

Rozwiązania i wskaźniki transportowe w inteligentnych miastach.

Część 2

Iwona WRÓBEL¹

Streszczenie

Przedmiotem artykułu jest analiza rozwiązań i zastosowań nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT; ang. *information and communication technologies*) w ośrodkach miejskich oraz pomiar wskaźników jakości transportu, z uwzględnieniem wymagań normy ISO 37120: Zrównoważony rozwój społeczny – wskaźniki usług miejskich i jakości życia. Artykuł składa się z dwóch części. W części drugiej szczegółowo opisano wskaźniki z obszaru transportu wraz ze stosowaną metodyką pomiaru, w tym dobór danych źródłowych niezbędnych do obliczeń wskaźników. Dla wybranych siedmiu polskich miast wojewódzkich (Kraków, Poznań, Szczecin, Białystok, Rzeszów, Olsztyn, Opole) przedstawiono istniejące rozwiązania z obszaru smart mobility. Głównym elementem tej części artykułu jest zaprezentowanie wyników obliczeń wskaźników przewidzianych w normie ISO 37120 w zakresie transportu wraz z omówieniem i porównaniem wyników. Na zakończenie przytoczono główne wnioski z przeprowadzonych analiz i badań.

Słowa kluczowe: inteligentne miasta, jakość usług w miastach, norma ISO 37120, transport miejski, wskaźniki jakości w transporcie

1. Wstęp

Potencjał inteligentnych rozwiązań w obszarze transportu jest chętnie wykorzystywany przez metropolie zachodnie i zagraniczne ośrodki miejskie, którym polskie miasta starają się również dotrzymać kroku [1, 2]. Szeroka paleta dostępności różnych narzędzi, technologii i możliwości rozwiązań sprawia, że przy partycypacji społecznej, miasta kreują i dostosowują usługi (w tym w zakresie mobilności) na miarę konkretnych warunków i wyzwań, odnosząc korzyści odczuwane przez wszystkich użytkowników zarówno mieszkańców, władze, przedsiębiorców, inwestorów, turystów itp. Inwestycje czynione w obszarach miast, dotyczące rozwiązań z obszaru smart mobility, są społecznie oczekiwane, a wdrożone systemy czy usprawnienia spotykają się z pozytywnym odbiorem przez mieszkańców.

Jednym z ważniejszych zadań dla władz współczesnych miast jest opracowanie i wdrożenie skutecznych, zrównoważonych i bezpiecznych systemów mobilności miejskiej i transportu publicznego. Wynika to z faktu, że pełnią one bardzo istotną rolę w funkcjonowaniu miast i w przyszłości ich znaczenie będzie jeszcze rosło. Rolą instrumentów zarządzania transportem

w miastach jest natomiast badanie zrównoważonej mobilności i wydolności miejskiego systemu transportowego za pomocą mierników i wskaźników, które umożliwiają obiektywne, mierzalne i kompleksowe odzwierciedlenie zachodzących zmian [3].

2. Wskaźniki jakości transportu w Normie ISO 37120

W zakresie transportu norma ISO 37120 [4] zawiera dziewięć wskaźników (tabl. 1). W odniesieniu do zamieszkałej ludności wszystkie te wskaźniki w prosty i nieskomplikowany sposób pozwalają charakteryzować:

- stopień „nasylenia” miasta połączeniami różnymi rodzajami środków komunikacji miejskiej,
- „otwartość” transportową miasta na inne części kraju i świata (połączenia realizowane komunikacją lotniczą),
- zasobność pojazdów silnikowych (samochody, jednoślady z napędem),
- wyposażenie miasta w infrastrukturę dla rowerów (ścieżki rowerowe),

¹ Mgr; Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów, e-mail: iwrobel@ikolej.pl.

- stopień wykorzystania własnych pojazdów w dojazdach do pracy,
- wykorzystanie transportu publicznego w podróżach,
- bezpieczeństwo w transporcie.

Tablica 1

Wskaźniki transportowe według normy ISO 37120 [4]

Nr i nazwa wskaźnika	Charakterystyka wskaźnika	Sposób obliczeń
Wskaźniki podstawowe		
18.1 – liczba kilometrów systemu transportu publicznego o wysokiej zdolności przewozowej na 100 tys. mieszkańców	Wskaźnik charakterystyczny dla dużych ośrodków miejskich i aglomeracji posiadających sieci infrastruktury i wydajne systemy transportowe, umożliwiające zaspokajanie dużych potrzeb przewozowych. Transport publiczny o dużej przepustowości obejmuje metro, koleje naziemne oraz systemy kolei podmiejskich.	Suma długości sieci transportu publicznego o dużej przepustowości, funkcjonującej na terenie miasta (licznik) podzielone przez jedną 100-tysięczną całkowitej liczby ludności miasta (mianownik).
18.2 – liczba kilometrów systemu komunikacji miejskiej na 100 tys. mieszkańców	Wskaźnik określa m.in. zasoby miejskiej komunikacji publicznej, zagęszczenie ruchu, elastyczność systemu transportowego. Lekki transport pasażerski obejmuje tramwaje, autobusy, trolejbusy.	Suma długości sieci lekkiego transportu pasażerskiego, funkcjonującej na terenie miasta (licznik), podzielone przez jedną 100-tysięczną całkowitej liczby ludności miasta (mianownik).
18.3 – roczna liczba podróży transportem publicznym na mieszkańca	Wskaźnik pokazuje wykorzystanie transportu publicznego w kontekście sposobów podróży w mieście, także politykę transportową. Podróże obejmują transport metrem, koleją podmiejską, lekką koleją uliczną i tramwajami, lekkimi tramwajami, autobusami, trolejbusami i innymi środkami transportu publicznego.	Liczba przejazdów transportem publicznym w mieście w danym roku (licznik), podzielona przez całkowitą liczbę ludności miasta (mianownik).
18.4 – liczba samochodów osobowych na mieszkańca	Wskaźnik określa zachowania komunikacyjne, zamożność społeczeństwa, ale także negatywne skutki w postaci ryzyka kongestii, wypadków komunikacyjnych, zagrożenia zdrowotnego czy środowiskowego (stres, hałas komunikacyjny, emisje). Całkowita liczba zarejestrowanych samochodów osobowych obejmuje samochody stosowane do użytku osobistego przez przedsiębiorstwa komercyjne, nie obejmuje samochodów osobowych, ciężarowych i dostawczych używanych do dostawy towarów i usług przez przedsiębiorstwa handlowe.	Ogólna liczba zarejestrowanych samochodów osobowych w mieście (licznik) podzielona przez całkowitą liczbę ludności miasta (mianownik).
Wskaźniki pomocnicze		
18.5 – odsetek osób dojeżdżających do pracy w inny sposób niż za pomocą własnego samochodu	Środek transportu używany do dojazdów do pracy jest kluczowym wskaźnikiem polityki transportowej. Obejmuje osoby dojeżdżające (w danym mieście) do pracy transportem publicznym i prywatnym (rowery, hulajnogi, dotarcie piesze, podróże samochodowe współdzielone) niezależnie od miejsca zamieszkania.	Liczba osób dojeżdżających do pracy w mieście, które korzystają ze środków transportu innego niż prywatny samochód jako ich główny sposób dojazdu do pracy (licznik), podzielona przez liczbę wszystkich dojazdów do pracy, niezależnie od sposobu dotarcia do pracy (mianownik) i następnie pomnożony przez 100.
18.6 – liczba jednośladów o własnym napędzie na mieszkańca	Wskaźnik zwraca uwagę na udział różnych środków transportu w podziale modalnym, co wpływa na zrównoważony rozwój mobilności w miastach. Liczba ta dotyczy motocykli, motorowerów i skuterów. Nie uwzględnia się rowerów i hulajnog elektrycznych.	Łączna liczba dwukołowych pojazdów silnikowych w mieście (licznik), podzielona przez całkowitą liczbę ludności miasta (mianownik).
18.7 – liczba km ścieżek rowerowych na 100 tys. mieszkańców	Wskaźnik ten obrazuje zróżnicowanie systemu transportu w mieście, w kierunku ekologicznych form przemieszczania się. System transportu sprzyjający podróżom rowerowym wykazuje wiele korzyści, tj. zmniejszenia zagęszczenia ruchu i poprawy jakości życia przez korzystny wpływ na zdrowie i poprawę środowiska. Ścieżki rowerowe wymagają również mniejszych inwestycji infrastrukturalnych niż inne rodzaje infrastruktury transportowej.	Suma długości dróg, ścieżek i pasów rowerowych (licznik), podzielona przez jedną 100-tysięczną ogółu mieszkańców miasta (mianownik).

Tablica 1 cd.

Nr i nazwa wskaźnika	Charakterystyka wskaźnika	Sposób obliczeń
Wskaźniki pomocnicze		
18.8 – liczba zabitych w wypadkach komunikacyjnych na 100 tys. mieszkańców	Wskaźniki wypadków drogowych, a w szczególności wskaźniki śmiertelności, służą do pomiaru ogólnego bezpieczeństwa sieci drogowej i ruchu pojazdów, w tym stanu dróg i pojazdów, zatłoczenia, znajomości i przestrzegania przepisów ruchu drogowego. Wlicza się każdy zgon bezpośrednio związany z wypadkiem drogowym i komunikacyjnym, który zdarzył się w granicach miasta, nawet jeśli śmierć nie nastąpiła na miejscu, ale jest bezpośrednio związana z wypadkiem.	Liczba ofiar śmiertelnych związanych z wszelkiego rodzaju transportem w granicach miasta (licznik), podzielona przez jedną 100-tysięczną całkowitej liczby ludności miasta (mianownik).
18.9 – liczba bezpośrednich połączeń lotniczych	Miasta o wysokim wskaźniku połączeń lotniczych mają zazwyczaj bardziej stabilną gospodarkę i są w stanie zapewnić wyższy poziom usług dla mieszkańców. Porty lotnicze obsługujące miasto obejmują wszystkie porty lotnicze w odległości dwóch godzin podróży od centrum miasta.	Suma wszystkich połączeń komercyjnych (tj. rozkładowych) samolotów odlatujących ze wszystkich portów lotniczych obsługujących dane miasto.

Źródłami do pomiaru wymienionych wskaźników są dane statystyczne [5] z urzędów i jednostek miejskich, zakładów komunikacyjnych, spółek komunalnych, w tym dane:

- demograficzne dotyczące ludności (GUS, Bank Danych Lokalnych);
- o długości sieci transportowych i długości ścieżek rowerowych uzyskane od zarządców infrastruktury;
- popytowo-podażowe o ofercie przewozowej i korzystaniu z połączeń w różnych rodzajach transportu, od przedsiębiorstw przewozowych, np. dotyczące systemu sprzedaży biletów oraz z badań ankietowych nt. zachowań komunikacyjnych;
- o liczbie zarejestrowanych pojazdów z urzędów komunikacji;
- o wypadkach i ofiarach śmiertelnych z policji.

Te informacje są podawane również w strategiach i miejscowych planach transportowych.

3. Badania jakości transportu w polskich miastach

Do analiz jakości transportu i badań wskaźników według normy ISO 37120 wybrano ośrodki miejskie, zróżnicowane pod względem istniejących zasobów i potencjałów (w tym m.in. dane dotyczące ludności i powierzchni) oraz uwarunkowań funkcjonowania w ich obszarach systemów transportowych i kształtowania mobilności w mieście. Pierwsze kryterium wyboru polskich miast do badań jakości transportu, stanowił status miasta wojewódzkiego. Dostępną pulę

miast (tabl. 2) uszeregowano w przedziałach wielkości pod względem populacji zamieszkałej²:

- 100–200 tys. osób (grupa I: 7 miast),
- 200–500 tys. osób (grupa II: 6 miast),
- 500–1000 tys. osób (grupa III: 4 miasta),
- powyżej 1 mln osób (1 miasto).

Tablica 2

Ludność w miastach wojewódzkich [5]

Miasto	Liczba ludności zamieszkałej
Warszawa	1 795 569
Kraków	782 137
Łódź	664 071
Wrocław	642 687
Poznań	529 410
Gdańsk	470 621
Szczecin	395 513
Bydgoszcz	339 053
Lublin	336 339
Białystok	295 683
Katowice	286 960
Rzeszów	198 609
Toruń	196 935
Kielce	191 448
Olsztyn	169 793
Zielona Góra	140 403
Opole	127 077
Gorzów Wlkp.	120 087

² Według danych GUS, Bank Danych Lokalnych, ludność w miastach na prawach powiatu; stan na 31 grudnia 2021.

Z dalszych analiz wyłączono jednak miasta, które kiedykolwiek miały przyznany certyfikat smart city (Warszawę, Gdańsk, Lublin, Kielce), a więc takie, które w przeszłości podlegały badaniu wskaźników według normy ISO 37120, por. [1, 2].

Ostatecznie, analizom i badaniom wskaźników poddano łącznie 7 miast wojewódzkich, jako: 3 przykłady miast z grupy I (Opole, Olsztyn, Rzeszów) i po 2 przykłady z grupy II (Białystok, Szczecin) i III (Poznań, Kraków). Dla każdego z miast omówiono przyjęte i wdrożone rozwiązania w aspekcie smart mobility. Na podstawie zgromadzonych danych statystycznych obliczono wskaźniki z dziedziny transportu według normy ISO 37120, co zilustrowano na wykresach. Porównanie obliczonych wartości wskaźników umożliwiło stworzenie rankingu według obiektywnych kryteriów.

3.1. Analiza smart mobility

3.1.1. Kraków

W Krakowie wprowadzono wiele innowacyjnych rozwiązań na rzecz poprawy mobilności w zakresie zarządzania ruchem i transportem publicznym [6, 7, 8]. Miasto z powodzeniem wdrożyło i wykorzystuje m.in. Inteligentne Systemy Transportowe (ITS), w tym system sterowania i zarządzania ruchem dający priorytet przejazdu komunikacji zbiorowej na skrzyżowaniach.

Jednym z nich jest System Nadzoru Ruchu Tramwajowego (TTCS – *Tram Traffic Control System*) do monitorowania działania transportu publicznego, prowadzenia objazdów w przypadku utrudnień i awarii oraz bieżącego informowania pasażerów przy wykorzystaniu elektronicznych tablic informacji pasażerskiej. Takie tablice pojawiły się także w miejscach o dużym natężeniu ruchu pieszych, na węzłach komunikacyjnych po to, aby zbiorczo informować o funkcjonowaniu komunikacji w najbliższym rejonie. System TTCS wspomaga ponadto motorniczych w realizowaniu rozkładu, umożliwia prowadzenie nadzoru i analizę danych historycznych, a także rozpoznanie miejsc wymagających usprawnień w rozkładach, zmiany organizacji ruchu czy działania sygnalizacji świetlnej.

Drugi system, to Obszarowy System Sterowania Ruchem (UTCS – *Urban Traffic Control System*), który służy głównie do regulowania ruchu samochodowego i pieszego, w tym do mierzenia i analizowania liczby pojazdów oraz ich prędkości. W zależności od sytuacji, system przydziela zielone światło, wykrywa pieszych i rowerzystów oraz tramwaje, którym trzeba zapewnić priorytet. Od momentu wprowadzenia dynamicznej sygnalizacji, przepustowość na głównych arteriach miasta zwiększyła się o 25%. Oprócz tego, w Krakowie kryterium smart mobility realizowane jest za pomocą nowoczesnego, ekologicznego taboru

– w lipcu 2020 roku miasto zamówiło kolejne 50 elektrycznych autobusów.

Następnym wdrożonym rozwiązaniem jest system technologii fotowoltaicznej SUN-BUS przetwarzający promieniowanie słoneczne bezpośrednio na energię elektryczną. System służy do wspomaganie zasilania instalacji pokładowej autobusu (24 V), która dostarcza energię m.in. do automatów biletowych, kasowników, tablic elektronicznych oraz oświetlenia i klimatyzacji. Zasilany jest elastycznymi modułami fotowoltaicznymi montowanymi na dachu pojazdu. System SUN-BUS działa w pełni automatycznie załączając się w chwili wystąpienia zapotrzebowania na energię w pojeździe i wyłączając w momencie pełnego naładowania akumulatorów. Wszystkie materiały użyte do budowy urządzenia spełniają stosowne wymagania dotyczące niepalności, bezpieczeństwa użytkowania i ekologii. Zastosowanie zaawansowanych rozwiązań technicznych sprawia, że system funkcjonuje bez żadnego hałasu i cechuje się wysoką odpornością na przeciążenia. Pojazdy wykorzystujące energię słoneczną kursują na krakowskich liniach nr 129 i 503.

Zintegrowany i bezpieczny system transportowy w założeniu Smart City, ma stworzyć ogromną sieć o dużej szybkości i wysokiej efektywności pozwalającej na wymierne korzyści: oszczędność na paliwie, redukcję emisji CO₂, ilość produkowanej energii. W połączeniu z Krakowską Kartą Mieszkańca, oferującą znaczne zniżki dla osób zameldowanych lub płacących podatki w mieście, ma szansę skłaniać mieszkańców do podróżowania komunikacją miejską.

3.1.2. Poznań

Poznański model smart city, charakteryzuje wysoka jakość, oszczędność (czasu, miejsca, pieniędzy energii i środowiska) oraz pragmatyzm. Miasto stawia sobie za cel rozwijanie nowoczesnego, ekologicznego i zintegrowanego transportu, umożliwiającego sprawne poruszanie się zarówno w obrębie miasta, jak i aglomeracji [9]. Załoženiami dla obszaru mobility są:

- dynamicznie rozwijająca się komunikacja miejska integrująca wiele środków transportu,
- dane generowane przez jednostki powinny mieć realny wpływ na jakość świadczonych usług transportowych i informacyjnych,
- transport nowoczesny i inteligentny, na stałe wpisany w struktury miasta i świadomość mieszkańców.

Motorem poznańskiego modelu smart city jest sprawna, wygodna, nowoczesna, zintegrowana i ciągle rozwijająca się sieć połączeń komunikacyjnych. Miasto od lat nieustannie rozwija komunikację miejską przez budowę nowych i remonty istniejących tras oraz inwestycje taborowe. Ciche, zielone, wydzielone torowiska, bus-pasy, ścieżki i stacje rowerowe,

dwukierunkowe tramwaje, hybrydowe autobusy, car-sharing, rowery miejskie – to wszystko staje się miejską codziennością. Dzięki tym rozwiązaniom skracają się czasy przejazdu i wzrasta komfort podróży, co jest zachętą, aby jak najwięcej mieszkańców wybierało transport publiczny.

Wdrożono aplikacje mobilne, oferujące możliwość zakupu biletów, sprawdzenia czasu przejazdu, omińnięcia korków, wynajem roweru czy opłacenie parkowania. Miasto udostępniło platformę otwartych danych, na której znajdują się informacje o rozkładach jazdy, dane dotyczące miejsc na parkingach buforowych oraz typu „Parkuj i Jedź”, a także dane o rzeczywistym położeniu pojazdów komunikacji miejskiej.

Poznań stał się prekursorem dla miast smart city od momentu wdrożenia systemu PEKA (Poznańska Elektroniczna Karta Aglomeracyjna). Karta systemu PEKA, to rozbudowany i zaawansowany technologicznie system sprzedażowo-usługowy, umożliwiający ujednoczenie systemu płatności za przejazd świadczony przez różnych, niezależnych przewoźników działających na obszarze Poznania i powiatu poznańskiego, co ułatwia korzystanie z transportu zbiorowego oraz zwiększa jego dostępność. System PEKA oferuje także możliwość jednoczesnego zakupu kilku biletów komunikacyjnych, co umożliwia pasażerom korzystającym z usług wielu przewoźników posiadanie biletów okresowych oraz tPortmonetki na jednej karcie. tPortmonetka umożliwia opłacenie za przejazd na realnie wybranej trasie. Opłata z tPortmonetki na karcie PEKA, czyli tzw. bilet przystankowy pozwala płacić za liczbę przejechanych przystanków niezależnie od czasu podróży. Obowiązuje tutaj taryfa degresywna.

System parkingów Park&Ride jest innym rozwiązaniem, które umożliwia sprawną i wygodną przesiadkę z własnego samochodu na transport publiczny. Na podstawie dowodu wjazdu kierowcy nie płacą za środki komunikacji miejskiej, natomiast kierowcy posiadający bilet sieciowy zostawiają auta na parkingu za darmo. System parkingowy jest zintegrowany z kartą PEKA.

W Poznaniu rozwinięto także system tablic informacji pasażerskiej (TIP). W wiatkach przystankowych, jako uzupełnienie papierowych rozkładów jazdy, wdrożono system dynamicznej informacji pasażerskiej oparty na umieszczanych na każdym przystanku autobusowym kodach QR i zbliżeniowych tagach NFC (ang. *Near Field Communication*) z aplikacji w smartfonie. Planowane rozwiązania z obszaru smart to:

- wprowadzenie technologii e-ink do wyświetlania rozkładów jazdy,
- opracowanie strategii elektromobilności,
- budowa trzech zintegrowanych węzłów przesiadkowych łączących transport kolejowy, autobusowy, tramwajowy, samochodowy, motocyklowy, rowerowy i pieszy.

3.1.3. Szczecin

Stolica Pomorza Zachodniego od kilku lat realizuje projekty, które są zgodne z założeniami koncepcji inteligentnego miasta. Ponadto, te projekty są wpisane w programy strategiczne Strategii Rozwoju Miasta Szczecin do roku 2025 [10] oraz Floating Garden 2050 [11], gwarantując długofalowość rozpoczętych działań, co jest niezwykle istotne w koncepcji Smart City. W aspekcie transportu miasto wdrożyło następujące technologie [12]:

- Inteligentny system zarządzania ruchem – system umożliwi zwiększenie płynności ruchu w mieście oraz usprawnienie systemów transportowych w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym. System wpływa na poprawę płynności ruchu w mieście, zmniejsza liczbę wypadków i kolizji. System udostępnia także informacje dla kierowców o warunkach panujących na drogach.
- Centralny System Zarządzania Komunikacją Miejską jest jednym systemem centralnym integrującym wiele aspektów związanych z transportem publicznym. Jego wdrożenie obejmowało między innymi: system Zarządzania Flotą Transportu Zbiorowego z modułem optymalizacji, system Dynamicznej Informacji Pasażerskiej, system Transportu na Żądanie, system Biletu elektronicznego, pokładowy System Monitoringu wideo.

3.1.4. Białystok

Białystok należy do kilku polskich miast, które zostały docenione w rankingu European Smart Cities 2014, przygotowanym przez Vienna University of Technology. W ostatnich latach, na projekty z zakresu smart city miasto przeznaczyło 2,5 mld zł, z czego większość pochodziła z unijnych środków. Oprócz zadań z obszaru infrastruktury transportowej dotyczącej budowy zachodniej obwodnicy miasta, czy utwardzenia nawierzchni wielu ulic, inwestycje miejskie objęły m.in. komunikację miejską. W latach 2007–2014 wymieniono 180 spośród 254 autobusów. Nowe pojazdy spełniają normy Euro 5 i Euro 6. W perspektywie kolejne zakupy taborowe będą uwzględniały już autobusy elektryczne.

Od 2015 roku miasto wdrożyło System Zarządzania Ruchem. Elementy tego systemu obejmują sterowanie sygnalizacją świetlną, pierwszeństwo przejazdu dla autobusów komunikacji miejskiej, tablice informujące o utrudnieniach w ruchu, objazdach, wypadkach. System nieustannie analizuje natężenie ruchu i na bieżąco dostosowuje funkcjonowanie sygnalizacji świetlnej. W konsekwencji, dzięki możliwości szybszej reakcji na utrudnienia, skracają się czasy przejazdu zarówno dla pasażerów komunikacji miejskiej, jak i dla pozostałych kierowców. Informacje z systemu są publicznie dostępne na stronie internetowej (www.szr.bialystok.pl), dzięki czemu mieszkańcy i odwiedzający Białystok mogą

na bieżąco sprawdzić sytuację drogową, natężenie ruchu i odpowiednio zaplanować podróże. Systemem objęte jest całe miasto, na obszarze działania systemu są rozmieszczone liczne detektory pojazdów i kamery automatycznego rozpoznawania tablic. Rozwiązanie zakłada priorytet dla transportu publicznego. Autobusy otrzymują pierwszeństwo przejazdu na skrzyżowaniach objętych działaniem systemu. W ramach projektu powstało także Centrum Zarządzania Ruchem, które integruje całą bazę danych i umożliwia zdalną obsługę systemu.

Wprowadzoną w Białymstoku innowacją funkcjonalną, która dopiero z czasem zyskała na popularności, było umożliwienie dokonywania opłat za parkowanie z telefonu komórkowego. Jednym z nowszych pomysłów miejskich informatyków jest wprowadzenie systemu rejestracji wolnych miejsc w strefie płatnego parkowania.

3.1.5. Rzeszów

W 2015 roku uruchomiony został system integrujący transport publiczny miasta Rzeszowa oraz okolic. Na cały system składa się: sterowanie sygnalizacją świetlną mające na celu wyznaczenie priorytetu dla pojazdów komunikacji zbiorowej włącznie z udostępnieniem lokalizacji pojazdów „on-line”, system informacji pasażerskiej (elektroniczne tablice na przystankach i na ulicach miasta), wprowadzenie biletu elektronicznego oraz stacjonarnych biletomatów. W ramach systemu przebudowano układ komunikacyjny infrastruktury drogowej (włącznie z wytyczeniem bus-pasów oraz wag dla samochodów na drogach wylotowych z miasta). Zakupiono również 80 nowych autobusów, spełniających normę emisji spalin EEV. Wszystkie autobusy współpracują z systemami e-Info, jak również e-Bilet. Inwestycja ta jest częścią projektu budowy systemu integrującego transport publiczny miasta Rzeszowa.

W 2018 roku, dzięki wsparciu środków unijnych, miasto zakupiło 50 nowoczesnych autobusów, natomiast w 2019 roku miał miejsce kolejny duży zakup, tym razem było to 60 pojazdów zasilanych gazem ziemnym (CNG). W eksploatacji jest również 10 autobusów elektrycznych, a w najbliższym czasie flota tych pojazdów ma powiększyć się wraz z budową urządzeń ładowania.

Z inicjatywy Politechniki Rzeszowskiej, w roku 2019 został zorganizowany i przeprowadzony cykl spotkań prezentujących rozwiązania komunikacyjne dla miasta [13]. Celem było stworzenie platformy wymiany informacji oraz pomysłów, z których mogą skorzystać władze miasta Rzeszowa, w zakresie poprawy infrastruktury oraz usprawnienia transportu i systemów transportowych. Wśród rozważanych i prezentowanych rozwiązań były m.in.:

- dynamiczny buspas,
- utworzenie szluz rowerowych tuż przed skrzyżowaniem na wyznaczonych pasach ruchu, oznaczonych

zazwyczaj kolorem czerwonym, umożliwi rowerzystom ruszenie na zielonym świetle w pierwszej kolejności,

- funkcjonujące kładki kompozytowe – osobne przejazdy dla rowerzystów przez mosty,
- utworzenie centrów przesiadkowych – parkingi Park&Ride, przy głównych, wlotowych ulicach miasta,
- przetwarzanie uzyskanych danych do podejmowania decyzji dotyczących kształtowania systemu transportowego w mieście.

3.1.6. Olsztyn

Od roku 2015 miasto wdrożyło inteligentny system sterowania ruchem (ITS), obejmujący 85 skrzyżowań. W nowym systemie, na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną pojazdy komunikacji miejskiej mają nadany priorytet.

Głównym celem wdrożenia systemu ITS w Olsztynie [14] jest poprawa standardów technicznych i użytkowych sieci transportowej miasta, w tym jakości funkcjonowania i wykorzystania komunikacji miejskiej oraz usprawnienia ruchu indywidualnego. Zintegrowany System Zarządzania Ruchem w Olsztynie składa się z kilkunastu zintegrowanych podsystemów poprawiających głównie bezpieczeństwo – zarówno dla osób poruszających się transportem publicznym i indywidualnym, jak i pieszych, a także jakość transportu oraz komfort podróżnych. W skład systemu ITS, wchodzi m.in.:

- podsystem obszarowego sterowania ruchem ulicznym, wraz z priorytetem dla pojazdów transportu publicznego, oparty o renomowany i wdrażany w wielu aglomeracjach na świecie system SCATS,
- podsystem monitoringu wizyjnego na skrzyżowaniach objętych systemem sterowania ruchem,
- podsystem monitorowania ruchu pojazdów,
- podsystem rejestracji przejazdu na czerwonym świetle,
- podsystem rejestracji przekroczeń prędkości chwilowej pojazdów,
- podsystem sterowania ruchem pojazdów transportu publicznego na liniach autobusowych i tramwajowych,
- podsystem informacji pasażerskiej w sieci Internet oraz na przystankach i w pojazdach,
- bilet elektroniczny (karta miejska) wraz z systemem ładowania oraz urządzeniami pokładowymi w tramwajach i autobusach,
- podsystem informacji meteo,
- podsystem kontroli rozplywu strumieni ruchu w układzie komunikacyjnym.

Jednym z istotnych założeń wdrażania systemu jest poprawa bezpieczeństwa. Całość systemu jest zarządzana i nadzorowana z dwóch centrów: Centrum

Zarządzania Ruchem Ulicznym oraz Centrum Zarządzania Transportem Publicznym. Ponadto, system monitoringu miejskiego jest wzbogacony o system monitorowania ruchu pojazdów i system monitorowania przystanków oraz o wewnętrzny system monitoringu instalowany w autobusach i tramwajach. Na poprawę bezpieczeństwa na ulicach Olsztyna wpływa również zainstalowany w mieście, na kilkunastu głównych skrzyżowaniach, system rejestracji przejazdu na czerwonym świetle i rejestracji prędkości chwilowej, wyłapujący kierowców stwarzających zagrożenie i łamiących przepisy ruchu drogowego. Od 2016 r. oprócz zwykłych biletów papierowych, do przejazdów środkami komunikacji miejskiej stosowana jest Olsztyńska Karta Miejska [15].

3.1.7. Opole

Władze Opola i przedstawiciele firmy Sprint, podpisali 10 stycznia 2020 roku umowę na budowę Inteligentnego Systemu Transportu (ITS). System funkcjonuje od września 2022 roku [16].

Podstawą systemu ITS są urządzenia monitorujące natężenie ruchu na 49 najbardziej ruchliwych skrzyżowaniach w całym mieście. Na podstawie pomiarów system będzie w stanie określić gdzie tworzą się korki i tak regulować cyklami świateł na innych skrzyżowaniach, aby rozładowywać zatory i usprawniać komunikację.

W ramach inwestycji powstał również m.in. system informacji parkingowej o wolnych miejscach i naprowadzania na nie kierowców, w czym pomoże specjalnie utworzona aplikacja mobilna. W strategicznych miejscach zamontowano elektroniczne tablice zmiennej treści informujące o optymalnych trasach przejazdu, stacje meteorologiczne mierzące poziom hałasu i zanieczyszczeń oraz kamery monitorujące przejazdy samochodów. Do nagrań z monitoringu dostęp mają służby miejskie (policja i straż miejska).

3.2. Pomiar miejskich wskaźników transportowych

3.2.1. Dane wejściowe

Źródła danych do obliczeń wskaźników stanowiły zasadniczo publiczne dane GUS Bank Danych Lokalnych [5]. Po informacje w zakresie długości sieci komunikacji miejskiej i przewozów transportem miejskim zwrócono się bezpośrednio do jednostek zarządzających transportem w poszczególnych miastach.

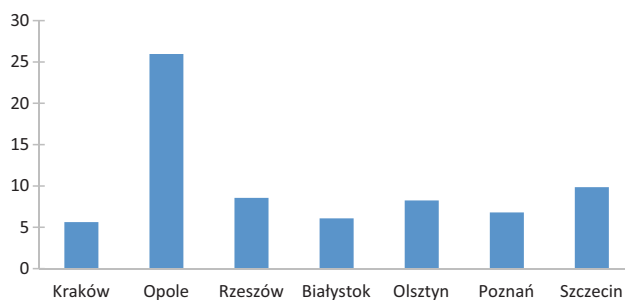
Uzyskano najnowsze dane obejmujące ostatni rok zamknięty, tj. 2021 a także poprzedni 2020 rok.

W przypadku braku dostępnych danych dotyczących danego okresu, wartość wskaźnika obliczono dla roku, dla którego wszystkie składowe dane były dostępne. Wskaźnik 18.9 dla wszystkich miast był zbadany dla roku 2022.

Część danych (takich jak np. informacje o sposobach podróżowania do miejsca pracy) są informacjami trudnymi do zdobycia lub takimi, których w wielu przypadkach jeszcze nie zbadano lub są to dane nieoficjalne³ lub też objęte tajemnicą handlową danego podmiotu. Z powodu braku wiarygodnych źródeł informacji, bądź braku dostępu do nich, niektóre wskaźniki nie mogły być obliczone (ze względu na trudność w pozyskaniu wiarygodnych danych, wskaźnik 18.5 nie był mierzony).

3.2.2. Analiza porównawcza uzyskanych wyników

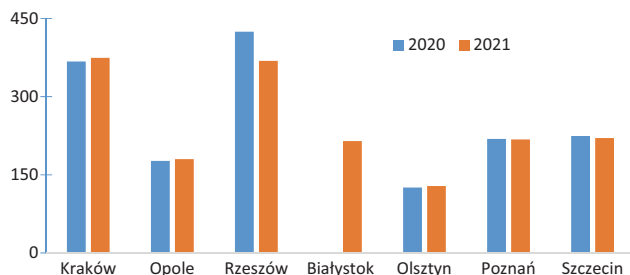
Wszystkie analizowane miasta mają infrastrukturę transportu kolejowego, na której są realizowane przewozy pasażerskie, bez wyodrębnienia przewozów o charakterze miejskim. Według kryterium długości sieci kolejowej, na potrzeby realizacji komunikacji pasażerskiej w stosunku do liczby mieszkańców (rys. 1) przewodzi Opole, osiągając wynik niespełna 26 km/100 tys. mieszkańców. Pozostałe miasta osiągają wyniki zbliżone, w granicach 5–10 km/100 tys. mieszkańców.



Rys. 1. Wskaźnik 18.1.: Liczba kilometrów systemu transportu publicznego o wysokiej zdolności przewozowej na 100 tys. mieszkańców [opracowanie własne]

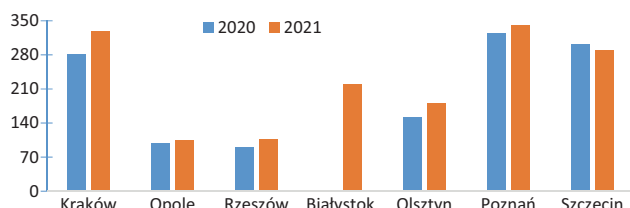
We wszystkich analizowanych miastach funkcjonuje transport miejski autobusowy bądź autobusowy i tramwajowy. Kraków i Rzeszów osiągnęły najwyższe wartości wskaźnika długości sieci komunikacji miejskiej w stosunku do liczby mieszkańców, średnio około 370 km/100 tys. ludności. Wskaźnik ten w Olsztynie był najniższy – niespełna 130 km/100 tys. mieszkańców (rys. 2).

³ Zgodnie z definicją wskaźnika, za przejazd samochodem uznaje się przejazd, w którym samochodem podróżuje tylko 1 osoba. Przejazdy wieloosobowe kwalifikuje się jako inny sposób podróżowania.



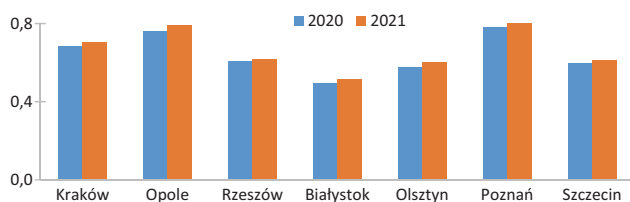
Rys. 2. Wskaźnik 18.2.: Liczba kilometrów systemu komunikacji miejskiej na 100 tys. mieszkańców [opracowanie własne]

Duża liczba podróży środkami komunikacji miejskiej świadczy o dobrej jakości transportu zbiorowego, popularności w wyborze sposobu poruszania się po mieście i w efekcie wpływa na większą efektywność miejskich usług publicznych. Poznań i Kraków znalazły się w czołówce rocznej liczby podróży, przypadającej na jednego mieszkańca, osiągając wartości odpowiednio: 340 i 328 (rys. 3). W Opolu i Rzeszowie popularność transportu miejskiego wśród mieszkańców jest zdecydowanie niższa. Tu wartość wskaźnika była 3-krotnie niższa, i wyniosła odpowiednio 105 i 107 podróży.



Rys. 3. Wskaźnik 18.3.: Roczna liczba podróży transportem publicznym na mieszkańca [opracowanie własne]

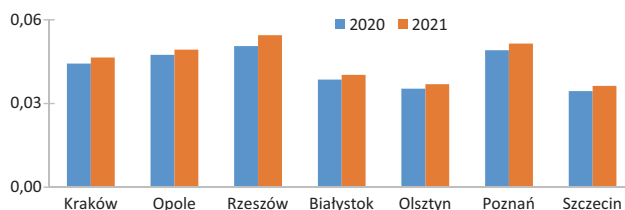
Poznań i Opole okazały się miastami z najwyższym wskaźnikiem motoryzacji (rys. 4) i osiągnęły odpowiednio 0,8 i 0,79 pojazdu samochodowego na statystycznego mieszkańca, przy czym przyrost wartości wskaźnika w stosunku do roku 2020 był największy w Opolu i wyniósł 0,03. W Białymstoku liczba samochodów osobowych na mieszkańca była najniższa, za ostatni rok wartość wskaźnika wyniosła 0,51.



Rys. 4. Wskaźnik 18.4.: Liczba samochodów osobowych na mieszkańca [opracowanie własne]

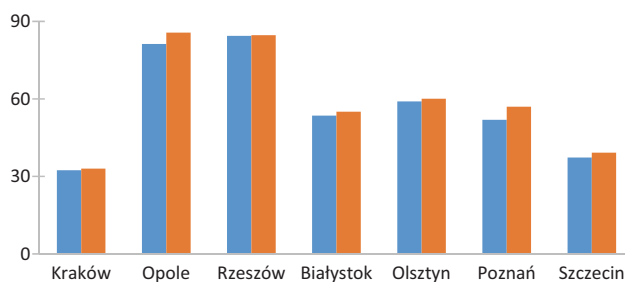
Według kryterium posiadania jednośladowych pojazdów silnikowych (motocykli oraz motorowerów),

najwyższy wskaźnik w 2021 roku osiągnął Rzeszów: 0,054 i Poznań: 0,051 (rys. 5). Natomiast najniższe wskaźniki osiągnęły: Szczecin – 0,036 i Olsztyn – 0,039. W Rzeszowie również przyrost wskaźnika w stosunku do roku 2020 był największy (o 0,004), pozostałe miasta odnotowały przyrost wskaźnika w połowie niższy (o 0,002).



Rys. 5. Wskaźnik 18.6.: Liczba jednośladowych pojazdów silnikowych na mieszkańca [opracowanie własne]

Pod względem długości infrastruktury drogowej w stosunku do liczby ludności (rys. 6) Opole i Rzeszów zajmują czołowe pozycje w rankingu analizowanych miast, osiągając w 2021 roku wyniki odpowiednio: 85,6 i 84,6 km/100 tys. mieszkańców. Najniższe wartości wskaźnika osiągnął Kraków (w roku 2020 – 32,4, w roku 2021 – 33,0 km/100 tys. mieszkańców), pomimo stosunkowo rozwiniętej sieci dróg i ścieżek rowerowych – ponad 250 km. W liczbach bezwzględnych w 2021 roku w Poznaniu odnotowano najdłuższą sieć infrastruktury rowerowej – ponad 300 km. W stosunku do roku 2020 w stolicy Wielkopolski odnotowano najwyższy przyrost wskaźnika (o 5,1 km/100 tys. mieszkańców).

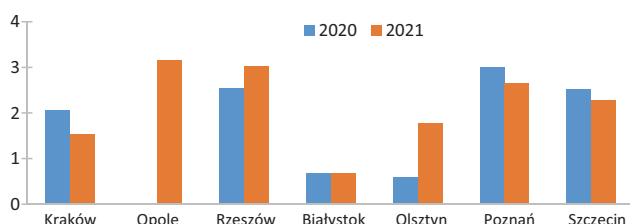


Rys. 6. Wskaźnik 18.7.: Liczba kilometrów ścieżek rowerowych na 100 tys. mieszkańców [opracowanie własne]

Białystok jest miastem, które charakteryzuje niska wartość wskaźnika ofiar wypadków drogowych. Poniżej jest to związane z niskim wskaźnikiem motoryzacji w stolicy Podlasia. Najwyższe wartości wskaźnika ofiar śmiertelnych w stosunku do mieszkańców osiągnęły w 2021 roku: Opole (3,1) i Rzeszów (3,0), natomiast w roku 2020: Poznań (3,0), a dalej Rzeszów i Szczecin (po 2,5).

W liczbach bezwzględnych, wskutek wypadków drogowych (rys. 7) było najczęściej ofiar śmiertelnych w Poznaniu i Krakowie – po kilkanaście osób zarówno

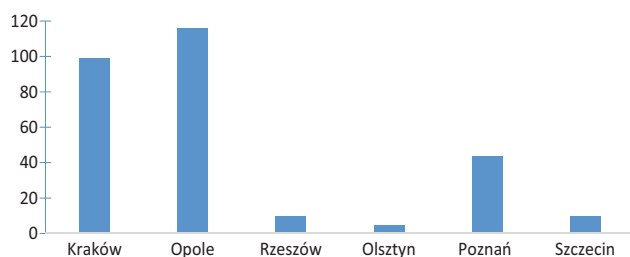
w 2020 i 2021 roku. Koreluje to z wysoką wypadkowością w tych obu miastach. Należy jednak zwrócić uwagę na korzystny trend malejącej liczby wypadków drogowych w Rzeszowie, Olsztynie i Poznaniu, natomiast w aspekcie zgonów pozytywny trend spadku wystąpił w Krakowie, Poznaniu i Szczecinie.



Rys. 7. Wskaźnik 18.8.: Ofiary śmiertelne wskutek wypadków drogowych na 100 tys. mieszkańców [opracowanie własne]

Wskaźnik 18.9 był oszacowany dla roku 2022 według rozkładu lotów w sezonie letnim. W przypadku Opola uwzględniono loty z portów lotniczych w Katowicach i Wrocławiu. Białystok nie posiada lotniska, także przy warunku dojazdu do 2 godzin, wobec tego nie wykazano żadnych połączeń lotniczych (rys. 8).

W ostatnim okresie branża lotnicza mocno odczuła skutki pandemii COVID-19 oraz związane z nią ograniczenia w transporcie międzynarodowym i krajowym, które drastycznie ograniczyły liczbę operacji pasażerskich. Obecnie sytuacja na polskim rynku powoli wraca do normy, choć poziom ruchu lotniczego wciąż jest o połowę mniejszy niż w 2019 roku. Wśród analizowanych, trend liczby pasażerów na lotniskach w latach 2020–2021 był rosnący w Katowicach (+60,8%), Poznaniu (+60,2%), Wrocławiu (+40,5%), Krakowie (+18,4%) i Rzeszowie (+8,0%) [17].

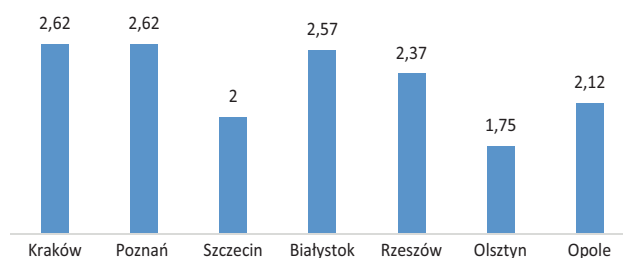


Rys. 8. Wskaźnik 18.9.: Liczba miast obsługiwanych w ruchu lotniczym [opracowanie własne]

W celu uzyskania zbiorczego wyniku dla miast, poszczególnym wartościom wskaźników przypisano wagę, w zależności od poziomu wartości tego wskaźnika w skali analizowanych miast i oceny oddziaływania na system transportowy.

W analitycznym ujęciu wszystkich analizowanych miast, Kraków i Poznań uzyskały najwyższe oceny w zakresie wskaźników smart mobility, natomiast Olsztyn ocenę najniższą (rys. 9). Kraków ma rozwinięty system komunikacji miejskiej, z którego

chętnie korzystają mieszkańcy oraz dostępność lotniska i wzrastający popyt na usługi lotnicze. Pozytywnie ocenić należy także bezpieczeństwo transportowe w stolicy Małopolski. Poznań również wykazuje duży stopień wykorzystania komunikacji miejskiej w mobilności i dostęp do komunikacji lotniczej. Szczecin ma na wysokim poziomie jakość usług miejskiego transportu publicznego. W przypadku Białegostoku najwyższe oceny uzyskały bezpieczeństwo transportowe i wskaźnik motoryzacji, którego niski poziom wpływa na mniejsze ryzyko zatłoczenia miasta i obniżenie kosztów środowiskowych (hałas, zanieczyszczenia, wypadki). W Rzeszowie, pomimo wysokiego wskaźnika komunikacji miejskiej, zaznaczają się również nowe kierunki dotyczące infrastruktury rowerowej i ruchu jednośladów. Olsztyn najwyższe oceny zdobył w aspekcie wskaźnika motoryzacji i bezpieczeństwa w transporcie. Negatywnie na zbiorczej ocenie zaważył malejący popyt na usługi lotnicze w stolicy Warmii. Opole ma wysoki potencjał komunikacji kolejowej i dodatkowo postawiło na rozwój infrastruktury ścieżek rowerowych.



Rys. 9. Miasta w zbiorczej ocenie smart mobility [opracowanie własne]

4. Podsumowanie

Miasta poddane analizom stosują różne rozwiązania i nowoczesne technologie w aspekcie smart mobility. Standardem są inteligentne systemy transportowe (ITS) w zakresie komunikacji miejskiej, które umożliwiają podnoszenie jakości transportu publicznego i zwiększają popyt wśród mieszkańców na jego usługi. Budowa parkingów, czy centrów przesiadkowych dodatkowo zachęca do korzystania w miastach z pojazdów komunikacji zbiorowej. Rozwijające się systemy roweru miejskiego oraz rozbudowa infrastruktury dróg i ścieżek rowerowych służą rozwojowi mobilności współdzielonej, a dodatkowo odgrywają rolę w poprawie bezpieczeństwa i zachowania warunków zdrowotnych mieszkańców.

Norma ISO 37120 [4] umożliwia, w holistyczny oraz zintegrowany sposób, zmierzenie usług miejskich i jakości życia za pomocą ujednoliconych wskaźników, które mogą być z powodzeniem wykorzystywane w polityce zrównoważonego rozwoju i zarządzania

wydajnością obszarów zurbanizowanych. Także planowanie przyszłych potrzeb powinno uwzględniać obecne wykorzystanie i efektywność zasobów usług miejskich.

Wskaźniki z obszaru transportu, obliczone zgodnie z wymaganiami normy ISO 37120, powinny służyć miastom nie tyle do porównania się i klasyfikacji wobec innych jednostek, ile są cenną wskazówką w ewaluacji oraz monitorowania postępów i efektów na czynione inwestycje, czy wprowadzane zmiany i usprawnienia. Sprostanie przez władze terytorialne realnym potrzebom i oczekiwaniom użytkowników oraz odbiorców końcowych usług (mieszkańców), jest istotniejsze niż bicie jakichkolwiek rekordów wartości wskaźników. Niezależnie od tego, jakie kryteria byłyby przyjmowane do oceny miast w określonych rankingach, wdrażane rozwiązania w obszarze transportu przyczyniają się do zrównoważonego rozwoju miast i służą poprawie mobilności jego mieszkańców.

Literatura

1. Wróbel I. et. al.: *Rozwiązania i wskaźniki transportowe w inteligentnych miastach – część I*, Problemy Kolejnictwa, 2023, z. 198.
2. Wróbel I.: *Transport w kształtowaniu życia w inteligentnych miastach*, Prace Instytutu Kolejnictwa, 2022, z. 170.
3. Urbanek A.: *Pomiar zrównoważonej mobilności miejskiej: przegląd badań*, SGH w Warszawie, Kolegium Zarządzania i Finansów, Zeszyt Naukowy 171/2019.
4. ISO 37120: Sustainable development of communities First edition 2014-05-15 Indicators for city services and quality of life.
5. <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/start> [dostęp 08.11.2022].
6. <https://kgm.pl/krakow-jako-smart-city-nowoczesne-rozwiazania-w-miescie/> [dostęp 20.10.2022].
7. <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/krakow-dwa-autobusy-z-panelami-fotowoltaicznymi-50945.html> [dostęp 20.10.2022].
8. <https://krakow.eco/krakow-jako-smart-city-oto-corobi-miasto-w-tym-temacie/> [dostęp 20.10.2022].
9. <https://www.poznan.pl/mim/main/-,p,14886.html> [dostęp 24.10.2022].
10. Strategia Rozwoju Szczecina 2025, Uchwała nr XIV/320/11 RM Szczecin z dnia 19 grudnia 2011 r.
11. Wyrobiow L., Kordek I.: *Długoterminowa strategia zarządzania marką „Szczecin Floating Garden 2050”*, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Europa Regionum, Tom XXIII rok 2015.
12. Kostrzewska M.: *Smart City jako Koncepcja Zrównoważonego Rozwoju Miasta – przykład Szczecina*, Uniwersytet Szczeciński, Wydział Ekonomii, Finansów i Zarządzania; ZN WSH Zarządzanie 2021 (2), s. 161–178.
13. <https://www.resinet.pl/aktualnosci/rzeszow/sluzo-rollerowe-parking-parkandride-aktywne-przejscia-pomysly-na-rozwoj-systemow-transportowych-rzeszowa.html> [dostęp 24.10.2022].
14. <https://przeglad-its.pl/2014/11/24/nowe-oblicze-transportu-miejskiego-w-olsztynie/> [dostęp 24.10.2022].
15. <https://docplayer.pl/8101243-Strategia-rozwoju-publicznego-transportu-zbiorowego-w-olsztynie-do-2027-r.html> [dostęp 24.10.2022].
16. <https://sprint.pl/pl/aktualnosci/inteligentne-systemy-transportowe-w-opolu> [dostęp 24.10.2022].
17. https://www.ulc.gov.pl/_download/statystyki/wg_portow_lotniczych_4kw2021.pdf [dostęp 24.10.2022].