na porę dnia w godzinach 19:00–24:00 jako najslabiej ocenianą w porównaniu do pozostałej części doby, a więc nie tylko sam okres szczytu komunikacyjnego jest istotny w opinii pasażerów [10]. Pora wieczorna jest porównywalna z wartością referencyjną i wyraźnie różni się od wskaźników zadowolenia z częstości kursowania dla pozostałych przedziałów czasowych (nadal jest to jednak ponad 70% zadowolonych pasażerów). Wyniki badań wskazują na konieczność prowadzenia dalszej pracy nad poprawą warunków podróżowania metrem w aspekcie czasu oczekiwania na pociąg.

Badania testowe skrócenia czasu następstwa pociągów

W dniu 27 czerwca 2018 roku w godzinach porannego szczytu komunikacyjnego skierowano do ruchu zwiększoną liczbą pociągów w stosunku do obowiązującego rozkładu jazdy. Zapewniono obsługę 42 składów na linii M1.

Celem przeprowadzonego testu było sprawdzenie możliwości technicznych bezpiecznego prowadzenia jazd pasażerskich z czasem następstwa 2 minuty w warunkach normalnej eksploatacji.

Podczas testu prowadzono obserwacje, a następnie na jej podstawie przeprowadzono analizę wyników. Przedsięwzięcie miało ukazać możliwości prowadzenia ruchu pociągów z czasem następstwa 2 minuty, z uwzględnieniem bezpieczeństwa oraz innych czynników warunkujących powodzenie testu, takich jak: organizacja pracy na Stacji Techniczno-Postojowej oraz linii metra, możliwości technicznych, zachowania pasażerów, funkcjonowania urządzeń. Na podstawie otrzymanych danych oraz spostrzeżeń opracowano wnioski w zakresie uwarunkowań wprowadzenia czasu następstwa 2 minuty na linii M1.

Założenia testu:

- opracowano specjalne założenia dotyczące prowadzenia ruchu pociągów z wykorzystaniem 42 składów na linii metra M1;
- w założeniach uwzględniono następstwo czasowe 2 minutowe w okresie szczytu komunikacyjnego w obu kierunkach, w przedziale czasowym:
 - ze stacji A1 Kabaty w kierunku stacji A23 Młociny w godzinach 5:43–8:57,
 - ze stacji A23 Młociny w kierunku stacji A1 Kabaty w godzinach 6:23–9:39;
- na potrzeby jazd testowych skierowano dodatkowych 12 maszynistów „obrotowych”, których zadaniem była zmiana kierunku składu w torach odstawczych na stacjach końcowych (zgodnie z Założeniami Techniczno-Exploatacyjnymi);
- podczas testu prowadzono bieżącą obserwację ruchu w szczególności w zakresie:
 - realizacji jazd pasażerskich,
 - zgodności wykonania jazd z założeniami,
 - powstawania odchyłeń od przyjętych założeń,
 - wpływu zmian na bezpieczeństwo i zachowania pasażerów,
- po zakończeniu testu ustalono przyczyny nie dotrzymania jazd względem założeń.

Po zakończonym dniu testowym na podstawie zapisów elektronicznych oraz opracowanych przed testem zasad prowadzenia ruchu pociągów, porównano ze sobą otrzymane dane liczbowe – wyniki zaprezentowano w tabeli 2. Do oceny i porównania utrzymania czasu następstwa przyjęto próg czasowy równy 2 minuty oraz dodatkowo progi czasowe wynoszące 2 minuty 20 sekund (czas obowiązujący w obecnych założeniach prowadzenia ruchu pociągów) oraz powyżej 2 minut 20 sekund (odstępstwo od obecnych założeń).

Tabela 2

Stacja	Liczba odjazdów				Osiągnięty średni czas następstwa pociągów [mm:ss]
	z planowanym czasem następstwa 2:00	zrealizowana z czasem następstwa ≤ 2:00	zrealizowana z czasem następstwa > 2:00 i < 2:20	zrealizowana z czasem następstwa > 2:20	
A1	94	47 (50%)	27 (29%)	20 (21%)	2:07
A23	90	39 (43%)	24 (27%)	27 (30%)	2:12

Źródło: Sprawozdanie z przebiegu jazd testowych z czasem następstwa 2 min na linii M1 [6]

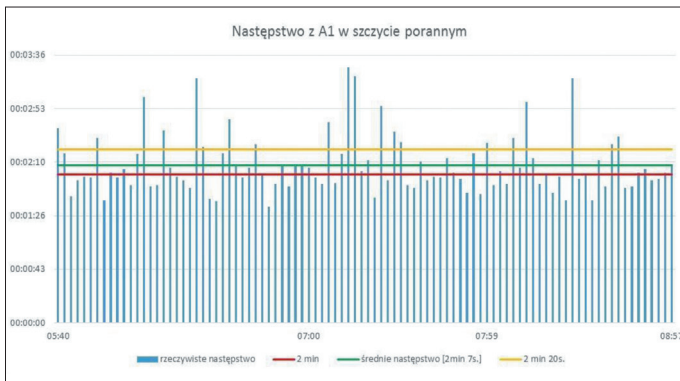
W czasie testu zaplanowano ze stacji A1 Kabaty 94 odjazdy z czasem następstwa 2 minuty, natomiast ze stacji A23 Młociny 90 odjazdów z czasem następstwa 2 min. Na podstawie zapisów elektronicznych otrzymano wyniki pokazujące, iż zrealizowano z czasem następstwa 2 minuty ze stacji A1 Kabaty 47 odjazdów, co stanowiło 50% ogółu odjazdów z tej stacji, natomiast ze stacji Młociny wykonano 39 odjazdów, co stanowiło 43% wszystkich odjazdów z tej stacji. W ramach przyjętych przedziałów czasowych odnotowano także 27 odjazdów ze stacji A1 z następstwem pomiędzy 2 minuty a 2 minuty 20 sekund (29% całości) oraz 24 odjazdy ze stacji A23 (27% całości).

Dla przyjętego progu 2 minuty i 20 sekund, który odpowiada następstwu z aktualnych założeń prowadzenia jazd pasażerskich, zarejestrowano 20 odjazdów ze stacji A1 (21% ogółu odjazdów) oraz 27 odjazdów ze stacji A23 (30% ogółu odjazdów). W celu porównania otrzymanych wielkości i oszacowania jakości osiągniętych wyników obliczono średnią wielkość czasu następstwa w danym kierunku dla okresu szczytu analogicznie do metody obliczeniowej stosowanej przez Zarząd Transportu Miejskiego w Warszawie przy obliczaniu regularności jazd pociągów metra.

Przyjęto, że osiągnięcie średniego czasu następstwa mniejszego lub równego 2 minuty i 15 sekund będzie wynikiem pozytywnym. Rzeczywista wielkość czasu następstwa z tolerancją +15 sekund przyjmowana jest przez Zarząd Transportu Miejskiego jako zrealizowanie jazd zgodnie z założeniami i nie skutkuje naliczaniem kar umownych. Zgodnie z zarejestrowanymi danymi otrzymano średni czas następstwa pociągów odpowiednio:

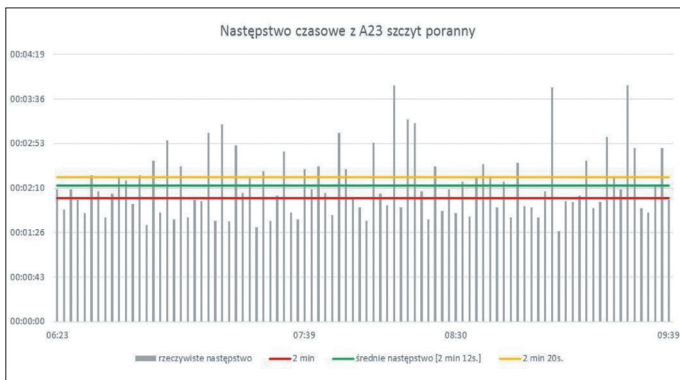
- ze stacji A1 Kabaty 2 minuty i 7 sekund,
- ze stacji A23 Młociny 2 minuty i 12 sekund.

Na rysunku 8 przedstawiono graficznie czasy następstwa kolejnych pociągów odjeżdżających ze stacji A1 Kabaty. Dla porównania naniesiono linię odniesienia dla wartości 2 minut oraz 2 minut 20 sekund jako wartość obowiązującą w obecnych założeniach. W badanym okresie czasu (szczyt poranny) uzyskano średni czas następstwa 2 minuty 7 sekund. Analogicznie do stacji A1 zaprezentowano osiągnięte rzeczywiste czasy następstwa dla odjazdów ze stacji A23 Młociny, co przedstawia rysunek 9. W badanym okresie (szczyt poranny) uzyskano średni czas następstwa 2 minuty 12 sekund.



Rys. 8. Czasy następowania pociągów odjeżdżających ze stacji A1 Kabaty

Źródło: Sprawozdanie z przebiegu jazd testowych z czasem następowania 2 minuty na linii M1 [6]



Rys. 9. Czasy następowania pociągów odjeżdżających ze stacji A23 Młociny

Źródło: Sprawozdanie z przebiegu jazd testowych z czasem następowania 2 minuty na linii M1 [3]

Przeprowadzone jazdy testowe z następowaniem czasowym 2 minuty na linii metra M1 realizowane z udziałem 42 pociągów, pozwalają ocenić przeprowadzony test pozytywnie. Uzyskano średnie następowanie czasowe z tolerancją nie przekraczającą +15 sekund. Test potwierdził, że możliwości techniczne, jakimi aktualnie dysponuje metro warszawskie, są wystarczające dla bezpiecznego prowadzenia ruchu pasażerskiego z czasem następowania 2 minut, z zastrzeżeniami dotyczącymi układu torowego stacji A1 Kabaty. Udało się uzyskać zakładany czas następowania dla około 50% odjazdów. Intensyfikacja jazd pasażerskich i zwiększona liczba pociągów w ruchu podwyższa podatność na niedotrzymanie założeń rozkładowych.

Na przykładzie czynników zaobserwowanych podczas testów wdrożenie skróconego czasu następowania pociągów wymagałoby wprowadzenie zmian w następujących obszarach:

- wprowadzania pociągów z STP i obracania pociągów z linii na wspólnym torze nr 3 stacji A1,
- wprowadzania pociągu w tor 1b stacji A1 w celu odstawienia jako rezerwa ruchowa tylko poprzez tor przyperonowy,
- wprowadzania pociągów z STP i obracania pociągów z linii na wspólnym torze nr 4 stacji A1.

Realizacja zaproponowanych zmian wpłynie również na zwiększenie elastyczności prowadzenia ruchu podczas wydarzeń na linii metra, jak również w zależności od miejsca i typu wydarzenia może przyczynić się do zmniejszenia odczuwalności skutków wydarzenia przez pasażerów.

Niezbędne byłoby też przeprowadzenie kampanii wśród pasażerów promującej właściwe zachowania (nie wsiadanie po sygnale, nie blokowanie drzwi itp.), zgodnie z przepisami porządkowymi i regulaminem przewozu obowiązującym w lokalnym transporcie zbiorowym organizowanym przez Miasto st. Warszawa.

Podsumowanie

- Czas następowania pociągów (częstość kursowania) to istotny czynnik wpływający na jakość świadczonej usługi. Jego wielkość jest zależna od elementów, które można kształtować w obszarze działań technicznych za pomocą dostępnych rozwiązań systemów prowadzenia ruchu, jak również poprzez wpływanie na zachowania pasażerów.
- Zmiany wprowadzone w obu obszarach przyniosły efekt w postaci zwiększenia zdolności przewozowych linii, podaży miejsc w wagonach i skrócenia czasu następowania pociągów.
- Prowadzone od dwunastu lat coroczne badania opinii pasażerów potwierdzają, że częstość kursowania, szybkość jazdy i punktualność kursowania pociągów metra mają duże znaczenie dla pasażerów. Czynniki te są istotne dla pasażerów, niezależnie w jakiej porze dnia odbywają podróż metrem.
- Wykonany w warunkach rzeczywistych test sprawdzający możliwość realizacji przewozów pasażerskich z czasem następowania 2 minuty wykazał, że jest to możliwe,
- Wdrożenie na stałe następowania pociągów wynoszącego 2 minuty wymaga korekt w obszarze infrastruktury linii metra i organizacji pracy oraz przygotowania programu informacyjnego dla pasażerów.

Literatura

1. Raport roczny 2014, Metro Warszawskie Sp. z o.o., Warszawa 2015.
2. Raport roczny 2016, Metro Warszawskie Sp. z o.o., Warszawa 2017.
3. *Sprawozdanie z przebiegu jazd testowych z czasem następowania 2 min na linii M1*, Metro Warszawskie Sp. z o.o., Warszawa, 2018.
4. Lejk J., *Analiza ryzyka w projektach transportowych na przykładzie metra warszawskiego*, Poznań 2018.
5. *Badanie zadowolenia pasażerów metra warszawskiego 2016 (XII edycja)*, Metro Warszawskie Sp. z o.o., Warszawa 2016.