



Fot. MPK Kraków

Mariusz Niekurzak, Ewa Kubińska-Jabcoń, Agnieszka Bazior

# Analiza inteligentnych systemów transportowych na przykładzie miasta Krakowa

JEL: R42, L96. DOI: 10.24136/atest.2018.028.

Data zgłoszenia: 19.02.2018. Data akceptacji: 25.05.2018.

*Przedmiotem badań jest transport miejski w Krakowie. Użytkownikami dróg są kierowcy i pasażerowie pojazdów spalinyowych, szynowych, elektrycznych oraz napędzanych siłą mięśni, a także piesi. Wszyscy mają prawo do korzystania z dróg publicznych, jednak pod pewnymi warunkami. Celem miasta jest zapewnienie takiej infrastruktury oraz uchwalenie takich przepisów, które umożliwią im współistnienie. Zarząd Infrastruktury Komunalnej i Transportu ma za zadanie zapewnić taką organizację ruchu, w tym komunikacji zbiorowej, aby miasto było przejezdne, a wymagania pasażerów spełnione. Przejazdy powinny odbywać się płynnie i bez większych zakłóceń. Innowacyjnym rozwiązaniem w zakresie usług transportowych w ruchu pasażerskim jest zastosowanie inteligentnych systemów transportowych (ITS).*

**Słowa kluczowe:** Inteligenty systemy transportowe, telematyka, Kraków.

## Wstęp

Przemieszczanie się jest związane jest z podejmowaniem pracy i nauki oraz innych aktywności z dala od miejsca zamieszkania. Czas przejazdu, komfort i bezpieczeństwo podróży oraz czynniki ekonomiczne są dla wielu osób kluczowe w wyborze środka transportu. Ludzie podróżują więcej i chętniej niż w przeszłości. Są to cele zarówno wymuszone potrzebami życiowymi, jak i chęcią poznawania świata. Oprócz mieszkańców po Krakowie regularnie przemierzają się osoby z pobliskich miejscowości, dojeżdżające do pracy i szkoły oraz niezameldowani studenci. Do Krakowa w 2017 r. przyjechało prawie 13 mln turystów [18]. Przejazdy związane z wypoczynkiem i w celu załatwienia spraw (np. zakupy, urzędy) odbywają się nieregularnie. Przejazdy do pracy i szkoły generują ruch wpływający na szczyt poranny i popołudniowy. W godzinach szczytu komunikacyjnego środka transportu publicznego jeżdżą z większą częstotliwością [8].

Jednym z kryteriów oceny atrakcyjności miasta jest kwestia czasu i łatwości komunikacji. Transport publiczny jest także istotnym czynnikiem kreowania warunków prowadzenia działalności gospodarczej [4]. Oprócz tych pozytywnych cech, transport

powoduje również skutki negatywne, w tym zanieczyszczenie środowiska naturalnego, wypadki komunikacyjne i kongestię. Generują one wysokie koszty ekonomiczne [5]. Instrumentem przeciwdziałania tym negatywnym zjawiskom jest m.in. wdrażanie inteligentnych systemów transportowych (ITS), sprzyjających planowaniu zrównoważonej mobilności [3]. W procesie tym szczególnie istotne jest ograniczenie ruchu samochodowego. W tym zakresie władze miasta mogą promować zrównoważone środki transportu albo zniechęcać do przejazdów własnymi autami. Ta strategia określana jest pojęciem *push & pull*. Działania typu *pull* służą zachęcaniu, a *push* – zniechęcaniu [17]. Wydaje się, że zarówno dla mieszkańców, jak i władz, lepszą opcją jest taka rozbudowa i organizacja komunikacji miejskiej i infrastruktury pieszo-rowerowej, aby pasażerowie dobrowolnie zrezygnowali z samochodów osobowych. Te działania są jednak kosztochłonne oraz czasochłonne. W większości miast, w tym również w Krakowie, stosowana jest strategia *push & pull*.

## 1. Problemy współczesnego transportu miejskiego

Problem dobrego zarządzania transportem, tak aby umożliwić korzystanie z infrastruktury drogowej wszystkim użytkownikom dróg, jest znany od dawna. W ostatnich dziesięcioleciach ulice wielu miast, w tym Krakowa, stały się zatłoczone. Można wskazać wiele przyczyn takiego stanu rzeczy. Najistotniejsze z nich to:

- ◆ większa dostępność samochodów osobowych, co wiąże się ze wzrostem liczby pojazdów;
- ◆ wzrost liczby mieszkańców miast;
- ◆ budowa osiedli w granicach administracyjnych miasta i poza nim, które są „sypialniami” dla osób pracujących niedaleko centrum;
- ◆ trudności w znalezieniu pracy, co wiąże się z częstszym podejmowaniem pracy z dala od swojego miejsca zamieszkania.

W mieście częstym zjawiskiem jest kongestia. Występuje, gdy natężenie ruchu jest większe niż przepustowość ulic bądź skrzyżowań. Objawia się ono zmniejszeniem prędkości lub całkowitym zatrzymaniem pojazdów powodującym zatory, które „rozlewają się” także na sąsiednie ulice. Zatory, popularnie nazywane korkami, powstają najczęściej w miejscach, które są „wąskimi gardłami”. Są to miejsca o zbyt małej przepustowości. Przeważnie są to skrzyżowania, które stanowią punkt przesiadkowy i umożliwiający przemieszczenie się w wielu kierunkach. W Krakowie przykład stanowi skrzyżowanie ulicy Westerplatte z ul. Starowiślną, gdzie tworzą się nie tylko zatory w ruchu samochodowym, ale także tramwajowym. Sytuację, w której kongestia przenoszona jest na drogi dojazdowe do „wąskiego gardła”, nazywamy kongestią wtórną. Jedną z przyczyn zatorów jest historyczna zabudowa Krakowa, ale istotne są także błędy przy projektowaniu nowych ulic. Kilkadziesiąt lat temu urbaniści, wytyczając nowe drogi, nie brali pod uwagę takiego rozwoju motoryzacji, jaki się dokonał.

Inną przeszkodą w poruszaniu się po mieście może być sytuacja drogowa, przez którą wyłączony z ruchu zostaje pas bądź pasy drogowe. Na terenie zurbanizowanym służby ratownicze szybko wyznaczają objazd. W najtrudniejszym położeniu są uczestnicy ruchu, którzy znaleźli się w pobliżu wypadku lub kolizji, zwłaszcza gdy okoliczności i liczba pojazdów utrudniają bądź uniemożliwiają wycofanie się.

Warto zwrócić też uwagę na możliwe awarie pojazdów obsługujących transport publiczny. W takim przypadku przewoźnik ma obowiązek niezwłocznie podstawić pojazd zastępczy. Zdarzają się również awarie trakcji. Nie jest to wina Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego S.A. w Krakowie, które na dzień

dzisiejszy ma podpisaną umowę na obsługę linii tramwajowych na terenie miasta Krakowa. Niemniej jednak to od przewoźnika zależy, jak bardzo niedogodności odczują pasażerowie. Uruchamiana zostaje autobusowa linia zastępcza, która kursuje za pojazd szynowy – tramwaj.

Wraz ze wzrostem tempa życia ludzie bardziej cenią swój czas. Starają się jak najmniej poświęcać go na czynności – ich zdaniem – niepotrzebne bądź nieprzyjemne. Zatem najchętniej wybraliby środek transportu, który najszybciej dowiezie ich do celu. Współcześnie szybkość przewozu oraz koszty są dla większości najważniejszymi kryteriami wyboru środka transportu. Podstawowymi kryteriami, względem których oceniana jest atrakcyjność transportu publicznego przez mieszkańców, są:

- ◆ czas przejazdu;
- ◆ czas oczekiwania na przesiadkę;
- ◆ częstotliwość, z jaką kursują środki komunikacji publicznej;
- ◆ odległość od przystanku.

Wiele miast, w tym Kraków, ma na uwadze potrzeby rozwiązania problemów komunikacyjnych. W przeciwnym razie, jak wskazują prognozy, utrudnienia będą się pogłębiać. Część rozwiązań skupia się tylko na minimalizowaniu skutków, nie eliminując przyczyn. Są to działania doraźne, które mogą przynieść pożądany efekt w krótkim okresie czasu. Jednak skutki te nie są długotrwałe. Przykładem jest możliwość bezpłatnego przejazdu komunikacją, gdy zanieczyszczenie powietrza przekroczy normy pod warunkiem posiadania dowodu rejestracyjnego pojazdu. Część osób skorzysta z tego rozwiązania, ale gdy tylko przejazdy stają się znów płatne, osoby te przesiadają się z powrotem do swoich samochodów.

Problemu zatorów drogowych nie da się rozwiązać tylko przez rozbudowę ulic. Często zwiększenie przepustowości jednego węzła nie powoduje rozładowania zatorów, nawet jeśli to jest „wąskie gardło”, ponieważ więcej osób planuje jechać tą trasą i okazuje się, że rozbudowa nie była wystarczająca. Jeżeli uda się uniknąć tego problemu, wówczas „wąskie gardło” powstaje na pobliskim skrzyżowaniu. Wydaje się, że dobrym rozwiązaniem jest zminimalizowanie liczby samochodów osobowych wjeżdżających do miasta.

Pasażerowie dbają nie tylko o czas przejazdu i stan środowiska, ale także o bezpieczeństwo i komfort podczas podróży. Tendencja ta jest wyraźnie widoczna, jeśli prześledzimy, jakie pojazdy zostały zakupione przez ostatnie kilkadziesiąt lat przez jednostki miejskie. Obecnie normą stały się: klimatyzacja, ogrzewanie, miejsce na wózek dziecięcy bądź inwalidzki z pasami bezpieczeństwa.

Ze względu na swoje położenie w kotlinie uprzemysłowienie, ogrzewanie wielu budynków piecem węglowym oraz wzrost liczby samochodów Kraków boryka się ze smogiem. W ostatnich kilkunastu latach wzrosła świadomość, że zdrowie ludzi jest ściśle związane z czystym środowiskiem. Taka postawa mieszkańców niejako zmusza sprawujących władzę do podejmowania inicjatyw, które ograniczą emisję szkodliwych substancji. Jednym ze sposobów jest promowanie zrównoważonych środków transportu.

## 2. Telematyka transportu

Termin telematyka pojawił się wraz z rozwojem informatyki, telekomunikacji i multimedialności, a co za tym idzie – nadejściem ery społeczeństwa informacyjnego. Termin ten zaczęto stosować w różnych gałęziach gospodarki, stąd telematyka medyczna, ochrony środowiska, finansowa, operacyjna, budowlana, pocztowa, biblioteczna. Zastosowanie telematyki w nowoczesnym

transporcie wygenerowało termin „telematyka transportowa”, który obejmuje systemy pozwalające wpływać na zachowania uczestników ruchu drogowego, a także urządzenia techniczne w pojazdach i na trasie przewozu. Telematyka transportowa polega na transmisji danych i ich analizie [13].

Telematyczne systemy transportowe wykorzystują różne urządzenia, oprogramowania i aplikacje, np.:

- ♦ sieci komórkowe GSM;
- ♦ Internet (sieci WAN – rozległe, sieci LAN – lokalne);
- ♦ bazy danych drogowych;
- ♦ systemy nawigacji satelitarnej GPS;
- ♦ systemy łączności radiowej;
- ♦ czujniki, detektory, kamery, radary, sterowniki, będące urządzeniami monitorowania ruchu drogowego;
- ♦ zmienne tablice świetlne informujące kierowców i podróżnych [13].

Rolą systemów telematycznych jest wspomaganie uczestników ruchu i umożliwienie im podejmowania właściwych decyzji. Systemy telematyki transportowej ułatwiają sterowanie ruchem pojazdów, zwiększają płynność ruchu oraz bezpieczeństwo użytkowników ruchu, zmniejszają negatywne wpływy na środowisko. Na przykład można organizować objazdy odcinków przeciążonych czy zablokowanych dzięki przekazywaniu *online* danych o sytuacji na drogach oraz przekazywaniu, również *online*, decyzji podjętych zgodnie ze strategią sterowania. Kierowcy otrzymują polecenia w formie znaków drogowych drogą radiową oraz systemem GSM i GPS. Przy wprowadzaniu do użytku systemów telematycznych należy zwrócić uwagę na interfejs człowiek-maszyna (MMI). Z jednej strony minimalizuje to ryzyko pomyłki prowadzących, z drugiej zaś ludzie powinni mieć możliwość nadzorowania systemów sterowania [12].

Na dużych skrzyżowaniach w Krakowie instaluje się urządzenia wyposażone w specjalistyczne oprogramowanie do zbierania danych, ich przetwarzania i wydawania poleceń urządzeniom wykonawczym (na podstawie uzyskanych wyników). Oprogramowanie mierzy natężenie ruchu i dobiera optymalne czasy trwania cykli sygnalizacji świetlnej w celu maksymalnego upłynnienia ruchu na skrzyżowaniach objętych sterowaniem. Natężenie ruchu jest mierzone przy użyciu pętli indukcyjnych instalowanych w jezdni oraz nowocześniejszą metodą przez wideodetektory. Pomiarów dokonuje się na wlotach poszczególnych skrzyżowań, a do analizy brane są dane ze wszystkich sąsiadujących ze sobą skrzyżowań – tak, aby na całym ciągu komunikacyjnym, w skład którego wchodzi te skrzyżowania, była zapewniona płynność ruchu. Ze względu na duże natężenie ruchu w Krakowie dąży się do uprzywilejowania transportu publicznego, aby jego przejazd przez zatłoczone ulice odbywał się w miarę płynnie. Można ten cel realizować na kilka sposobów. Na niektórych skrzyżowaniach w Krakowie, posiadających torowisko tramwajowe, zainstalowano sterowniki, które, uzyskując informacje o nadjeżdżającym tramwaju, analizują je pod względem zgodności z rozkładem jazdy i na tej podstawie tramwaj otrzymuje pierwszeństwo (priorytet) przejazdu przez skrzyżowanie.

Systemy telematyczne przekazują również informacje dla podróżnych o sposobach i warunkach podróży: dane o sieci ulicznej w transporcie indywidualnym, dane o liniach transportu publicznego, rozkłady jazdy, taryfy, dane o zatorach, opóźnieniach w komunikacji zbiorowej [13].

Do realizacji zadań systemów telematycznych potrzebna jest aktualna i wiarygodna informacja, która jest otrzymywana dzięki instalowaniu na infrastrukturze transportowej wyspecjalizowanych elementów technicznych, m.in.:

- ♦ liczników pojazdów;
- ♦ kamer;
- ♦ obserwacji satelitarnych;
- ♦ stacji pogodowych;
- ♦ urzędzeń do transmisji informacji;
- ♦ systemów komputerowych przetwarzających informacje;
- ♦ urzędzeń informujących typu znaki zmiennej treści, sterowane światłami [19].

W Krakowie przy pl. Wszystkich Świętych zainstalowano nawet kamerę do obserwacji pojazdów wjeżdżających do strefy ograniczonego ruchu wraz z detekcją numerów rejestracyjnych pojazdów i porównywaniem z bazą pojazdów uprawnionych do wjazdu do takiej strefy.

Rozwiązania telematyczne stosuje się w celu:

- ♦ poprawy bezpieczeństwa ludzi i środowiska;
- ♦ zwiększenia efektywności transportu publicznego i ułatwienia sterowania ruchem pojazdów;
- ♦ ekonomizacji budowy infrastruktury;
- ♦ usystematyzowania rozwoju, m.in. wdrażania strategii rozwojowych miasta [19].

Można stwierdzić, że telematyczne systemy transportowe stanowią nowe, zintegrowane podejście do rozwiązywania problemów transportowych w Krakowie. Przyczyniają się do zwiększenia dostępności i mobilności transportu publicznego, równocześnie minimalizując jego negatywne oddziaływanie, takie jak korki na drogach, wypadki, duże zużycie energii, zanieczyszczenie środowiska naturalnego, koszty budowy infrastruktury. Zastosowanie telematyki koncentruje się na infrastrukturze i pojazdach, za pośrednictwem których inteligentne systemy transportowe wpływają na zachowanie się ludzi.

### 3. Inteligentne systemy transportowe

W 1994 r. na I Światowym Kongresie w dziedzinie systemów transportowych w Paryżu została zdefiniowana koncepcja wykorzystująca nowoczesne rozwiązania technologiczne w zarządzaniu ruchem miejskim. Pierwszy raz użyto nazwę inteligentne systemy transportowe. Zgodnie z ustaleniami z Kongresu ITS oznacza systemy, które stanowią szeroki zbiór różnych technologii (telekomunikacyjnych, informatycznych, automatycznych i pomiarowych), jak również technik zarządzania stosowanych w transporcie w celu zwiększania bezpieczeństwa uczestników ruchu, zwiększenia efektywności systemu transportowego oraz ochrony zasobów środowiska naturalnego [7].

Komisja Europejska w Komunikacie „Plan wdrożenia inteligentnych systemów transportowych w Europie, COM (2008) 886” z dnia 16 grudnia 2008 r. przedstawiła obszary działań, w których w pierwszej kolejności należy zająć się wdrażaniem rozwiązań wchodzących w skład ITS. Plan wymienia 6 obszarów:

1. Optymalne wykorzystanie danych dotyczących dróg, ruchu i podróży.
2. Ciągłość usług ITS w zakresie zarządzania ruchem i transportem towarowym w europejskich korytarzach transportowych i konurbacjach.
3. Bezpieczeństwo i ochrona w transporcie drogowym.
4. Integracja pojazdu z infrastrukturą transportową.
5. Bezpieczeństwo i ochrona danych oraz kwestie odpowiedzialności.
6. Europejska współpraca i koordynacja w zakresie ITS [7].

Jest to bardzo ogólny zarys. Niemniej jednak wyznacza kierunki w zarządzaniu transportem. Wiele gmin w Polsce, także gmina miejska Kraków, zaczęło już wprowadzać takie rozwiązania. Jako podstawowe korzyści wymienia się:

- ◆ zwiększenie przepustowości sieci ulic o 20–25%;
- ◆ poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego (zmniejszenie liczby wypadków o 40–80%);
- ◆ zmniejszenie czasów podróży i zużycia energii o 45–70%;
- ◆ poprawę jakości środowiska naturalnego (redukcja emisji spalin o 30–50%);
- ◆ poprawę komfortu podróżowania i warunków ruchu kierowców podróżujących transportem zbiorowym oraz pieszych;
- ◆ redukcję kosztów zarządzania taborem drogowym;
- ◆ redukcję kosztów związanych z utrzymaniem i renowacją nawierzchni;
- ◆ zwiększenie korzyści ekonomicznych w regionie [11].

## 4. Tablice dynamicznej informacji pasażerskiej

Aby prawidłowo zaplanować przejazd, trzeba mieć dostęp do kluczowych informacji. Niewątpliwie do takich należą: godzina odjazdu, czas przejazdu, ewentualnie dane, gdzie i na jaką linię należy się przesiąść. Standardem są umieszczane na przystankach rozkłady jazdy. Niestety, często nie pokrywają się one z rzeczywistością. Autobusy oraz tramwaje z różnych powodów, np. występowania zjawiska kongestii, przyjeżdżają opóźnione. Oczekujący nigdy nie mogli mieć pewności, jak długo jeszcze będą musieli czekać. Obecnie ludzie oczekują, że informacja będzie podawana w czasie rzeczywistym, co wymaga, żeby była jak najczęściej aktualizowana. W tym celu stosowane są np. systemy GPS, znajdujące się w pojazdach. Przekazują one sygnał o swojej lokalizacji do centrum zarządzania, dzięki któremu informacje są aktualizowane na tablicach DPI [1]. W 2005 r. Zarząd Infrastruktury Komunalnej i Transportu w Krakowie (ZIKiT) zaczął realizować elementy ITS, m.in. przez wprowadzanie Systemu Informacji Pasażerskiej PIS (ang. *Passanger Information System*), w którego skład wchodziły tzw. tablice dynamicznej informacji pasażerskiej DPI (ang. *Dynamic Passanger Information*). Są to montowane na przystankach tramwajowych tablice, które służą do wyświetlania aktualnych komunikatów i godzin odjazdu tramwajów. Na samej górze znajduje się oficjalna nazwa przystanku, poniżej wypisane są nazwy kolumn: linia, przystanek docelowy, odjazd. Poniżej na wyświetlaczu LED prezentowane są informacje. W starszych modelach wyświetlacz liczył 3 linijki, w nowszych 5. Starszy model przedstawia zdjęcie nr 1. Odjazd może być wyświetlany w formie liczby minut, jakie pozostały do pojawienia się pojazdu na tym przystanku (przy czym liczba minut wyrażona jest liczbą naturalną różną od zera bądź w formie godziny). Gdy pojazd podjeżdża na przystanek, wyświetlają się symbole „>>>>”. Czcionka tych informacji ma min. 40 mm. Ponadto słupy, na których zamontowane są wyświetlacze, wyposażone są w przycisk, po naciśnięciu którego wszystkie wyświetlane informacje są głośno odczytywane (taki model po raz pierwszy został zamontowany w Krakowie w 2013 r.). Istnieje możliwość, aby informacja o tramwaju w przedostatniej linii zmieniała się co 5 s. Ostatnia linia przeznaczona jest na aktualną godzinę oraz komunikaty dot. awarii, darmowej komunikacji w danym dniu bądź innych, istotnych z punktu widzenia pasażerów, informacji. Może ona być wyświetlana statycznie albo być przewijana ze stałą prędkością. Istnieje także możliwość wyświetlania kilku komunikatów z 5-sekundowym odstępem.

Pierwsze tablice zaczęły pojawiać się w związku z budową Krakowskiego Szybkiego Tramwaju linii nr 50 w 2008 r. Następnie w 2010 r. umieszczono je także w Starym Mieście. Podjęto także decyzję o montowaniu tablic na powstających liniach tramwajowych. W 2013 r. zaczęto instalować DPI na pozostałych przystan-

kach. Zgodnie z podjętą wtedy decyzją w tablice dynamicznej informacji pasażerskiej mają być wyposażone przystanki tramwajowe na wszystkich trasach; wyjątek stanowią linie do Pleszowa i Walcowni. Tam informacja jest umieszczona tylko na przystanku końcowym. Na trasie linii 50 wymieniono tablice na nowsze modele. Używane zostały zamontowane na przystankach, z których korzysta mniej pasażerów. Obecnie w Krakowie znajduje się ponad 250 tablic [2, 15, 16]. Kraków – jako jedno z pierwszych miast w Polsce – w takim stopniu rozbudował i wprowadził DPI do powszechnego użytku. Jest to rozwiązanie, które ułatwia przebycie trasy z punktu A do B w najkrótszym czasie. Umożliwia także efektywniejsze wykorzystanie alternatywnych tras. Zaletą takiego rozwiązania jest także prezentowanie przewoźnika i organizatora transportu jako przedsiębiorstw zorientowanych na klienta. Wadą są poniesione koszty. Pasażerowie nie odczuwali braku tablic DPI, gdy wcześniej ich nie było. Muszą one działać bez zarzutu. W sytuacji, gdy wskazują inny czas oczekiwania niż jest rzeczywisty, powodują frustrację pasażerów i szkodzą wizerunkowi komunikacji miejskiej.

## 5. Aplikacje ułatwiające zakup biletu i planowanie podróży

Pasażerowie powinni mieć możliwość zakupu biletów w jak najmniej uciążliwy dla nich sposób. Zwiększa to przychody. Osoby posiadające Krakowską Kartę Miejską (KKM) mają zapisany na elektronicznym nośniku bilet wraz z datą ważności oraz informacją o rodzaju biletu. Za pierwszym razem konieczne jest udanie się do Punktu Sprzedaży Biletów (PSB). Od początku 2013 r. na kartach drukowane jest zdjęcie, dzięki czemu nie ma potrzeby wydawania przez MPK S.A. dodatkowej legitymacji poświadczającej tożsamość. Dla studentów i doktorantów niektórych uczelni wyższych istnieje możliwość zapisania biletu okresowego na legitymacji studenckiej. Dzięki temu nie trzeba mieć przy sobie 2 kart. W przyszłości celem KKM jest zintegrowanie także innych usług wykonywanych przez Gminę Miejską Kraków, takich jak parkowanie w Strefie Płatnego Parkowania czy korzystanie z usług niektórych instytucji kulturalnych [9]. Kolejnych zakupów biletów na KKM można dokonywać albo w PSB, albo w biletomatach, albo *online* przez stronę doładowań eBilet. Można na niej dokonać płatności, ale w celu zapisu biletu na karcie KKM niezbędne jest udanie się do biletomatu. Są one zamontowane przy przystankach oraz w większości tramwajów i autobusów. W 2018 r. nad urządzeniami umieszczonymi na zewnątrz budowane są zadaszenia, aby podczas deszczu i śniegu pasażerowie mogli komfortowo z nich korzystać. W biletomatach można dokonać zakupu także biletów podlegających skasowaniu, dzięki czemu nie trzeba przychodzić na przystanek dużo wcześniej i szukać kiosku. Za bilety jednonaprzemysłowe można płać mobilnie, a zakupiony bilet okazać w przypadku kontroli na nośniku elektronicznym. Aplikacje to SkyCash, moBILET, mPay czy iMKA; łączą one w sobie także możliwości zakupu innych usług, np. biletów kolejowych, opłat za parkowanie itp.

Niektóre osoby korzystające z komunikacji miejskiej w Krakowie wprowadzają nowe rozwiązania ułatwiające poruszanie się po mieście. W Internecie dostępna jest mapa łącząca ogólnodostępne dane z ZIKiT-u oraz mapę miasta, dzięki czemu można śledzić w czasie rzeczywistym, w jakim położeniu znajdują się obecnie tramwaje. Już będąc w domu, można się dowiedzieć, czy pojazd wyjechał z pętli. Działa to na podobnej zasadzie jak DPI. Zaletą jest fakt, że do sprawdzenia tej informacji nie trzeba znajdować się na przystanku.

Dla wielu miast polskich, również dla Krakowa, działa aplikacja internetowa pod nazwą „Jakdojade.pl” (www.jakdojade.pl). Jej działanie polega na wyświetleniu możliwych, kilku najszybszych, połączeń pomiędzy zadanymi punktami. Dzięki tej aplikacji możemy dowiedzieć się również, jaki jest spodziewany czas podróży oraz zdobyć informacje o liczbie i miejscu przesiadek. Jest ona przydatna zwłaszcza na trasach, na których dany użytkownik rzadko się przemieszcza. Niewątpliwie dzięki takiemu rozwiązaniu skracają się czasy oczekiwania pasażerów na przystanku, co zachęca do korzystania z komunikacji publicznej oraz zmniejsza zjawisko kongestii. Osoby, które nie chcą korzystać z nowych technologii, mogą nadal wykorzystywać tradycyjne sposoby zakupu biletu oraz sprawdzać rozkład jazdy na przystankach.

### 6. Inteligentne skrzyżowania

Sygnalizacja świetlna powoduje zatrzymanie w ruchu odbywającym się w danym kierunku. Spowalnianie jadących pojazdów, a później czas potrzebny do wznowienia ich ruchu, wydłużają stracony czas. Podczas ruszania spalanie jest większe niż podczas płynnej jazdy, co prowadzi do wzrostu zanieczyszczeń. Zwiększa się także prawdopodobieństwo kolizji. Inteligentne skrzyżowania mają na celu takie sterowanie sygnalizacją świetlną, aby ruch był możliwie jak najpłynniejszy. Zaletą takiego rozwiązania jest także możliwość nadania pierwszeństwa danej grupie pojazdów – najczęściej są to pojazdy komunikacji miejskiej. Można faworyzować również pieszych, rowerzystów, pojazdy jadące z danego kierunku itp. Zależy to od woli decydenta i polityki transportowej prowadzonej przez władze miejskie. Innym podejściem do zarządzania transportem jest próba minimalizacji łącznego czasu wszystkich uczestników ruchu. Oznacza to, że żadna grupa nie ma pierwszeństwa założonego z góry przed innymi. To, jak zostaną przełączone światła, zależy od natężenia ruchu. Tam, gdzie jest największa ilość oczekujących, tam dłużej będzie świecić się zielone światło.

W Krakowie najczęściej pierwszeństwo otrzymują pojazdy szynowe. Widać to zwłaszcza na skrzyżowaniach, gdzie jest osobne przejście przez torowisko i przez jezdnię. Światło zielone na przejściu dla pieszych przez torowisko jest włączone przez większość czasu i nie zależy od światła przy przejściu przez jezdnię ani od tego, czy są piesi oczekujący na przejściu. W momencie dojeżdżania tramwaju do przejścia sygnalizator zaczyna świecić się na czerwono. Pojazd szynowy nie musi zatem czekać na swoje światło zielone. Podczas zmiany świateł na niektórych skrzyżowaniach upływa kilka sekund, w czasie których wszyscy użytkownicy mają czerwone światła. Decydują tutaj kwestie bezpieczeństwa. Kierowcom zdarza się przejechać skrzyżowanie już po zapaleniu czerwonego światła. Piesi również nie są chętni czekać i wchodzić na przejścia w ostatniej chwili.

Podczas planowania ustawień sygnalizacji świetlnej, mającej usprawnić ruch, należy zwrócić uwagę na to, które kierunki są ze sobą kolizyjne. Sytuacją niedopuszczalną jest, aby czerwone światło było w momencie, gdy kierunek jazdy jest bezkolizyjny ze wszystkimi, które w danym momencie mają zielone. Zasadą jest, że jak największa liczba kierunków powinna mieć możliwość przejazdu w jednym czasie [6].

Innym rozwiązaniem jest montaż przy przejściach dla pieszych przycisków. Po ich naciśnięciu w niedługim czasie powinno zapalić się zielone światło dla pieszych. Względny bezpieczeństwa wymagają jednak, aby zmiana nie była natychmiastowa. Jest to dobre rozwiązanie na obszarze, gdzie piesi sporadycznie chcą

przejść przez jezdnię. Powoduje to większą przepustowość ruchu samochodowego oraz możliwość ekonomiczniejszej jazdy dla kierowców.

Ciekawym eksperymentem było wyłączenie sygnalizacji świetlnej w okolicy Plant. Panuje tam wzmógłony ruch pieszy oraz komunikacji zbiorowej. Jak wskazuje ZIKiT, liczba kolizji i wypadków spadła [10]. Wynika to z faktu, że zarówno piesi, jak i kierowcy, są ostrożniejsi, gdy nie działa sygnalizacja. Stopniowo była ona wyłączana na kolejnych skrzyżowaniach. Pozwala to także usprawnić ruch pieszych i komunikacji zbiorowej, co – zgodnie z polityką miasta – jest pozytywną zmianą. Można z tego wysnuć wniosek, że w pewnych przypadkach nieopłacalne jest stosowanie drogich technologii. Ludzie zazwyczaj zachowują się w sposób inteligentny i bardziej dla nich korzystny niż jest w stanie to zapewnić system automatyczny.

### 7. Informacje na temat aktualnego stanu dróg

Ważnym elementem ITS jest bieżąca informacja na temat aktualnego stanu dróg. Kierowca, który ma wiedzę na temat natężenia ruchu, może korzystniej zaplanować swój przejazd. Nie zwiększa ponadto zjawiska kongestii na najbardziej uczęszczanej trasie. Najczęściej taka informacja przedstawiana jest kierującym za pomocą zmieniających treść tablic. Zazwyczaj podawane są na nich: aktualna temperatura, ostrzeżenia pogodowe (np. „uwaga, ślisko”) czy informacje o trwających remontach. Ma to na celu poprawę bezpieczeństwa, a także ułatwienie kierowcom zaplanowania objazdu, gdy wiedzą, która trasa jest zamknięta.

Na drogach głównych pozamiejskich, np. drodze z Krakowa do Zakopanego, łatwo zmierzyć czas przejazdu na danym odcinku. Podawany on jest na wyjeździe z Krakowa. Kierowcy, znając odległość, mogą z łatwością wyliczyć średnią szybkość. Jest ona związana z zagęszczeniem pojazdów bądź wypadkami lub kolizjami.

W mieście również znajdują się tego typu tablice, ale jest ich bardzo mało. Są zamontowane na drodze od Ronda Mogińskiego do Placu Centralnego. Na tej trasie ruch jest stosunkowo duży i odbywa się zwłaszcza po głównej drodze. W innych lokalizacjach montaż tego typu tablic byłby kosztowny i mało efektywny, gdyż w mieście samochody jeżdżą po wielu trasach i jest dużo skrzyżowań. Konieczne zatem byłoby wyliczanie czasów wielu pojazdów i odrzucanie tych, które po drodze skręcają. Informacja ta nie byłaby przydatna także dla wielu kierowców, którzy nie zmierzają do danego punktu.

Praktyką znaną od czasów wynalezienia połączeń bezprzewodowych jest informowanie prowadzących zarówno pojazdy szynowe, jak i spalinowe, o awariach, kolizjach i wypadkach. Tramwaje i autobusy kierowane są na objazdy. Mimo iż taka forma komunikacji pomiędzy centralą a prowadzącymi ogranicza się głównie do przypadków wymagających niestandardowego zachowania, jest to praktyka bardzo istotna. Dzięki takiemu rozwiązaniu zostaje ograniczone zjawisko kongestii. Wpływa to korzystnie nie tylko na komunikację zbiorową, ale także indywidualną.

### Podsumowanie

Na podstawie scharakteryzowanej literatury oraz przeprowadzonej analizy można przedstawić następujące wnioski:

- ♦ wymagania pasażerów dotyczące świadczonych usług przewoźnych są coraz większe. Chcą, aby podróż była tania, szybka, bezpieczna, komfortowa oraz przyjazna dla środowiska. Miastu, które nie sprosta tym wymaganiom, grozi emigracja mieszkańców;
- ♦ władze miejskie Krakowa promują korzystanie z komunikacji zbiorowej oraz rowerów. Jednocześnie ich działania zmierza-

ją do ograniczenia ruchu samochodowego. Jest to sposób na zmniejszenie zjawiska kongestii w mieście oraz usprawnienie ruchu;

- ♦ coraz większą rolę odgrywają nowoczesne technologie, które mają za zadanie wspomóc planowanie i zarządzanie ruchem w mieście;
- ♦ dużą inwestycją jest nadawanie priorytetu pojazdom komunikacji publicznej. Do działań podejmowanych w tym celu należą m.in. budowanie inteligentnych skrzyżowań. Dzięki nim pojazdy komunikacji zbiorowej mogą mieć zielone światło w momencie zbliżania się do skrzyżowania. Skracają się czasy przejazdów. W Krakowie inteligentne skrzyżowania wymagają poprawy uwzględniającej także ruch pieszy i rowerowy;
- ♦ jednocześnie miasto przedstawia kierowcom możliwości objazdów czy ewentualnych utrudnień w ruchu za pomocą tablic o zmiennej treści;
- ♦ większość działań związanych z ITS ma wartości informacyjną, natomiast ostateczną decyzję mają podejmować pasażerowie;
- ♦ powstające aplikacje rozszerzają możliwości użytkowników. Tradycyjne formy zostają w sposób stopniowy zastępowane nowoczesnymi. Ważne jest, aby społeczeństwo miało czas na przystosowanie się do zmiany;
- ♦ inteligentne skrzyżowania powinny być zsynchronizowane ze sobą tak, aby komunikacja miejska miała zielone światło na kolejnych skrzyżowaniach.

## Bibliografia:

1. Brożyna E., *System Dynamicznej Informacji Pasażerskiej w komunikacji miejskiej – analiza użyteczności i zadowolenia pasażerów na przykładzie KZK GOP*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2017, nr 6.
2. *Dynamiczna informacja pasażerska*: <http://kmkrakow.pl/informacje-o-systemie-kmk/infrastruktura/136-dynamiczna-informacja-pasazerska.html> (dostęp: 20.10.2017).
3. Dyr T., *Aplikacja OnTime firmy Pixel jako instrument kreowania zrównoważonej mobilności w miastach*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2018, nr 3.
4. Dyr T., *Konkurencyjna i zasobooszczędna mobilność w miastach*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2015, nr 1–2.
5. Dyr T., Kozłowska M., *Koszty kongestii w Unii Europejskiej*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2018, nr 1–2.
6. *Inteligentne skrzyżowania*: <http://serwisy.gazetaprawna.pl/transport/artykuly/700906,inteligentne-skrzyzowania.html> (dostęp: 08.11.2017).
7. *Inteligentne Systemy Transportowe – korzyści z zastosowania*: [http://samorzad.infor.pl/temat\\_dnia/412291,Inteligentne-Systemy-Transportowe-korzysci-z-zastosowania.html](http://samorzad.infor.pl/temat_dnia/412291,Inteligentne-Systemy-Transportowe-korzysci-z-zastosowania.html) (dostęp: 16.10.2017).
8. Kosobucki Ł., *Rozkład jazdy a kalendarz*, „Komunikacja Publiczna” 2017, nr 3.
9. *Krakowska Karta Miejska*: <http://www.kkm.krakow.pl/> (dostęp: 09.02.2018).
10. *Kraków. Ostatnia sygnalizacja w centrum zostanie wyłączona*: <http://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/krakow-ostatnia-sygnalizacja-w-centrum-zostanie-wylaczona-56831.html> (dostęp: 15.02.2018).
11. Modelewski K., *Czym jest ITS?*: <http://www.itspolska.pl/?page=11> (dostęp: 18.10.2017).
12. Neumann T., *Wykorzystanie systemów telematki na przykładzie wybranych przedsiębiorstw transportu drogowego*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2017, nr 12.
13. Nowacki G. (red.), *Telematyka transportu drogowego*, Wydawnictwo Instytutu Transportu Samochodowego, Miasto 2008.
14. Ogórek P., Dybała B., *Biletomat zepsuty? Nie płacisz kary. W Krakowie to na razie marzenie*: <http://www.gazetakrakowska.pl/wiadomosci/krakow/a/biletomat-zepsuty-nie-placisz-kary-w-krakowie-to-na-razie-marzenie,12940708/> (dostęp: 27.03.2018).
15. *Przystanki na terenie Krakowa*: <http://kmkrakow.pl/informacje-o-systemie-kmk/przystanki-na-terenie-krakowa.html> (dostęp: 20.01.2018).
16. *Tramwaje w Krakowie*: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Tramwaje\\_w\\_Krakowie](https://pl.wikipedia.org/wiki/Tramwaje_w_Krakowie) (dostęp: 11.12.2017).
17. *Urząd Miasta Krakowa Wydział Gospodarki Komunalnej, Mobilność zrównoważona – podręcznik dla praktyków opracowany na podstawie materiałów szkoleniowych projektu Transport Learning*, broszura Urzędu Miasta Krakowa, Kraków 2014.
18. Wasiaś M., *Rekordowy rok dla Krakowa. Stolicę Małopolski odwiedziło prawie 13 mln turystów*: <https://krakow.tvp.pl/35212579/129-mln-osob-odwiedzilo-krakow-w-2017-roku> (dostęp: 08.03.2018).
19. Wydro K., *Tendencje rozwojowe telematki transportu*, Wydawnictwo Instytutu Transportu Samochodowego, Warszawa 2008.

## Analysis of intelligent transport systems on the example of the city of Krakow

The object of research is urban transport in Krakow. The road users are drivers and passengers of combustion vehicles, rail vehicles, electric vehicles and those powered by muscle power, as well as pedestrians. Everyone has the right to use public roads, but under certain conditions. The city's goal is to provide such infrastructure and enact laws that will enable them to co-exist. The Management Board of Municipal Infrastructure and Transport is tasked with providing such organization of traffic, including public transport, that the city will be passable and passengers' requirements are met. The journeys should be smooth and without major disturbances. An innovative solution in the field of transport services in passenger traffic is the use of Intelligent Transport Systems (ITS).

**Keywords:** Intelligent Transport Systems, telematics, Cracow.

## Autorzy:

dr inż. **Mariusz Niekurzak** – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania

dr inż. **Ewa Kubińska-Jabcoń** – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania

inż. **Agnieszka Bazior** – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania



2-4.10.2018

Centrum Targowo-Konferencyjne

**expo**silesia

[www.exposilesia.pl](http://www.exposilesia.pl)

Międzynarodowe  
Targi Obrabiarek, Narzędzi  
i Technologii Obróbki

**TOOLEX**

[www.toolex.pl](http://www.toolex.pl)

Międzynarodowe  
Targi Metod i Narzędzi  
do Wirtualizacji Procesów

**WIRTOTECHNOLOGIA**

[www.wirtotechnologia.pl](http://www.wirtotechnologia.pl)

Targi Olejów, Smarów  
i Płynów Technologicznych  
dla Przemysłu

**OILexpo**

[www.oilexpo.pl](http://www.oilexpo.pl)

Braci Mieroszewskich 124 | 41-219 Sosnowiec

tel.: +48 32 788 75 19 | +48 510 030 472; 510 031 684 | [toolex@exposilesia.pl](mailto:toolex@exposilesia.pl)

[www.toolex.pl](http://www.toolex.pl)