

MACIEJ KRUSZYNA

dr hab. inż., prof. Politechniki Wrocławskiej, Politechnika Wrocławska, tel.: 713204539, mail: maciej.kruszyzna@pwr.edu.pl

Powiązanie funkcjonalności węzła przesiadkowego z planowaniem przewozów w sieci transportowej¹

Streszczenie: Punktem wyjścia rozważań są wymagania poprawy funkcjonalności węzła przesiadkowego w naziemnym miejskim transporcie publicznym (integrującego tramwaje, autobusy, ewentualnie trolejbusy). Poprawa funkcjonalności ma tu dotyczyć przede wszystkim zwiększenia przepustowości węzła (umożliwienia obsługi większej liczby kursów/pojazdów) i ograniczenia strat czasu poprzez redukcję zatrzymań i nieuzasadnionych postojów, przy zachowaniu jego zwartości i wygody podróżnych. Ta część artykułu bazuje na analizie funkcjonujących węzłów oraz publikacji ich dotyczących (w tym autorskich). Sformułowane są zalecenia odnośnie pożądanej formy węzła (jako rozwiązanie docelowe). Wskazuje się także możliwe kierunki i sposoby przekształceń istniejących obiektów. Jednym z zaleceń jest uproszczenie liczby relacji w ramach węzła, co ma wpływ na planowanie całej sieci transportu publicznego w skali miasta czy nawet aglomeracji. Dotyczy to układu linii, liczby kursów, lokalizacji i rozplanowania węzłów itp. Te aspekty wpływu zmian formy poszczególnych węzłów na planowanie i modelowanie przewozów w całej sieci są główną częścią artykułu. W artykule przedstawiono uwagi ogólne oraz przykład konkretnych przekształceń wybranego węzła we Wrocławiu. Celem proponowanych działań (rozwiązań) jest umożliwienie zwiększenia liczby połączeń w sieci, redukcja strat czasu i, w konsekwencji, pozyskanie większej liczby pasażerów (zmiany w podziale zadań przewozowych). W końcowej części artykułu zainicjowana jest dyskusja nad tym, jak wyżej opisane uwarunkowania można uwzględnić w modelowaniu podróży.

Słowa kluczowe: węzeł przesiadkowy, planowanie przewozów, modelowanie przewozów.

Wprowadzenie

Węzły przesiadkowe są istotnym elementem systemu transportu publicznego miasta i aglomeracji. Efektywność łańcucha podróży zależy między innymi od sprawnej, szybkiej, wygodnej i bezpiecznej przesiadki. W zależności od lokalizacji węzła i typu integrowanych środków lokomocji (rodzajów linii) wyróżnić można kilka kategorii węzłów o odmiennych zasadach kształtowania (por. [1]). Specyficzny charakter mają na przykład węzły „zewnętrzne” realizujące przesiadkę z linii podmiejskiej na miejską. W szczególności mogą to być węzły pomiędzy tramwajami (często kończącymi bieg na pętlach) a koleją lub autobusem. W węzłach takich można realizować przesiadkę najwyższej jakości o charakterze „drzwi w drzwi” ([2], [3]).

Węzły sytuowane w centralnych częściach aglomeracji, najczęściej w ramach skrzyżowań ulic, nie pozwalają zazwyczaj na integrację typu „drzwi w drzwi”. Czasami możliwa jest koncentracja dużej liczby przystanków (zob. opis w dalszej części artykułu), ale częściej, z uwagi na uwarun-

kowania przestrzenne, muszą być one „rozrzucone” na wloty lub wyloty skrzyżowania. Obniża to w oczywisty sposób jakość przesiadki, samego węzła i całego systemu transportu publicznego.

Przedmiotem rozważań w artykule są węzły przesiadkowe sytuowane w obszarach skrzyżowań położonych w centralnych częściach dużych miast. Wskazano uwarunkowania kształtowania takich węzłów również względem dotychczas formułowanych kryteriów. Uwypuklony jest problem kształtowania węzła jako elementu całego systemu połączeń. Celem proponowanych działań (rozwiązań) jest umożliwienie zwiększenia liczby połączeń w sieci, redukcja strat czasu na węzłach i w konsekwencji pozyskanie większej liczby pasażerów (zmiany w podziale zadań przewozowych) przy zapewnieniu jak najwyższej jakości węzła przesiadkowego. Rozważania ograniczono do rozwiązań jednopoziomowych. Nie obejmują zatem problematyki węzłów przy stacjach metra lub innej kolei podziemnej (ew. nadziemnej).

Wymagania poprawy funkcjonalności węzła przesiadkowego

W literaturze fachowej dość cyklicznie publikowane są studia dotyczące funkcjonalności węzłów przesiadkowych. Formułowane są różnorodne kryteria, wśród których wyróżnić można zagadnienia: zwartości, czytelności i dostępności węzła, wygody i jakości informacji ([4], [5]). Często akcentowany jest także aspekt bezpieczeństwa (wyżej wymienione źródła oraz [6]). Wydaje się, że mniej uwagi poświęcano dotąd powiązaniom struktury węzła (w sensie relacji linii prowadzonych przez węzeł) z jego sprawnością (rozumianą jako przepustowość, czyli zdolność do przeprowadzenia dużej liczby kursów w jednostce czasu oznaczającą między innymi redukcję strat czasu). Straty czasu w ramach węzłów były już co prawda wielokrotnie analizowane (m.in. przez autora w [7]), nie wiązano jednak tego z koncepcją i koniecznością stosownego programowania przebiegów linii w skali całej sieci. Przyczynę do powiązania problematyki kształtowania węzłów z logiką systemu połączeń zawarł Rychlewski w [8], koncentrując się jednak na analizie i ocenie zidentyfikowanych „koniecznych” przesiadek.

Zderzyć tu należy kryteria funkcjonalności transportu publicznego w skali sieci (np. Rudnicki [9], Starowicz [10]) z wyżej przywoływanymi kryteriami dotyczącymi pojedynczych węzłów. Należy wyważyć oczekiwania odnośnie maksymalizacji liczby połączeń bezpośrednich (braku przesiadek), a chęci szybkiej podróży, dużej dostępności czasowej połączeń wyrażonej liczbą kursów na danej trasie i redukcji

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2018.

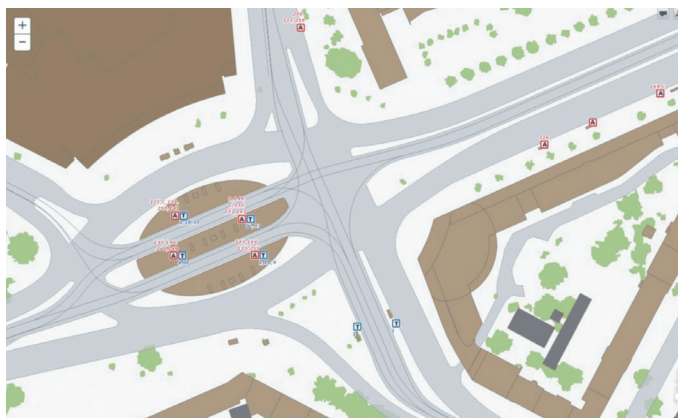
strat czasu (zatrzymań nie powiązanych z wymianą pasażerów). Ta druga grupa oczekiwań wymaga sprawnej siatki połączeń, braku blokowania się pojazdów, dużej prędkości podróży. Nie da się stworzyć sieci o dużej liczbie połączeń bezpośrednich i jednocześnie dużej liczbie kursów na każdym z takich połączeń. Postulat (czy raczej konieczność?) częstego kursowania (co 6 lub 5 minut na danej linii) oznacza ograniczanie liczby połączeń bezpośrednich. Nieodowność przesiadki nakazuje umiejętne kształtowanie przebiegów linii, w tym prowadzenie ich przez węzły, na których przesiadka jest jak najwyższej jakości (w miarę możliwości na tym samym przystanku).

Powyższy problem można przedstawić odwrotnie. Uwarunkowania ukształtowania sprawnego węzła (np. z minimalizacją relacji skrzyżnych) oznaczać mogą specyficzne wytyczne dla modyfikacji przebiegów linii w całej sieci. Poprawa funkcjonalności ma tu dotyczyć przede wszystkim zwiększenia przepustowości węzła (umożliwienia obsługi większej liczby kursów / pojazdów) i ograniczenia strat czasu poprzez redukcję zatrzymań i nieuzasadnionych postojów, przy zachowaniu jego zwartości i wygody dla podróżnych.

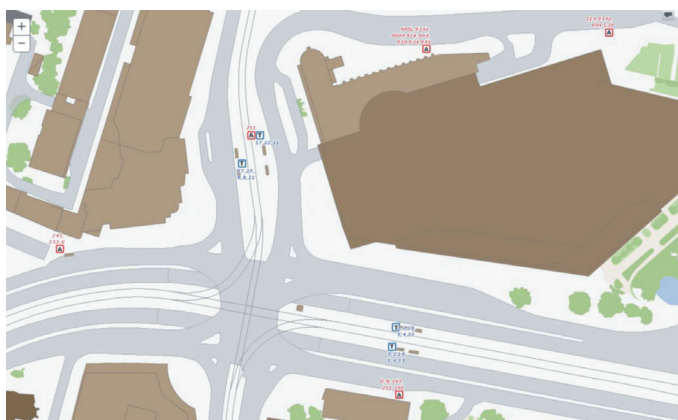
Zalecenia odnośnie pożądanej formy węzła

Zaprezentowane są dwa przykładowe węzły z Wrocławia: plac Grunwaldzki (niezbyt fachowo nazwany rondem Reagana) – rysunek 1 i plac Dominikański – rysunek 2. Mapy prezentowane na tych i na pozostałych rysunkach zorientowano w kierunku północnym (góra strony). Na placu Grunwaldzkim niemal udało się skoncentrować wszystkie przystanki w zespole sytuowanym w centralnej części skrzyżowania. Plac Dominikański reprezentuje bardziej typowy układ z lokalizacją przystanków tramwajowych na wyspach przy torowisku prowadzonym w osi jezdni (z tym, że tylko przy północnym i wschodnim wlocie), a przystanków autobusowych w zatokach przy skrajnych pasach ruchu. Sumaryczne dane o liczbach kursów korzystających z przystanków na węzłach zestawiono w tabeli 1. Niektóre linie autobusowe kończą bieg na węzle, z tym że w przypadku placu Grunwaldzkiego zazwyczaj dwukrotnie korzystają z przystanków na węzle – zawracanie zorganizowano w sąsiedztwie skrzyżowania. W tabeli 1 uwzględniono również trzeci węzeł – przy dworcu kolejowym, opisywany w dalszej części artykułu. W zestawieniu nie ujmowano autobusowych linii podmiejskich (numeracja zaczynająca się „6” lub „9”) i nocnych (numeracja zaczynająca się „2”).

Rozplanowanie geometryczne węzła, w sensie sytuowania przystanków oraz przejść pomiędzy nimi, w dużej mierze określone jest lokalnymi uwarunkowaniami przestrzennymi. Koncentracja przystanków zrealizowana na placu



Rys. 1. Węzeł na placu Grunwaldzkim we Wrocławiu – stan obecny
Źródło: mapa z portalu gis.um.wroc.pl



Rys. 2. Węzeł na placu Dominikańskim we Wrocławiu – stan obecny
Źródło: mapa z portalu gis.um.wroc.pl

Grunwaldzkim nie jest możliwa na placu Dominikańskim (abstrahując od propozycji ograniczania przestrzeni dla ruchu kołowego poprzez likwidację nadmiernej liczby pasów ruchu w tym tuneli – rozważana do realizacji w odległej perspektywie czasowej). Na placu Dominikańskim możliwe jest usprawnienie poruszania się pomiędzy przystankami poprzez dobudowę naziemnych przejść dla pieszych na wlocie północnym skrzyżowania (obecnie funkcjonuje tam przejście podziemne). Przyczynkiem do tej realizacji jest wykonany już naziemny przejazd dla rowerzystów. Integrację przystanków na placu Grunwaldzkim „rozbija” linia tramwajowa numer 1 o przebiegu uniemożliwiającym zatrzymywanie się na przystankach w centralnej części węzła. Linia ta korzysta z indywidualnych przystanków (i indywidualnych odcinków torowisk) usytuowanych przy południowo-wschodnim wlocie skrzyżowania. Przemieszczanie się pomiędzy tymi przystankami a centralną częścią węzła ułatwiono, realizując niedawno dodatkowe, naziemne przejście dla pieszych (wcześniej dojście na wyspę centralną możliwe było wyłącznie z przejścia podziemnego).

Sprawność węzłów, w tym czas postoju pojazdów na wjeździe oraz przed odjazdem, ograniczają liczne relacje poszczególnych linii. Obserwuje się wysokie straty czasu. Szczególnie na placu Dominikańskim nakładanie się relacji skrzyżnych oraz na wprost (wlot wschodni i północny) przy stałoczasowym programie sygnalizacji znacznie wydłuża postój w obrębie przystanków. Dla wlotu północnego

Tabela 1

Zestawienie liczby kursów na opisywanych węzłach w okresie 7–8 dnia roboczego (stan na 01.03.2018)			
węzeł	tramwaje	autobusy	razem
Plac Grunwaldzki (rys. 1)	70	94	164
Plac Dominikański (rys. 2)	110	37	147
Dworzec główny (rys. 3)	95	47	142

dodatkowo niekorzystny jest fakt organizacji przystanku jako pojedynczego. Powyższe problemy można minimalizować poprzez skracanie długości cyklu, wprowadzanie sygnalizacji z możliwością zamiany kolejności faz lub poprzez nieznaczne korekty geometrii celem realizacji przystanku podwójnego. Cenne i warte przytoczenia tu są uwagi z [11]: „tramwaje na węzłach (...) powinny być sterowane dyskretnie, według zasady włączenia sygnału «jedź» wtedy, gdy jest potrzebny (...). Dyskretna obsługa tramwajów wymaga sterowania grupowego”.

Interesujące wydaje się również przeorganizowanie przebiegów linii w skali całej sieci (wymagające czasami drobnych inwestycji) tak, aby redukcować lub całkiem likwidować relacje skrętne na węzłach. Możliwe jest to szczególnie na placu Dominikańskim, co nie oznaczałoby zmian w lokalizacji przystanków. Podobny problem dotyczy innego wrocławskiego węzła – przy dworcu kolejowym, gdzie dodatkowo zmiany przebiegów linii pozwoliłyby na relokację przystanków i faktyczne wykreowanie sprawnego węzła przesiadkowego. Ze względu na powyższe, ten węzeł jest szerzej opisany w dalszej części artykułu.

Uproszczenie liczby relacji w ramach węzła w kontekście planowania sieci transportu publicznego

Jednym z zaleceń poprawy funkcjonalności jest uproszczenie liczby relacji w ramach węzła, co ma również wpływ na planowanie całej sieci transportu publicznego w skali miasta czy nawet aglomeracji. Dotyczy to układu linii, liczby kursów, lokalizacji i rozplanowania węzłów itp. Duża liczba linii pozornie oznacza lepszy standard podróży, oferując większą liczbę połączeń bezpośrednich. Te połączenia bezpośrednie są jednak rzadkie. Oczekiwanie na konkretną linię jest długie. Przesiadka (a tej nie da się uniknąć – nie ma możliwości zapewnienia bezpośredniej podróży w każdej relacji) jest kłopotliwa, ponieważ czas oczekiwania też jest długi. Jest to efektem rzadszego kursowania na liniach, których jest dużo.

Dużo linii to kłopot z ich synchronizacją. Liczne relacje na węzłach powodują straty czasu (np. tramwaj w relacji na wprost nie może odjechać, bo przed nim stoi tramwaj do skrętu, tramwaje przyjeżdżają „stadami”, po czym jest długa przerwa). Wydłuża się czas podróży. Nie ma możliwości zwiększenia liczby kursów, nie ma możliwości wprowadzania nowych połączeń. Duża liczba linii to kłopot dla podróżnych (miejscowych i gości). System połączeń jest trudny do zapamiętania. Trudno zapamiętać trasy wszystkich linii. Zniechęca to do korzystania z połączeń przesiadkowych, skazując na długie oczekiwanie na tę „jedyną właściwą” linię. Reasumując: wady systemu z dużą liczbą linii są liczne i przewyższają korzyści z oferowania (na wybranych trasach) połączeń bezprzesiadkowych.

Inaczej: system z mniejszą liczbą linii, ale oferujący częste kursy na tych liniach, pozwala szybciej podróżować (są mniejsze czasy oczekiwania na pojazd, w tym przy przesiadaniu się). Liczne kursy plus wygodne przesiadki to możliwość efektywniejszej podróży. Dodatkowo pojawia się możliwość zwiększenia liczby kursów dzięki redukcji strat czasu w węzłach.

Formułując postulat poprawy jakości w transporcie publicznym (w tym zwiększenia dostępności, liczby kursów, prędkości podróży), nie można bazować na systemie, który nie oferuje możliwości zwiększenia liczby kursów na konkretnych trasach lub w węzłach. Konieczne jest usprawnienie poruszania się tramwajów, w tym związane z redukcją liczby linii owocującą wyraźnie większą liczbą kursów.

Koncepcję optymalizacji sieci połączeń realizuje obecnie Kraków. We Wrocławiu przygotowywane są założenia do podobnych zmian wynikające m.in. z rozwijającego się programu rozbudowy tras tramwajowych. Szczegóły planowanych działań wykraczają poza ramy artykułu (i są dopiero w opracowywaniu). Niemniej warto podkreślić, że rozważa się wprowadzenie systemu linii o dużej liczbie kursów (doraźnie co 6 minut, a perspektywicznie co 5). Aktualnie linie tramwajowe kursują w szczycie co 12 minut (z wyjątkiem linii 33, która kursuje co 6 minut). Postulowane zmiany wymagają między innymi reorganizacji przebiegów linii, w tym redukcji relacji. Istotne są także przekształcenia węzłów.

Przykład proponowanych przekształceń wybranego węzła we Wrocławiu

Analizie poddano węzeł przy głównym dworcu kolejowym we Wrocławiu sytuowany po północnej stronie dworca przy skrzyżowaniu ulic: Kołłątaja – Peronowa / Piłsudskiego. Z tego miejsca najbliższymi jest do hali dworca oraz peronów, aczkolwiek w rejonie dworca znajdują się także inne przystanki (np. sytuowane po stronie południowej). Aktualne rozmieszczenie przystanków przy analizowanym skrzyżowaniu pokazano na rysunku 3, a dane o liczbie kursów zamieszczono w tabeli 1.

Dzisiejsza konfiguracja przebiegów linii powoduje określone skutki negatywne, w tym trudność w ukształtowaniu zwartej węzła. Linie kursujące z północy na zachód (2, 5, 11) zatrzymują się w większej odległości od skrzyżowania. Linie w relacji północ-południe (8, 9) zatrzymują się na przystanku jak wyżej oraz ponownie około 130 metrów dalej na przystanku przy ulicy Peronowej. Linia w relacji zachód-wschód (OP) korzysta z indywidualnego przystanku położonego w znacznej odległości od skrzyżowania. Linie w relacji południe-zachód (15, 31, 32) zatrzymują się na przystanku przy ulicy Stawowej również w oddaleniu od skrzyżowania.



Rys. 3. Węzeł przy głównym dworcu kolejowym we Wrocławiu – stan obecny
Źródło: mapa z portalu gis.um.wroc.pl

Powyższe oznacza, że podróżujący z dworca w kierunku zachodnim nie może skorzystać z wszystkich 7 jadących tam linii – przystanki są w znacznych odległościach. Relacja zachód–południe (15, 31, 32) w ogóle nie ma przystanku przy analizowanym skrzyżowaniu. Przystanek dla linii na wschód (OL) i części linii na północ (2, 5, 11) pozwala na zatrzymanie się tylko jednego tramwaju w danym momencie, co przy braku miejsca na wydłużenie przystanku powoduje częste i długie oczekiwanie tramwajów przed wjazdem na przystanek. Straty czasu potęgowane są dodatkowo podwójną relacją z tego przystanku (na wprost i w lewo). Na północ prowadzone są także dwie linie (8, 9) z innego przystanku niż powyższy, choć w tym przypadku możliwy jest wybór obu przystanków dla linii na północ z uwagi na ich bliskie położenie i nieznaczne trudności przy przejściu. Opisany węzeł należy uznać za zdeintegrowany. Konieczne są przekształcenia w kierunku poprawy funkcjonalności węzła, a ta możliwa jest dopiero poprzez reorganizację relacji linii przebiegających przez węzeł.

Postuluje się redukcję relacji prowadzonych przez węzeł do wyłącznie kierunków na wprost: północ–południe, wschód–zachód i w przeciwną stronę. Wymaga to zmian przebiegów linii tramwajowych w sąsiedztwie dworca rzutujących na całą sieć połączeń, tak aby minimalizować konieczność przesiadek. Będzie to możliwe m.in. poprzez prowadzoną już inwestycję (torowisko w ulicy Hubskiej) oraz realizację postulowanego połączenia pomiędzy Powstańców Śląskich a Ślężą. Z uwagi na ograniczone ramy niniejszego artykułu nie omawia się zmian w sieci połączeń, pozostawiając te zagadnienia innej publikacji. W kontekście przekształceń sieciowych planuje się w rejonie analizowanego węzła wzmocnienie relacji wschód–zachód i równoważenie liczby kursów pomiędzy obie przecinające się relacje na poziomie 30–36 tramwajów na godzinę w danym kierunku. W celu usprawnienia obsługi przewiduje się wykreowanie dwóch zespołów przystanków podwójnych sytuowanych po południowej i wschodniej stronie skrzyżowania i przeznaczonych wyłącznie dla relacji na wprost. Nowy węzeł pokazano na rysunku 4. W jego ramach zintegrowano przystanki 1–4. Dwa (1 i 2) w istniejącej lokalizacji, a dwa (3 i 4) nowe – do ukształtowania poprzez nieznaczne zmiany w geometrii jezdni i przeznaczeniu konkretnych pasów ruchu (w tym przesunięcie jezdni w kierunku wschodnim



Rys. 4. Węzeł przy głównym dworcu kolejowym we Wrocławiu – proponowane przekształcenia infrastrukturalne

Źródło: rysunek na mapie z portalu maps.google.pl

poza proponowany przystanek numer 4). Zmiany pozwolą zlikwidować obecne przystanki: 5–8 (7 i 8 poza zasięgiem rysunku 4).

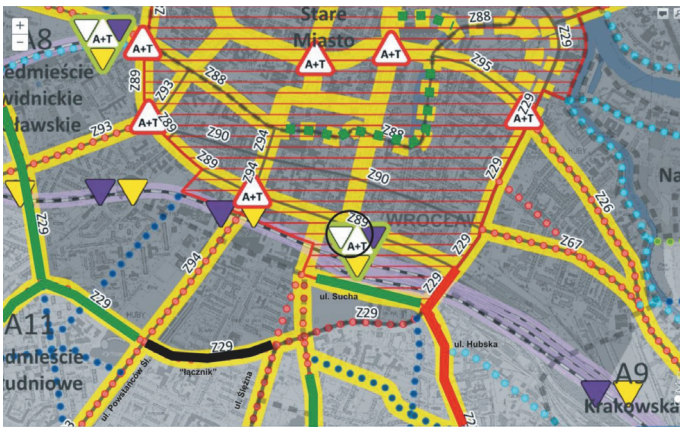
Wyżej zarysowane zmiany pozwolą skoncentrować blisko siebie przystanki o znacznej ofercie pasażerskiej w konkretnym miejscu w okolicy dworca. Odjazd w danym kierunku odbywał się będzie zawsze z tego samego przystanku. Konfiguracja przystanków oraz przebiegów linii pozwoli na znaczne ograniczenie strat czasu. Warto podkreślić, że takie ukształtowanie węzła możliwe będzie dopiero po reorganizacji przebiegów linii w całej sieci oraz po wykonaniu konkretnych, aczkolwiek niedużych inwestycji w nowe trasy tramwajowe. Docelowo ze wskazanych przystanków będą korzystać wyłącznie tramwaje. Autobusy wprowadzane doraźnie na torowiska (i przystanki) powinny mieć taką samą częstotliwość kursowania jak tramwaje, celem umożliwienia koordynacji.

Nowe torowiska

Wspomniane wyżej, postulowane zmiany w sieci transportowej wymagają uzupełnienia połączeń (budowy nowych torowisk), szczególnie w sąsiedztwie analizowanego węzła. Celem tych inwestycji będą zmiany przebiegu linii przez węzeł, ale bez likwidacji połączeń bezpośrednich w skali całej sieci. Na bazie planów rozwoju sformułowanych w postaci Wrocławskiego Programu Tramwajowego (zob. [12]) oraz zapisów uchwalonego w styczniu 2018 roku „Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego” (w skrócie: Studium 2018, <http://gis.um.wroc.pl/imap/?gmap=Studium2018>) opracowano plan realizacji szeregu nowych torowisk, w tym uzupełniających sieć w centrum miasta.

Na rysunku 5 pokazano fragment mapy ze Studium 2018 dotyczącej „polityki zrównoważonej mobilności” obejmującej między innymi docelowy układ transportowy. Żółte linie na tej mapie wskazują docelowe torowiska (w tym istniejące obecnie oraz planowane). Na rysunku 5 wyróżniono dodatkowo: torowisko w budowie (ul. Hubska, czerwona linia), jedno z planowanych torowisk, bardzo istotne dla analizowanego węzła (tak zwany łącznik pomiędzy Powstańców Śląskich a Ślężą, czarna linia). To torowisko postuluje się zrealizować w najbliższej perspektywie (choć realnie prawdopodobnie już po 2022 roku). Dodatkowo oznaczono także inne planowane torowiska, ale o dalszym horyzoncie realizacji (zielone linie, np. w ulicy Suchoj). Linie przerywane oznaczają torowiska o przebiegu wariantowym wymagające dalszych analiz. Czarnym okręgiem oznaczono analizowany tu węzeł w sąsiedztwie dworca kolejowego.

Dwie wskazane inwestycje uzupełniające sieć torowisk pozwolą na uproszczenie relacji w tym węzle i jego optymalizację. Dzięki trasie w ulicy Hubskiej możliwe będzie wprowadzenie konkretnych linii przez węzeł w relacjach wschód–zachód zamiast południe–zachód, a po realizacji „łącznika” zastąpienie relacji skrzyżujących zachód–północ przebiegami „na wprost”: północ–południe. W skali całej sieci połączeń (przebiegów linii) zamiany te nie spowodują niedogodności dla pasażerów. Nieliczne przystanki omijane



Rysunek 5: Nowe torowiska w sąsiedztwie analizowanego węzła
Źródło: rysunek własny na mapie z portalu wroclaw.pl

z uwagi na zmiany przebiegów linii będą osiągalne bezprzesiadkowo z wykorzystaniem innych linii, a czas przejazdu na całej linii nie ulegnie wydłużeniu (przeciwnie, skróci się z uwagi na redukcję strat czasu w węźle). Poprawa przepustowości węzła oraz integracja przystanków uzyskane poprzez nowe trasowanie będą istotną wartością dodaną dla całego systemu transportu we Wrocławiu.

Rozwój sieci torowisk tramwajowych, w tym realizacja nowych połączeń w centrum miasta, ma docelowo wyeliminować linie autobusowe z ulic, na których kursują tramwaje. Aktualnie przez centrum Wrocławia przebiega wiele linii autobusowych, a niektóre z nich cechuje znaczne obciążenie pasażerami, z uwagi na to że docierają do osiedli pozbawionych transportu tramwajowego. Obniża to jakość całego systemu transportu publicznego, ponieważ autobusy z reguły kursują po jezdniach ruchu ogólnego i w związku z tym utykają w korkach, oferują niską prędkość podróży, odnotowywane są opóźnienia w stosunku do rozkładu jazdy. Dublowanie się przebiegów linii autobusowych i tramwajowych oraz nie docieranie tramwajów do niektórych osiedli obniżają także efektywność transportu tramwajowego. W otoczeniu opisywanego wyżej węzła przesiadkowego aktualnie przebiega kilka linii autobusowych o znaczeniu „ogólnomiejskim” (linie średnicowe). Czasami udaje się wprowadzić autobusy na torowiska tramwajowe – szczególnie w obszarze przystanków, ale nie zawsze sprzyja to integracji obu form transportu (z uwagi na różne częstotliwości bazowe kursowania).

Podsumowanie

W artykule wskazano na związki pomiędzy kształtowaniem efektywnego węzła przesiadkowego a logiką systemu połączeń w skali całej sieci. Z jednej strony, postulowane zwiększenie liczby kursów na liniach przy zmniejszeniu ich liczby, oznacza konieczność optymalizacji punktów przesiadkowych. Z drugiej strony, na funkcjonalność węzła wpływa między innymi liczba prowadzonych na nim linii i relacji. Postulat zmian w logice systemu połączeń transportu publicznego wydaje się być słuszny z uwagi na zwiększanie się liczby celów i tras podróży w dużych i zróżnicowanych przestrzennie aglomeracjach. Sprzyjające jest

tu wprowadzanie nowoczesnych rozwiązań taryfowo-biletowych. Wiele miast wdraża lub zamierza przekształcać system transportu w kierunku takich zmian. Tym bardziej istotne są studia nad powiązaniem zasad kształtowania węzłów z wymaganiami logiki systemu połączeń.

W artykule zarysowano ten problem, podając w dużej mierze „intuicyjne” zasady przekształceń zarówno sieci, jak i węzłów. Proponowane rozwiązania wydają się być korzystne. Niemniej warto wzmocnić przedstawione postulaty wynikami modeli, w tym uogólniających stawiane tezy. Powiązanie parametrów opisujących węzły (w tym czas postoju, straty czasu) z wielkościami opisującymi ruch w całej sieci (jak czas podróży, czas oczekiwania) powinno być uwzględnione na różnych etapach modelowania. Należy formułować warianty dotyczące nie tylko wybranych, konkretnych lokalizacji węzłów lub tras, a raczej porównywać różne opcje prowadzenia linii, w tym z odmienną logiką systemu połączeń. Jest to trudne, bowiem zmian w logice systemu połączeń nie można wprowadzać często. Przekształcenie systemu, na przykład w kierunku zwiększania liczby kursów, powinno być poprzedzone szerokimi analizami oraz konsultacjami. W trakcie tego procesu jest miejsce na wykonanie modelowań, w tym różnych opcji. Zmiany w logice systemu mogą także oznaczać możliwość przekształceń i ulepszeń węzłów, co z kolei wzmocni korzystne efekty proponowanych zmian.

Literatura

1. Kruszyna M., *Znaczenie węzłów przesiadkowych w miejskim transporcie zbiorowym*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2012, nr 1.
2. Majewski B., *Autobusy na tory, czyli integracja miejskiej komunikacji autobusowej z tramwajową w ramach wspólnych torowisk oraz węzłów przesiadkowych*, „Autobusy”, 2011, nr 12.
3. Kruszyna M., *Program tramwajowy jako bodziec do wprowadzenia mniej konwencjonalnych rozwiązań z zakresu miejskiej infrastruktury szynowej*, „Przegląd Komunikacyjny”, 2017, nr 4.
4. Olszewski P., Krukowska H., Krukowski P., *Metodyka oceny wskaźnikowej węzłów przesiadkowych transportu publicznego*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2014, nr 6.
5. Czekala K., Bryniarska Z., *Ocena wskaźnikowa wybranych węzłów przesiadkowych publicznego transportu zbiorowego w Krakowie*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2017, nr 6.
6. Dźwigoń W., *Aspekty bezpieczeństwa osobistego w projektowaniu węzłów przesiadkowych*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, z. 96, 2013.
7. Kruszyna M., *Przepustowość elementów sieci komunikacji zbiorowej*, praca doktorska, Raport Instytutu Inżynierii Lądowej z serii PRE 41/99, Wrocław 1999.
8. Rychlewski J., *Kształt sieci transportu publicznego a obligatoryjność przesiadek*, Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej, Politechnika Poznańska, 2015, nr 20.
9. Rudnicki A., *Jakość komunikacji miejskiej*, Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału SITK w Krakowie, seria Monografie, nr 5, Kraków, 1999.
10. Starowicz W., *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007.
11. Rychlewski J., Kosicki D., *Sterowanie ruchem na węzłach tramwajowych w Poznaniu*, Annały Inżynierii Ruchu i Planowania Transportu, tom.1, Poznań 2017.
12. Kruszyna M., *Rozwój sieci tramwajowych w Polsce jako tło dla Wrocławskiego programu Tramwajowego*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2017, nr 3, s. 24–28.