



MIASTO  
STOŁĘCZNE  
WARSZAWA



**IDOM**

---

# **Wytyczne i standardy techniczne dla węzłów przesiadkowych z uwzględnieniem ich klasyfikacji (guidebook – schematy węzłów)**

---

**Etap 3**

**Załącznik 2 - Standardy dla analiz ruchowych węzła przesiadkowego**

**Rewizja 1**

Warszawa, wrzesień 2019 r.

<b>Nazwa projektu:</b>	Opracowanie wytycznych i standardów technicznych dla węzłów przesiadkowych z uwzględnieniem ich klasyfikacji (guidebook – schematy węzłów)
<b>Etap</b>	3
<b>Z ogłoszenia nr:</b>	NZO 1 / 2018
<b>Zamawiający:</b>	Miasto Stołeczne Warszawa
<b>Wykonawca:</b>	Konsorcjum: IDOM Inżynieria Architektura i Doradztwo Sp. z o.o. i IDOM Consulting, Engineering, Architecture, S.A.U
<b>Nr referencyjny</b>	PL0143_
<b>Data:</b>	18.09.2019 r.
<b>Rewizja:</b>	1

	Imię i nazwisko	Podpis	Data
Zatwierdził	Wojciech Gawęda		18.09.2019

## **Skład autorski**

Wojciech Gawęda

Tomasz Głębowski

Michalina Jaczewska

Artur Jaroń

Michał Karwan

Marcin Kulnicz

Maciej Misiaszek

Ewelina Lesisz

Alexandre Augusto Santos Margarido

Mariusz Masłowski

Piotr Trzpil

Przemysław Urbański

Marta Wieczorek

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Międzygałęziowa struktura ruchu</b>	<b>8</b>
2.1	Ruch pieszych na węzłach przesiadkowych	10
<b>3</b>	<b>Określanie zakresu</b>	<b>11</b>
3.1	Zdefiniowanie obszaru	12
3.2	Przedmioty analizy	14
3.2.1	Ruch pieszy	14
3.2.2	Ruch rowerowy	14
3.2.3	Transport zbiorowy	15
3.2.4	Ruch drogowy	15
3.3	Określenie przedziału czasowego	15
3.4	Określenie poziomu i horyzontu analiz	16
<b>4</b>	<b>Badania ruchu dla węzła przesiadkowego</b>	<b>19</b>
4.1	Czas pomiaru	20
4.2	Zakres badań	21
4.2.1	Badanie źródeł i celów podróży	24
4.2.2	Narzędzia pomiarowe	26
<b>5</b>	<b>Wizja lokalna</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Poziomy Swobody Ruchu pieszego i standard obsługi</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>Modelowanie ruchu</b>	<b>32</b>
7.1	Modelowanie regionalne w skali makroskopowej	33
7.1.1	Kalibracja modelu transportu indywidualnego	33
7.1.2	Kalibracja modelu transportu zbiorowego	34
7.1.3	Procedury kalibrujące	34
7.1.4	Miary zgodności modelu	35
7.1.5	Ruch pieszy w modelu makroskopowym	36

7.2	Mikrosymulacje ruchu pieszego .....	37
7.2.1	Dane wejściowe .....	37
7.2.2	Geometria obiektu.....	38
7.2.3	Rozkłady jazdy .....	39
7.2.4	Macierz źródło-cel i więźba ruchu .....	40
7.2.5	Specyficzne zjawiska i zachowania pieszych .....	40
7.2.6	Scenariusze symulacji.....	41
7.2.7	Kalibracja modelu.....	42
7.2.8	Metody oceny jakości ruchu w węźle na podstawie symulacji .....	43
7.2.9	Miary zgodności węzła z normami.....	44
7.2.10	Schemat postępowania .....	44
7.3	Mikrosymulacje ruchu kołowego .....	48
7.3.1	Dane wejściowe .....	48
7.3.2	Odwzorowanie sieci .....	48
7.3.3	Ocena jakości ruchu na podstawie symulacji .....	49
<b>8</b>	<b>Przebieg analiz w procesie planowania infrastruktury .....</b>	<b>50</b>
8.1	Planowanie węzła klasy 1 .....	51
8.2	Planowanie węzła klasy 2 .....	53
8.3	Planowanie węzła klasy 3 .....	55

## Pojęcia i definicje

**GDDKiA** – Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad

**ZTM** – Zarząd Transportu Miejskiego w Warszawie

**WTP** – Warszawski Transport Publiczny, gałęzie transportu podlegające pod Zarząd Transportu Miejskiego w Warszawie

**Generator ruchu** – umowny lub rzeczywisty punkt, miejsce, budynek, który stanowi źródło ruchu (dowolnego rodzaju) w analizie transportowej

**Atraktor ruchu** – umowny lub rzeczywisty punkt, miejsce, budynek, który stanowi cel podróży

**Generacja ruchu** (produkcja ruchu) – suma ruchu z danego generatora do wszystkich celów (atraktorów)

**Atrakcja ruchu** – suma ruchu do danego atraktora ze wszystkich źródeł

**Macierz źródło-cel**, OD (*Origin-Destination matrix*) – macierz określająca zależność pomiędzy generatorami i atraktorami ruchu, (na ogół) wiersze oznaczają generatory, a kolumny atraktory. Na przecięciu wiersza i kolumny jest wielkość ruchu (liczba podróży) odbywanych z danego źródła do danego celu,

**Więźba ruchu** – macierz źródło-cel w ujęciu przestrzennym, nazywana jest tak reprezentacja macierzy w postaci linii/wiązek na mapie

**Potencjał ruchotwórczy** – cecha miejsca/punktu/budynku oznaczająca wielkość wzbudzanego ruchu pojazdów, towarów lub osób, bez uwzględniania skąd i dokąd ten ruch się odbywa ani jakimi środkami transportu

**Podział zadań przewozowych** – określa jaki udział podróży odbywa się z wykorzystaniem środków transportu zbiorowego; może określać udział podróży dla wszystkich gałęzi transportu

**Ruch błądzący** – podróże głównie piesze, które odbywają się do lub z miejsca, które nie stanowi ani źródła ani celu podróży, a jedynie miejsce/cel pośredni, okazyjny, w celu skorzystania z usługi lub spożytkowania długiego czasu oczekiwania

**Motywacja podróży** – określenie oznaczające przyczynę podróży, w ogólny sposób opisujące jej źródło i cel, np. motywacja „do pracy”, „do szkoły”, „dom – praca”, „dom – szkoła”, lub np. motywacja „praca – praca” jako podróż odbywająca się pomiędzy dwoma zakładami pracy.

**Model multimodalny** – Model wielogałęziowy, model ruchu uwzględniający jednocześnie wiele sposobów przemieszczania się (wiele gałęzi transportu).

**Funkcja oporu** – matematyczny opis związku pomiędzy warunkami ruchu lub koszcie ruchu po danym fragmencie modelu ruchu (np. odcinku drogi lub całej relacji z punktu A do punktu B) a jego względną nieatrakcyjnością, tzn. liczbowo opisaną niechęcią do skorzystania z danej trasy, którą można porównywać dla różnych dróg alternatywnych;

**Relacja skrętna** – możliwość ruchu w jednej określonej relacji skrzyżowania – jeden wlot skrzyżowania typowo może mieć relację w prawo, na wprost, w lewo i relację zawracającą.

**Kiss&Ride** – K+R, Ucałuj i odjeżdżaj, nazwa dla parkingu funkcjonującego na zasadzie chwilowego zatrzymania samochodu osobowego dla wysadzenia lub zabrania pasażera.

**Ruch docelowy** – podróże, które rozpoczęły się poza węzłem przesiadkowym, a których cel znajduje się na obszarze węzła przesiadkowego lub w jego sąsiedztwie

**Ruch źródłowy** – podróże, które rozpoczęły się na węźle przesiadkowym lub w jego sąsiedztwie, a których cel jest poza tym obszarem

**Ruch przesiadkowy** – podróże, które odbywają się z przesiadką na węźle przesiadkowym

**Ruch tranzytowy pieszych** – podróże piesze, których źródło i cel jest w sąsiedztwie węzła przesiadkowego, odbywające się przez objęty analizą obszar węzła

**PRM** – *Persons with Reduced Mobility*, osoby o ograniczonej możliwości poruszania się, termin opisujący grupę osób o ograniczonej mobilności z dowolnej przyczyny, także niezwiązanej z fizyczną lub intelektualną niepełnosprawnością

**Standardy i wytyczne dla węzłów przesiadkowych** – Wytyczne i standardy dla węzłów przesiadkowych, Standardy węzłów przesiadkowych – skrócone określenia dla głównego dokumentu niniejszego opracowania – *Wytyczne i standardy techniczne dla węzłów przesiadkowych z uwzględnieniem ich klasyfikacji (guidebook – schematy węzłów)*.

**Standardy** – w niniejszym dokumencie określane tak są ogólnie wszystkie obowiązujące standardy dla obsługi pasażerskiej, ruchu pojazdów, ruchu pieszego, rozwiązań infrastrukturalnych, w tym w szczególności: Standardy i wytyczne dla węzłów przesiadkowych, Standardy projektowe i wykonawcze infrastruktury dla pieszych, Standardy dostępności dla Miasta Stołecznego Warszawy.

## 1 Wstęp

W niniejszym dokumencie wskazane zostały metody analizy węzłów przesiadkowych obejmujące część ruchową. Podano wartości standardowe, dla cech ruchu na węzłach przesiadkowych, które opisywane są liczbowo. Ponadto dokument zawiera rekomendowane sposoby planowania i przeprowadzania prac analitycznych dotyczących węzła, w tym w zakresie wykorzystywania modeli ruchu i przeprowadzania symulacji.

Analiza ruchowa dla nowego połączenia komunikacyjnego, w szczególności linii kolejowej, tramwajowej lub metra lub dla nowego obiektu o wysokim potencjale ruchotwórczym, powinna być przeprowadzana na etapie koncepcji projektu rozwiązań i uwzględniać ruch całego węzła przesiadkowego. Należy weryfikować założenia pod kątem potrzeb ruchu pieszego i wykonywać w tym celu niezbędne prace analityczne, zgodnie z Polityką Tworzenia Korzystnych Warunków Dla Rozwoju Ruchu Pieszego zarządzaną przez Prezydenta Miasta Stołecznego Warszawy.

## 2 Międzygałęziowa struktura ruchu

Analiza ruchowa powinna uwzględniać wszystkie sposoby przemieszczania się po danym obszarze, również potencjalne, a także grupy potrzeb użytkowników poszczególnych gałęzi transportu.

Podstawowy podział poszczególnych użytkowników ze względu na gałęzie transportu to:

- Transport zbiorowy
- Transport indywidualny

Przy czym podróże odbywane na piechotę często zaliczane są do transportu zbiorowego, gdyż dotyczą potencjalnych użytkowników środków transportu zbiorowego. Tradycyjny podział traci na znaczeniu w dobie rozwoju nowych usług: tzw. car-sharing, wypożyczanie motocykli lub hulajnóg, gdzie jedna podróż może odbyć się, także z przesiadką, z wykorzystaniem kilku publicznie dostępnych środków transportu z grupy tradycyjnie uznawanych za pojazdy transportu indywidualnego.

Rekomenduje się, by analizy ruchowe skupiały się na następujących środkach transportu:

- pieszo,
- gałęzie Warszawskiego Transportu Publicznego: autobus, tramwaj, metro, kolej,
- rower i pokrewne,
- samochód osobowy i inne samochody prywatne,
- gałęzie transportu wodnego lub lotniczego (jeżeli występują),



z uwzględnieniem możliwości przesiadki w dowolnej relacji między nimi. Na etapie planowania analizy należy zdecydować o poziomie szczegółowości rozróżnienia kategorii środków transportu.

Przy okazji sporządzania prognozy wielkości ruchu, często konieczne jest wydzielenie pociągów aglomeracyjnych, regionalnych, dalekobieżnych, prywatnych autobusów dalekobieżnych lub międzynarodowych jako wyróżnionych grup pojazdów, rozważanych w planowanym badaniu. Analiza szczególnie uwzględniająca podaż transportu zbiorowego może wyróżniać długie, przegubowe autobusy lub odróżniać tramwaje niskopodłogowe od pozostałych. Używany podział ma służyć osiągnięciu rezultatów analiz.

Badania i analizy powinny wyróżniać co najmniej wylistowane wyżej gałęzie transportu. Wyróżnianie kolejnych kategorii jest w wielu przypadkach zasadne, jednak nie powinno się wprowadzać arbitralnych podziałów, których wprowadzenie nie prowadzi do nowych wniosków.

Środek transportu w dobrym, ale ograniczonym zakresie opisuje potrzeby poszczególnych uczestników ruchu. W toku analiz należy uwzględniać różne oczekiwania i potrzeby użytkowników, także związane z zapewnieniem miejsca do parkowania, odpoczynku lub zasięgnięcia informacji. W przekroju chodnika poruszają się pasażerowie różnych środków transportu, osoby mające do pokonania różne dystanse i odbywające podróże na różne odległości.

W przypadku analiz ruchu drogowego, należy wyróżnić co najmniej następujące kategorie pojazdów:

- samochody osobowe
- autobusy
- rowery
- samochody ciężarowe i dostawcze.

Wyróżnienie ruchu szynowego – ruchu tramwajów lub pociągów, jest konieczne wtedy, gdy rozważany jest sposób operowania tej gałęzi transportu w węźle przesiadkowym. Należy wyróżnić ruch pojazdów szynowych także wtedy, gdy wzajemnie oddziałują na siebie z ruchem kołowym na skrzyżowaniach lub przejazdach. W pozostałych przypadkach, wyróżnia się jedynie ruch pieszy związany z tymi pojazdami, w analizach ruchu pieszego.

Rozważane kategorie pojazdów w ruchu kołowym należy rozszerzyć i dostosować do zakresu przeprowadzanego badania według potrzeb. Włączając nowe kategorie należy bazować na kategoriach stosowanych przez GDDKiA, tj.:

- motocykle
- samochody osobowe
- lekkie samochody ciężarowe (dostawcze)
- samochody ciężarowe bez przyczepy
- samochody ciężarowe z przyczepą
- autobusy

- ciągniki rolnicze.

Dla analizy węzła zasadne jest odróżnienie autobusów WTP od pozostałych autobusów.

Biorąc pod uwagę, że elementem analizy ruchowej najczęściej jest pomiar, nie należy wyróżniać odgórnie kategorii pojazdów.

Najważniejszą gałęzią transportu jest bez wątpienia ruch pieszy. Niemal każda odbywana podróż choć w części odbywa się na piechotę: czy to bezpośrednio do celu podróży, czy też na przystanek lub parking, by dalszą część podróży odbyć korzystając z pojazdu.

## **2.1 Ruch pieszych na węzłach przesiadkowych**

### **Węzły żyją w cyklach rozkładów jazdy**

Ruch pieszych na węzłach przesiadkowych Warszawy cechuje duża dynamika. Występujące w większości przypadków wysokie częstotliwości kursowania środków transportu sprawiają, że przesiadka może odbywać się niemal identycznie każdego dnia. Podróżny wysiada, zmierza na kolejny przystanek/peron, czeka określoną liczbę minut po czym odjeżdża.

Oprócz regularnych i cyklicznych podróży mają miejsce zaburzenia ruchu związane z jednoczesnym przyjazdem kilku pojazdów lub spóźnieniami. Wpływ zaburzenia najczęściej jest już niewidoczny po kolejnym cyklu przyjazdów i odjazdów, kiedy to ruch wraca do normy i staje się znów podobny do średniego.

Reguła cykliczności traci na znaczeniu dla węzłów obsługiwanych przez pojazdy rzadziej, jak węzły ze stacją pociągów dalekobieżnych.

### **Liczba pieszych w godzinie nie stanowi o jakości, bezpieczeństwie ani swobodzie ruchu**

Nikt nie przesiada się przez godzinę na węźle przesiadkowym (a przynajmniej, nie jest przez godzinę w ruchu). Liczba użytkowników jest wątpliwą ważną informacją i stanowi o popycie na usługi transportowe i inne. Nie niesie jednak za sobą żadnej informacji o tym, jaka jest jakość ruchu na węźle przesiadkowym, poza przypadkami, gdy jest ekstremalnie duża i wprost sygnalizuje problemy z obsługą.

Przykłady:

- Na peronie wysiada 300 pasażerów w godzinie (mało). W godzinie przyjeżdża na ten peron jeden pociąg. Wysiada z niego 300 osób, po czym wszyscy niemal jednocześnie kierują się na schody, a schody mają 2 metry szerokości. W niebezpiecznym tłoku przechodzi prawie każdy.
- Po chodniku o szerokości 2 m przemieszcza się 600 osób w godzinie (względnie mało). Chodnik jest na trasie popularnej przesiadki z tramwaju na metro. Tramwajów

Określanie zakresu

w godzinie przyjeżdża 6, a wysiadający w grupach po 60-100 osób tłoczą się na chodniku wraz z pieszymi przemieszczającymi się po chodniku.

- Z węzła przesiadkowego uznawanego za wygodny i niezatłoczony korzysta 3000 osób w godzinie. Jednego dnia, w godzinie skorzystało z niego jeszcze mniej osób (2000), przy czym było to spowodowane tym, że z powodu awarii z 15 tramwajów przyjechały tylko 3, efektem czego na peronach stało po kilkaset osób.
- Na przystanku autobusowym wsiada w godzinie 1000 osób do 40 autobusów. W rozkładzie jazdy są przyjazdy jednoczesne i niejednoczesne. Cykli sygnalizacji przed przystankiem jest w godzinie 32. Na przystanku bywa tak, że czeka się minutę i samemu, ale bywa też tak, że 10 minut w grupie 100 osób.

**Jakość ruchu określa się dla podróży, nie infrastruktury**

Podróż przesiadkowa przez węzeł może trwać zaledwie kilka minut. Podróżny może przesiadać się na węzle codziennie, nigdy nie spędzając na nim więcej czasu. Dla podróżnego nie ma żadnego znaczenia, że chwilę po tym jak przeszedł, na schodach zrobiło się luźno lub to, że kwadrans wcześniej na peronie było więcej miejsca do oczekiwania. Węzeł przesiadkowy powinien zapewniać odpowiednią obsługę dla wszystkich pasażerów, którzy z niego korzystają i właśnie wtedy, kiedy to robią. Należy określać tylko własności jakościowe ruchu pieszego, które dotyczą podróży. To, że warunki ruchowe w korytarzu są dobre przez 45 minut w godzinie, nie daje poglądu na jakość ruchu, bo może przez ten czas być pusty i nikomu nie służyć.

**Podróż piesza trwa minuty i sekundy**

To właśnie wskutek szczegółowej analizy ruchowej, wykrywa się możliwości usprawnienia, które rzutują na efektywność i konkurencyjność podróży z przesiadką. Niejednokrotnie opuszczając pojazd o 15 sekund wcześniej, pieszy zdążyłby przejść na zielonym świetle przez przejście dla pieszych, a tym samym, zdążyć na tramwaj, na który w przeciwnym wypadku czeka 5 minut. Czekać na zielone światło może jeszcze 90 sekund. Z przesiadki trwającej 1 minutę, robi się 6,5 minuty. Należy rozważyć ruch pieszych w krótkich interwałach czasowych.

Ponadto przemieszczanie się w tłoku, bez możliwości wyprzedzania, z niebezpieczeństwem bycia potrąconym, to problemy ruchowe trwające przez krótkie okresy czasu i wymagają zbadania właśnie w takich okresach.

**3 Określanie zakresu**

Badanie ruchu na węzle przesiadkowym wprost dotyczy obszaru, który zajmuje ten węzeł. Ruch, który odbywa się przez węzeł, to jednak w istotnej części przesiadki w podróżach pomiędzy zupełnie innymi obszarami. Zakresem analiz ruchowych są więc:

Określanie zakresu

- Podróże odbywane na terenie węzła przesiadkowego
- Podróże przez Warszawę lub poza odbywane z wykorzystaniem węzła przesiadkowego w różnych motywacjach, w kontekście jego oferty transportu zbiorowego i alternatywnych połączeń dla tych podróży



**Ilustracja 1 Rodzaje ruchu pieszego związanego z węzłem przesiadkowym**  
 Źródło: Opracowanie Wykonawcy

Wielkość i jakość ruchu na węźle przesiadkowym, zależą zarówno od jego infrastruktury, jak i oferty transportowej i możliwości przesiadkowych, a także potencjałów ruchowych dla wszystkich obszarów, przez które przebiega każda linia komunikacyjna obsługująca badany węzeł. Aby analiza była kompletna konieczne jest uwzględnienie funkcji węzła w kontekście jego otoczenia oraz w kontekście potoków ruchu, które obsługuje.

### 3.1 Zdefiniowanie obszaru

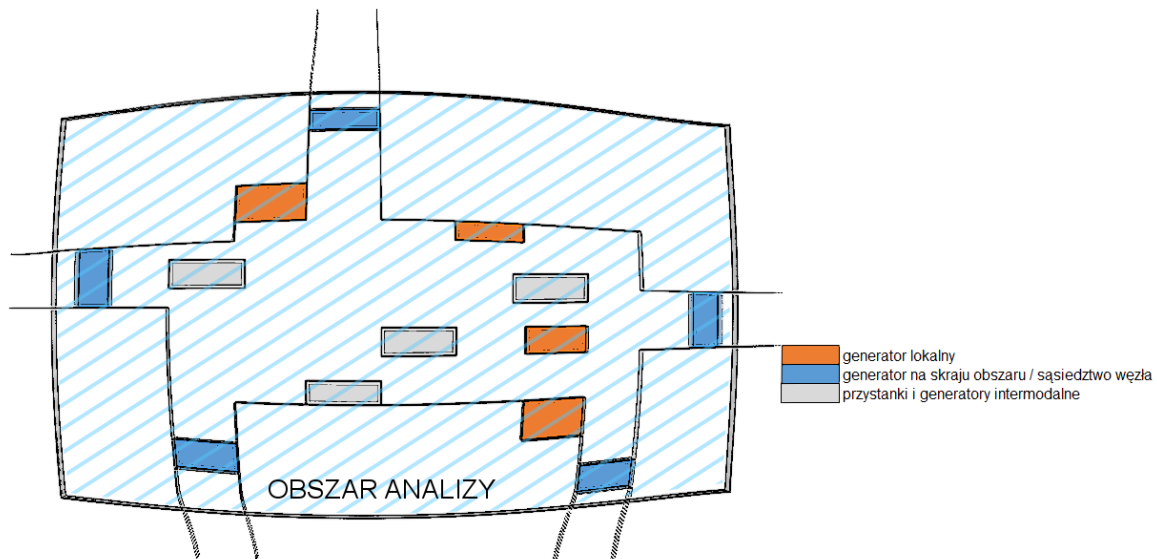
W pierwszej kolejności należy zidentyfikować wszystkie generatory ruchu wchodzące w skład węzła przesiadkowego. Wyróżnia się miejsca, punkty, obiekty i pojazdy, w których ruch pojawia się lub znika w obszarze węzła, pomijając to, że przez węzeł odbywa się najczęściej tylko etap dłuższej podróży, która mogła rozpocząć się w innym miejscu. Generatorami ruchu wyróżnianymi w obszarach węzła przesiadkowego są typowo:

- Przystanki autobusowe, tramwajowe, perony kolejowe i metra

Określanie zakresu

- Parkingi, parkingi K+R, P+R, postoje taxi, często też parkingi dla rowerów, stacje roweru publicznego,
- Budynki, które w całości (lub niektóre ich wejścia) znalazły się na trasie relacji pomiędzy wyżej wymienionymi generatorami, do których wchodzi się na dłuższy okres czasu, a więc ich wyróżnienie jest konieczne dla opisu wszystkich podróży odbywanych po terenie węzła – np. budynki mieszkalne, urzędy,
- Punkty na ciągach pieszych znajdujące się na skrajach obszaru, za którymi nie ma już przystanków i peronów węzła,
- W ruchu drogowym wybrane przekroje, pomiędzy którymi odbywa się ruch kołowy związany z węzłem przesiadkowym oraz ruch tranzytowy będący w zakresie zainteresowania, wybrane tak, by nie włączać do analiz odgórnie długich odcinków dróg.

Należy wyróżnić generatory w taki sposób, by opisać cały ruch odbywający się po terenie węzła.



**Ilustracja 2 Obszar wyznaczony przez lokalizacje generatorów ruchu**  
**Źródło: Opracowanie Wykonawcy**

Określenie generatora ruchu ma charakter umowny, dlatego zwłaszcza dla ruchu pieszego zależy często od charakteru wykorzystania danego obiektu. Popularny sklep, do którego przemieszcza się duża liczba osób nie musi być w analizie generatorem ruchu pieszego, a jedynie elementem „na trasie” z którego korzystają pasażerowie podróżujący do innego celu. Taki sklep stanowi tzw. generator ruchu błądzącego. Z kolei wielka galeria handlowa, w której można spędzić pewną ilość czasu, a jest jednocześnie miejscem pracy dużej liczby osób, jest częściej wyróżniana jako generator ruchu (jako możliwe źródło i cel podróży, dla którego określa się liczbę tych podróży).

Pomimo niewyróżniania generatorów ruchu błądzącego (kiosków, toalet, barów) jako źródeł i celów podróży do macierzy, wymagają one uwzględnienia w toku przeprowadzanych analiz. Zwłaszcza dla dużych węzłów przesiadkowych, które mają bogatą ofertę pozatransportową,

Określanie zakresu

ruch błądzący ma znaczący udział w wykonywanych przemieszczeniach i może być źródłem problemów z wygodą i bezpieczeństwem ruchu pieszego.

Zdefiniowanie generatora powinno mieć adekwatny do potrzeb poziom szczegółowości. Dla peronów kolejowych i metra, najczęściej niezbędne jest wyróżnienie krawędzi peronowych jako osobnych generatorów. W toku szczegółowych analiz ruchu pieszego, rozważenia wymagają w dalszej kolejności miejsce zatrzymania pociągu, długość pociągu, lokalizacje, liczba i szerokości drzwi pociągu oraz nierównomierny rozkład pasażerów w pociągu i na peronie.

Generatory ruchu określa się tak, by podróże pomiędzy nimi były wszystkim podróżami, jakie odbywają się na obszarze węzła. Występujących przystanków nie wolno pomijać, a zidentyfikowane wewnątrz obszaru generatory należy uzupełnić o umowne generatory na skrajach ciągów pieszych i przekrojach dróg na skraju obszaru, które opisują ruch nie-przesiadkowy.

Bezpośrednim obszarem analiz, jest obszar wydzielony przez zdefiniowane generatory ruchu. Przede wszystkim dla tego obszaru należy prezentować wyniki i wnioski.

Do zakresu analiz należy jednak także lokalizacja węzła w kontekście całego miasta, rola w systemie transportowym, bezpośrednie sąsiedztwo węzła oraz obszary pomiędzy którymi odbywają się przesiadki.

## 3.2 Przedmioty analizy

### 3.2.1 Ruch pieszy

Ruch pieszych podlega analizom w każdym przypadku.

Dla węzła przesiadkowego, ruch pieszych ma znaczenie pierwszoplanowe. Od wygodnego i bezpiecznego prowadzenia ruchu pieszego zależy skuteczne spełnienie roli węzła.

W przeprowadzanych analizach, ruch pieszych może mieć charakter poboczny tylko w sytuacji, gdy planując lub zlecając analizę z premedytacją decyduje się o tym, by skupiała się na innej gałęzi transportu.

Także infrastruktura, którą zaplanowano w taki sposób, by nie przemieszczali się w niej piesi (jezdnie), wymaga wykazania, że ruch pieszych zostanie w skuteczny sposób powstrzymany, a występujące ciągi dedykowane pieszym zniechęcają od przechodzenia w sposób nieuprawniony.

### 3.2.2 Ruch rowerowy

Ruch rowerowy podlega analizom w każdym przypadku.

Należy rozważyć w jaki sposób rowerzyści korzystają lub mogą korzystać z węzła przesiadkowego nawet przy braku dedykowanej infrastruktury.

### **3.2.3 Transport zbiorowy**

W zakresie transportu zbiorowego, do przedmiotów analizy należą:

- Podaż usług transportowych
- Użyteczność rozkładu jazdy (jak wpisuje się w potrzeby przesiadkowe)
- Sposób operowania pojazdów w obrębie węzła przesiadkowego
- Marszrutyzacja
- Straty czasu w ruchu pojazdów

Dla transportu zbiorowego należy rozpatrywać ruch pojedynczych pojazdów oraz cały system transportu, w którym odbywają się podróże z przesiadką, podkreślając związek ruchu pieszych z ruchem pojazdów transportu zbiorowego.

### **3.2.4 Ruch drogowy**

Ruch drogowy przy węźle przesiadkowym podlega analizom w każdym przypadku co najmniej w zakresie:

- Wpływu na ruch pieszych i rowerzystów
- Poruszania się pojazdów transportu zbiorowego
- Poruszania się rowerzystów po drogach
- Generowania ruchu przesiadkowego przez samochody

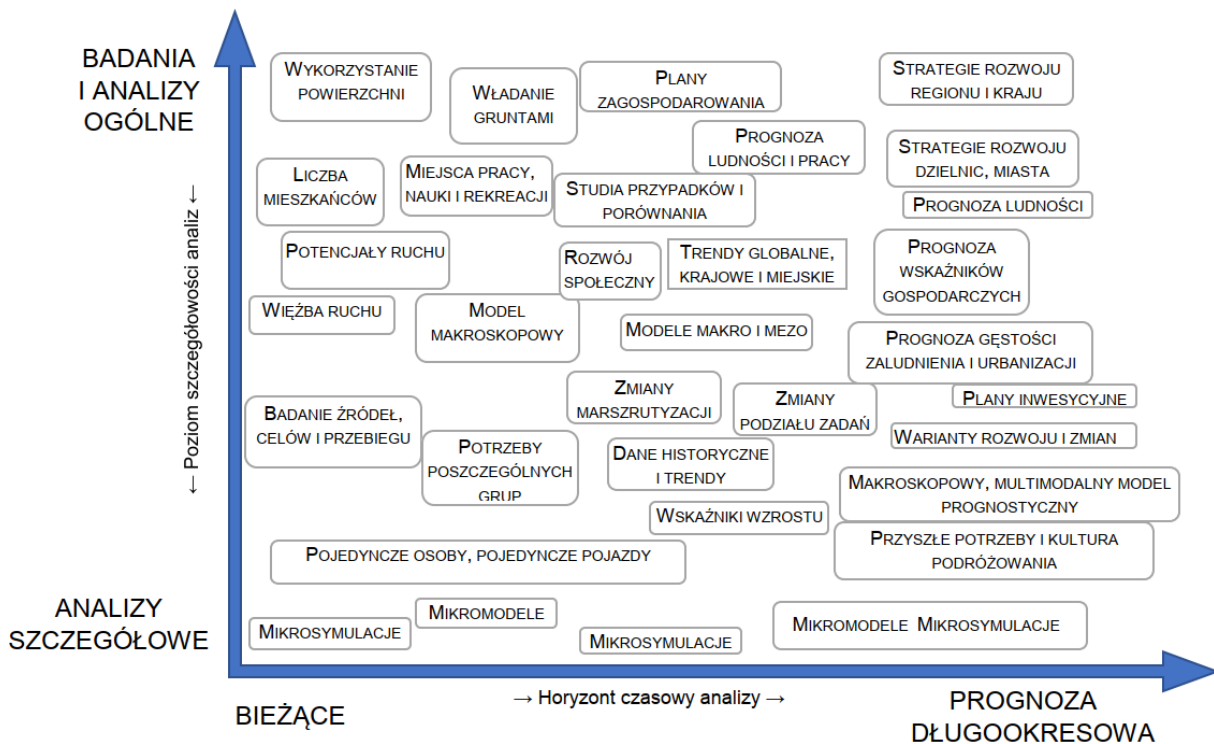
Inne obszary zainteresowania rozważa się indywidualnie. Wyżej wymienione elementy, w wielu przypadkach już skutkują koniecznością przeprowadzenia szerokich badań ruchu drogowego. Ponadto, sprawdzenia wymaga wpływ zmian zaplanowanych na węźle na ruch drogowy.

## **3.3 Określenie przedziału czasowego**

Analizy powinny dotyczyć ruchu, którego obsługa jest najbardziej wymagająca z punktu widzenia operowania transportu zbiorowego oraz występującej na węźle infrastruktury. Taki ruch na ogół odbywa się w godzinach szczytu komunikacyjnego (porannego lub popołudniowego). W przypadkach, gdy można określić jeden ze szczytów, w którym bezspornie odbywa się większy, bardziej intensywny i wymagający ruch, możliwe jest skupienie analiz na tym szczycie komunikacyjnym i dostosowanie do tego wszystkich prac, w tym przeprowadzanych badań ruchu.

W określonych przypadkach, rozważenia może wymagać inny, szczególny okres czasu (szczyt ruchu turystycznego, obsługa imprezy masowej, piątkowy szczyt komunikacyjny itd.)

### 3.4 Określenie poziomu i horyzontu analiz



**Ilustracja 3** Zagadnienia i narzędzia dla analiz o różnej szczegółowości i zasięgu czasowym  
**Źródło:** Opracowanie Wykonawcy

Zakres prac zmienia się wraz z poziomem szczegółowości analiz oraz czasowym okresem odniesienia. W przypadku planowania zmian węzła przesiadkowego lub sprawdzaniu, czy jego istniejący stan jest wystarczający dla zapewnienia odpowiedniego poziomu obsługi w przyszłości, konieczne jest uwzględnienie czynników, które zmieniają się w czasie.

Dla wybranego poziomu i horyzontu odniesienia przeanalizowania wymagają elementy „od ogółu do szczegółu”, a także, od stanu istniejącego, do rozważanego horyzontu czasowego.

Czynniki wpływające na konieczność zwiększenia stopnia szczegółowości analiz:

- Występowanie problemów ze swobodą ruchu pieszego w stanie istniejącym,
- Prowadzenie ruchu pieszego w ograniczonej przestrzeni: przejść podziemnych, peronów bez głównego wejścia w poziomie szyn, kładek,
- Prowadzenie ruchu pieszego przez przejścia dla pieszych, dla których możliwe jest, że będą miały niewystarczającą szerokość, wobec liczby oczekujących dla planowanego lub występującego cyklu sygnalizacji
- Planowane zmiany lub inwestycje zakładające prowadzenie ruchu pieszego w ograniczonej przestrzeni, w szczególności w przejściach podziemnych lub z obowiązkową zmianą poziomu przez schody,
- Planowane zmiany zakładające pojawienie się nowej gałęzi transportu w obszarze, a w szczególności peronu kolejowego, stacji metra lub peronu tramwajowego



Określanie zakresu

- Prowadzenie ruchu pojazdów w fizycznie ograniczonej przestrzeni tuneli, mostów i estakad,
- Spodziewane znaczne zmiany potencjału ruchotwórczego obszaru węzła lub obszarów, pomiędzy którymi możliwa jest podróż z przesiadką na węźle,
- Planowane działania tymczasowe lub trwałe, mogące zwiększyć wielkość tranzytu ruchu drogowego, w tym pojawienie się nowych potencjałów ruchotwórczych (z osiedli, biurowców, fabryk) lub nowego połączenia drogowego włączonego w korytarz prowadzący przez węzeł,
- Planowana inwestycja mogąca zmniejszyć wielkość tranzytu drogowego, szczególnie zwężenia jezdni, zamknięcia, ograniczenia prędkości, budowa obwodnic i dróg ekspresowych, które mogą pozwolić na bardziej efektywne wykorzystanie przestrzeni węzła,
- Występowanie na węźle przesiadkowym kolejek pojazdów i strat czasu w ruchu drogowym w skali, która wyróżnia węzeł na tym polu na tle podobnych węzłów,
- Stwierdzenie o występowaniu niebezpieczeństw dla podtrzymania ciągłości ruchu na węźle przesiadkowym o znaczeniu miejskim lub dzielnicowym, w celu zaplanowania zmian dla zwiększenia niezawodności,
- Zmiany organizacji ruchu, zwłaszcza obejmujące zamknięcia lub zmiany przepustowości skrzyżowań,
- Zmiany marszrutyacji, których skuteczne wprowadzenie jest uzależnione od otaczającego ruchu drogowego, przepustowości ciągów drogowych lub relacji skrzyżowań,
- Planowane działania inwestycyjne skutkujące długotrwałymi zamknięciami obszarów, budynków lub dworców i koniecznością znacznej reorganizacji ruchu na czas prac,
- Chęć lub potrzeba ingerencji poprawiającej efektywność węzła lub atrakcyjność przesiadek, której zakres wymaga określenia.

Na przesunięcie okresu odniesienia analiz wpływa wiedza o wyżej wymienionych zmianach, które mogą nastąpić w odległej przyszłości. Oprócz tego, określenia horyzontu czasowego i sporządzenia prognozy wymagają planowane zmiany i inwestycje, które mają powstać dla zaadresowania znanych problemów ruchowych, w celu wykazania ich długofalowej skuteczności i wstępnego zweryfikowania logiki interwencji.

Analizy powinny być tym bardziej szczegółowe, im więcej czynników występuje. Przy braku nadzwyczajnej ingerencji w system transportu, określenie zmian ruchu w przyszłości, które następują wskutek np. powstania nowego biurowca, bloku mieszkalnego, lub zmiany trasy autobusu, nie wymaga zaangażowania na wysokim poziomie szczegółowości. Kluczowe jest zbadanie stanu istniejącego (stanu odniesienia) na odpowiednim poziomie. Powstanie nowego budynku, który ma zaplanowaną wielkość i wykorzystanie, ma proste do przewidzenia skutki, podobnie jak nieznacznie zmieniona trasa autobusu prowadzi przez obszary o możliwych do oszacowania potencjałach ruchu. Tym bardziej, od przeprowadzania tych analiz nie należy odstępować.

Określanie zakresu

Prognozy ruchu o bliskim horyzoncie czasowym (do 5 – 10 lat) na średnim poziomie szczegółowości mogą być przeprowadzane na podstawie obserwowanych tendencji w ostatnich latach, obserwowanych zmianach w wykorzystaniu pokrewnych węzłów, stosując dobrze uargumentowane wskaźniki wzrostu ruchu.

W przypadku jednak, gdy w obszarze następuje kilka zmian, wzajemnie od siebie zależnych, jak np. nowe osiedle, centrum handlowe, zamknięcie drogi i budowa linii tramwajowej, ich sumaryczny skutek jest trudny do przewidzenia, dlatego wymaga zaangażowania na większym poziomie szczegółowości i wykorzystania narzędzi modelowania ruchu.

**Tabela 1 Przykład określenia poziomu analiz i okresu odniesienia**

Spodziewane zmiany	Poziom analizy	Horyzont odniesienia
<b>Budowa centrum handlowego, zmiana organizacji ruchu</b>	Analiza potencjałów ruchotwórczych i sposobu obsługi w godzinach szczytu	+5 lat
<b>Wprowadzenie przejść dla pieszych w poziomie jezdni, organizacja nowego przystanku, remarszrutyzacja jednej linii</b>	Analiza popytu, badania wymiany pasażerskiej, analiza ruchu pieszych	Po wprowadzeniu zmian
<b>Doprowadzenie do węzła nowej linii tramwajowej z reorganizacją ruchu</b>	Prognoza ruchu z wykorzystaniem modelu makro, mikrosymulacja ruchu drogowego, analiza ruchu pieszych	powyżej 10 lat
<b>Budowa nowej stacji metra</b>	Prognoza ruchu z wykorzystaniem modelu makro, mikrosymulacja ruchu pieszego	powyżej 10 lat

**Źródło: Opracowanie Wykonawcy**

Wobec opisanego podejścia, przeprowadzanie analiz na najwyższym poziomie szczegółowości, wraz z ustalaniem liczby, tras, przebiegów i jakości podróży oraz sporządzeniem długookresowej prognozy, jest bezwzględnie konieczne dla:

- Węzłów, do których doprowadza się linię kolejową,
- Węzłów, do których doprowadza się linię metra.

W przypadku prowadzenia ruchu z peronów przez przejścia o fizycznie ograniczonym dostępie (pod ziemią, przez kładki lub z obowiązkową zmianą poziomu przez schody o ograniczonej przepustowości), konieczne jest przeprowadzenie analizy ruchu pieszego wraz z mikrosymulacją ruchu i wykazanie, że w planowanym układzie ruch pieszcy może odbywać się bezpiecznie i wygodnie.

W przypadku planowanych linii tramwajowych, przy braku innych zmian węzła, zakłada się, że plan uwzględnia takie zwymiarowanie infrastruktury peronów i dojeżdż, które jest wystarczające do obsługi spodziewanego ruchu. Plan powinien bazować na: prognozowanej, maksymalnej liczbie osób oczekujących jednocześnie na peronie, wielkości wymiany pasażerskiej i kierunkach dochodzenia i odchodzenia pasażerów. W takim wypadku, analizę ruchową węzła

przeprowadza się na poziomie szczegółowości zależnym od wyników tej prognozy. Przy występowaniu ciągów pieszych o dużej rezerwie przepustowości, i niewielkiej zmianie organizacji ruchu, od szczegółowych analiz można odstąpić, chyba że występuje możliwość ingerencji poprawiającej efektywność całego węzła, zgodnie z polityką modernizowania węzłów przesiadkowych Warszawy.

Dla budowy nowego obiektu mieszkaniowego, handlowego lub dużego zakładu pracy, wymagana jest analiza co najmniej wielkości potencjału ruchotwórczego, wykazująca efektywność planowanego sposobu obsługi komunikacyjnej wobec występującego potencjału oraz w przyszłości. Należy uwzględnić przyszłe wykorzystanie, zagospodarowanie okolicznego terenu oraz możliwości dalszego rozwoju obiektu.

Analizę ruchową na poziomie szczegółowości co najmniej z ustaleniem więźby ruchu oraz przebiegów i tras wszystkich podróży pieszych, oraz stwierdzeniem o stopniu przystosowania infrastruktury do wielkości bieżącego ruchu, a także występującej rezerwy do obsługi przyszłego ruchu, należy przeprowadzać dla węzłów z poniższej grupy:

- węzeł przesiadkowy w Śródmieściu,
- węzeł przesiadkowy w pobliżu obiektu, na którym odbywają się regularne imprezy masowe i lub wydarzenia sportowe, przeznaczony do obsługi ruchu związanego z tymi zdarzeniami,
- węzeł przesiadkowy w pobliżu miejsc atrakcyjnych turystycznie lub obsługujący ruch turystyczny, w którym w sezonie ma miejsce duży wzrost wykorzystania,
- węzeł przesiadkowy oferujący przesiadki w co najmniej jednej z relacji: tramwaj-metro, kolej-tramwaj, kolej-metro,
- węzeł przesiadkowy ze stacją końcową linii pociągu kolei miejskiej lub metra,
- węzeł przesiadkowy ze stacją kolejową obsługiwaną przez pociągi dalekobieżne,
- węzeł przesiadkowy z wieloperonową pętlą autobusową i końcową stacją tramwaju lub pociągu.

Przy czym dla węzłów z tej grupy, w przypadku prowadzenia ruchu w części podziemnej rekomenduje się przeprowadzanie mikrosymulacji ruchu pieszego.

## 4 Badania ruchu dla węzła przesiadkowego

Pomiar ruchu służy do kilku najważniejszych celów:

- poznanie liczby użytkowników systemu transportowego (popytu),
- ustalenie źródeł, celów i tras podróży (więźby ruchu),
- ustalenie cech podróży takich jak prędkość i czas.

Podstawowy pomiar przeprowadza się w przekrojach pomiarowych lub strefach wymiany pasażerskiej.

Punkty i przekroje pomiarowe ustala się przede wszystkim:

Badania ruchu dla węzła przesiadkowego

- w ciągach drogowych, rowerowych lub pieszych będących bezpośrednio przedmiotem zainteresowania (jaki jest ruch na danej drodze, danym korytarzu, danej ścieżce rowerowej), będących często ciągami o dużym natężeniu ruchu,
- przy generatorach ruchu, by ustalić generację i atrakcję ruchu w tych miejscach,
- w miejscach, w których łączą się potoki ruchu z kilku kierunków,
- na obwodzie węzła przesiadkowego, aby utworzyć kordon pomiarowy.

Oprócz tego, wybrane przekroje pomiarowe należy uzupełnić o co najmniej kilka przekrojów, tak, by przekrojami utworzyć w obszarach małe kordony służące do weryfikacji pomiaru (ile osób lub pojazdów weszło, ile wyszło z danego pod-obszaru).

Jeżeli występują bramki metra, należy odstąpić od pomiaru wielkości ruchu pieszego przy wejściach do stacji metra, a w to miejsce, skoordynować pozyskanie danych z systemu bramek dla tego samego okresu pomiarowego. Pomiar dla stacji metra należy wykonać jedynie wtedy, gdy z określonych przyczyn jest w stanie zapewnić większą dokładność lub większą wiedzę, niż dane z systemu bramek, lub w przypadku gdy nie ma możliwości pozyskania danych z systemu.

Pomiary ruchu są często podstawowym źródłem danych do analiz, dlatego należy zadbać o ich poprawne zaplanowanie i przeprowadzenie oraz zweryfikować ich wynik.

## 4.1 Czas pomiaru

Dla analizy skupiającej się na regularnym wykorzystaniu węzła przesiadkowego, należy pomiar wykonywać w tzw. zwykłe dni robocze, czyli od wtorku do czwartku poza okresem wakacji, ferii zimowych, końcem grudnia, początkiem stycznia. W ciągu roku występują też dni, w których przeprowadzanie pomiaru jest niezalecane, jak np. okres poprzedzający lub następujący po długim weekendzie, święta niebędące dniami wolnymi od pracy, jeśli mają miejsce publiczne obchody lub inne, mogące wpłynąć na zachowania komunikacyjne (np. Dzień bez Samochodu 22 września, dni w których z dowolnej przyczyny ogłoszono możliwość darmowego korzystania z transportu zbiorowego).

Pomiarów nie należy przeprowadzać w dniach, w których odbywają się imprezy masowe, ważne wydarzenia sportowe i zgromadzenia publiczne. Niezalecany jest pomiar w dniu przed bądź dniu po tych wydarzeniach. Pomiaru nie należy przeprowadzać przy warunkach atmosferycznych mogących mieć wpływ na zachowania komunikacyjne: burze, intensywne opady śniegu, itp. W przypadku wystąpienia takich zjawisk w dniu badania (wcześniej zaplanowanego) należy powtórzyć badanie, w celu uzyskania miarodajnego wyniku.

Analiza ruchowa może skupiać się na innym okresie intensywnego wykorzystania, jak np. piątkowy szczyt komunikacyjny, niedzielny szczyt komunikacyjny, szczyt ruchu turystycznego lub obsługa imprezy masowej. Dla tych pomiarów datę i przedział czasowy należy wybrać indywidualnie.

Pomiar ruchu należy przeprowadzić co najmniej czterokrotnie, jeżeli niezbędne jest przeprowadzenie analiz w obu szczytach (porannym i popołudniowym). Wykonuje się co

najmniej dwukrotny pomiar dla każdego ze szczytów komunikacyjnych. Jeden pomiar powinien trwać trzy godziny. Jednym z wyników pomiaru jest ustalenie ram czasowych godziny szczytu (godziny najbardziej intensywnego ruchu). W miarę możliwości, godzinę szczytu należy określić pomiędzy pełnymi godzinami zegarowymi.

W przypadku posiadania dostępu do wyników przeszłego pomiaru, należy ustalić przedział czasowy tak, by zmierzyć godzinę szczytu, godzinę przed i godzinę po. W przypadku występowania na węźle stacji metra, należy oszacować ramy czasowe godziny szczytu ruchu pieszego na podstawie danych z systemu bramek przed pomiarem.

W przypadku uzyskania zbliżonych wyników w pomiarach danego szczytu, wynik należy uśrednić. W przypadku uzyskania wyników rozbieżnych, należy ustalić przyczynę zmierzonych różnic. W zależności od tej przyczyny, należy: powtórzyć jeden z pomiarów, odrzucić pomiar „gorszy” lub uśrednić wynik. W przypadku, gdy przyczyną jest zwykła, losowa zmienność zachowań komunikacyjnych, niemożliwa do przewidzenia i niemająca konkretnej przyczyny, rekomendowane jest przeprowadzenie kolejnych pomiarów, co zapewni najlepszą wiedzę. W toku przeprowadzania analiz, należy rozpatrywać wielkości ruchu zmierzone w każdym z pomiarów. W uzasadnionym przypadku lub na potrzeby przyjęcia założeń do modelu ruchu, możliwe jest wybranie jednego z wyników pomiaru jako stanu rozpatrywanego. Powinien to być pomiar pokazujący większe wielkości ruchu lub ruch, który trudniej obsłużyć.

Pomiar zapewnia podstawową wiedzę o ruchu, który odbywa się w badanym obszarze. Na jego wynikach opierają się w większości przypadków wnioski dotyczące całego węzła. Różnice w wynikach pomiaru i sposób ich zinterpretowania wraz z uzasadnieniem wymagają szczegółowego opisanie w rezultatach analiz. W sytuacjach wzbudzających wątpliwości pomiar należy powtórzyć.

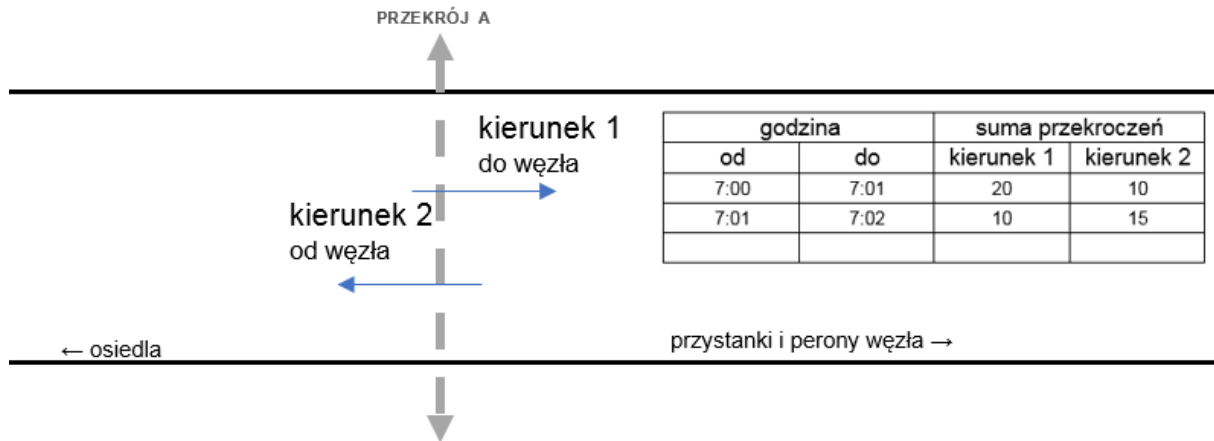
## 4.2 Zakres badań

Podstawową, mierzoną wielkością jest liczba pojazdów lub osób poruszających się w danym okresie czasowym. Wyróżnienia wymaga co najmniej kierunek ruchu (zarówno na drogach jak i w ciągach pieszych).

Pomiar ruchu pieszego powinien odbywać się w interwałach co najwyżej 3-minutowych (prezentować sumy przekroczeń przekroju pomiarowego w okresach co najwyżej 3 - minutowych). Rekomenduje się interwał co najwyżej 1-minutowy. Zalecany jest pomiar w interwałach możliwie jak najkrótszych.

Pomiar ruchu drogowego powinien odbywać się w interwałach co najwyżej 15-minutowych. Zaleca się stosowanie interwałów jak najkrótszych. Dla pomiaru w relacjach skrzyżnych na sygnalizowanym skrzyżowaniu, dobrą wiedzę zapewni pomiar w podokresach czasowych odpowiadających cykлом sygnalizacji świetlnej.

Przy przeprowadzaniu pomiaru w przekrojach, zawsze konieczne jest co najmniej wyróżnienie, w którym kierunku przekroju odbywał się mierzony ruch.



Ilustracja 4 Oznaczanie kierunków ruchu w przekrojach pomiarowych

Źródło: Opracowanie Wykonawcy

Dla uproszczenia odczytu wyników pomiarów w przekrojach, zaleca się stosowanie następujących oznaczeń kierunku przemieszczania się:

- kierunek wyróżniony jako pierwszy (kierunek 1, kierunek A, kierunek A->B, itp.) – niech oznacza ruch:
  - w kierunku „do węzła” jeśli taki kierunek da się określić, w przeciwnym razie,
  - w kierunku „w dół” jeśli w okolicy przekroju następuje zmiana poziomu,
  - w kierunku „do wewnątrz” jeśli przekrój jest w pobliżu wejścia/wjazdu do obiektu lub strefy, a nie można określić kierunku „do węzła” i nie ma zmiany poziomu,
  - w kierunku „na północ” lub „na wschód”, jeśli nie występują wymienione wyżej przypadki, a przekrój ma łatwo wyróżnialny kierunek w osi północ-południe lub wschód-zachód,
  - w pozostałych przypadkach – indywidualnie;
- kierunek wyróżniony jako drugi, oznacza ruch odpowiednio „od węzła”, „w górę”, „na zewnątrz”, „na południe” lub „na zachód”.

Należy zmierzyć strukturę rodzajową mierzonego ruchu. Należy stosować wyróżnione kategorie ruchu zgodnie z jego strukturą międzygałęziową. Należy dostosować zakres wyróżnianych kategorii do zakresu przeprowadzanych analiz. Dla ruchu pieszego należy wyróżnić co najmniej kategorię pieszych nie mogących skorzystać ze schodów.

Wyróżnione kategorie pieszych mogą obejmować:

- osobę bez bagażu lub z bagażem małym/torebką/plecakiem,
- osoby z bagażem średnim (torba sportowa, średnia walizka),
- osoby z bagażem dużym (walizka na kółkach, wielki plecak),
- osoby prowadzące rower,
- osoby jadące na rowerze,
- osoby prowadzące wózek dziecięcy,
- seniorzy o ograniczonej szybkości ruchu,
- osoby poruszające się o kuli/lasce by się wesprzeć,
- osoby niewidome i niedowidzące poruszające się o lasce,

Badania ruchu dla węzła przesiadkowego

- osoby z psem przewodnikiem,
- osoby poruszające się na wózku,
- inne osoby o ograniczonej możliwości poruszania.

Wyróżnienie wszystkich grup w pomiarach najczęściej nie jest możliwe. Uwzględniane kategorie należy ustalić na etapie planowania analiz. Należy zapewnić zgodność wyróżnianych kategorii z potrzebami dalszych analiz, w tym ewentualnej budowy mikromodelu ruchu pieszego. Wyróżniając kategorie należy uwzględnić potrzebę wywiązania się w analizach z obowiązku uwzględnienia potrzeb wszystkich użytkowników, wynikającego ze Standardów dostępności dla Miasta Stołecznego Warszawy. Wybierając grupy podróżnych wyróżniane w analizach powinno się zwrócić uwagę na otoczenie węzła i funkcje obszaru – jak na przykład węzeł w pobliżu szpitala (lub oferujący przesiadkę do szpitala) będzie częściej odwiedzany przez osoby z problemami ze zdrowiem, w tym z ograniczoną mobilnością. Węzeł ze stacją kolejową, lub z przesiadką na stację kolei dalekobieżnej albo lotnisko będzie odwiedzany przez dużą liczbę podróżnych z bagażem (o różnych rozmiarach). Węzeł w pobliżu szkoły lub oferujący przesiadkę do szkoły będzie odpowiednio częściej odwiedzany przez rodziców z dziećmi oraz grupy dzieci i młodzieży.

Ustalanie struktury rodzajowej ruchu na ogół nie jest zasadne dla wszystkich przekrojów pomiarowych. W przypadku ruchu pieszego należy wybrać dwa lub więcej przekroje które można uznać za wskaźnikowe. W przypadku różnego wykorzystania obszarów, wiedzy do analiz dostarcza większa liczba przekrojów, jak np. w pobliżu stacji kolejowej poruszać się będzie większa liczba osób z walizką, a obszarów trudno dostępnych w naturalny sposób unikać będą osoby o ograniczonej mobilności. Dla ruchu kołowego należy wybrać korytarze cechujące się określoną strukturą rodzajową i zmierzyć ją dla każdego z nich. Jeżeli drogi węzła odznaczają się jednakową strukturą rodzajową, w zależności od poziomu szczegółowości analiz, wystarczające może być ustalenie jej na jednym przekroju. Nie można jednak odstępować od wyróżniania wielkości ruchu rowerowego odbywającego się po jezdni na każdym przekroju.

W przypadku pomiarów wielkości ruchu drogowego, można odstąpić od zliczania pojazdów szynowych, jeśli ich przejazdy wprost można ustalić z rozkładu jazdy, a na miejscu nie występują problemy operacyjne wymagające zbadania.

Nie zaleca się odstępowania od pomiaru wielkości ruchu rowerowego. Zmierzenie ruchu rowerowego jest najczęściej ekonomicznie uzasadnione: jeśli jest mały, to jego zmierzenie jest łatwe; jeśli jest duży, to jest ważny i należy poznać jego wielkość. Niemniej jednak, dopuszcza się odstępowanie od pomiaru, pod warunkiem, że na węźle nie występują problemy związane z ruchem rowerowym i jego bezpieczeństwem, a badający w sposób szczególny wykaże w rezultatach analiz uwzględnienie potrzeb rowerzystów.

Nie wolno odstępować od zliczania rowerów wtedy, gdy ruch rowerowy obserwuje się na jezdni (poza pasem dla rowerów lub chodnikiem), a przeprowadza się pomiar ruchu drogowego.

Nie należy stosować na etapie pomiaru wielkości ruchu jednostek ekwiwalentów pojazdów (cu – *car units*, pcu – *passenger-car units*, pu lub E – pojazdy uogólnione). Dopuszczalne jest

takie uproszczenie tylko wtedy, gdy pomiar na drogach ma charakter uzupełniający/poboczny do głównych analiz lub badaniu podlega wyłączenie przepustowości relacji skrzyżowania.

Prędkość ruchu pieszych zależy od indywidualnej, preferowanej prędkości poruszania się, dostępności infrastruktury i występującej swobody ruchu. Osoby o ograniczonej prędkości poruszania się, najczęściej poruszają się ze swoją prędkością preferowaną, podczas gdy osoby pełnosprawne są spowalniane przez ograniczoną swobodę ruchu. Rekomenduje się, by nie przeprowadzać pomiarów prędkości poruszania się dla poszczególnych osób na węzle przesiadkowym, a zamiast tego ustalić poziomy swobody ruchu. W przypadku potrzeby ustalenia precyzyjnego czasu pokonania danej relacji lub odcinka w ruchu pieszym, należy pokonać daną relację wielokrotnie ze stoperem w godzinie szczytu.

Nie zaleca się przeprowadzania pomiarów prędkości ruchu kołowego na potrzeby analizy pojedynczych węzłów przesiadkowych. Ruch w obrębie węzła najczęściej odbywa się przez skrzyżowania, zjazdy, włączenia i wyłączenia z ruchu, od których zależy faktyczna prędkość. Zalecane jest przeprowadzenie pomiaru kontrolnego prędkości pojazdów, jeśli podejrzewa się częste przekraczanie dopuszczalnej prędkości, które wpływa na bezpieczeństwo ruchu, w szczególności, bezpieczeństwo na przejściach dla pieszych.

#### 4.2.1 Badanie źródeł i celów podróży

Ustalenie kierunków podróży jest kluczowym krokiem w ustalaniu postaci macierzy źródło-cel dla węzła przesiadkowego.

Metody ustalania kierunku, przebiegu lub relacji źródło-cel podróży obejmują:

- pomiar obejmujący śledzenie osób/pojazdów,
- pomiar obejmujący identyfikację osób/pojazdów przy źródle i powtórzną identyfikację, przy celu podróży, z możliwą identyfikacją także na trasie,
- badania ankietowe,
- wykorzystanie danych operatorów komórkowych, danych GSM, danych o lokalizacji z systemu GPS (osób lub pojazdów),
- pomiar wielkości ruchu w gęstej siatce przekrojów pomiarowych.

Występują też inne, kreatywne sposoby, mające zastosowanie w określonych przypadkach, jak np. rozdawanie podróżnym żetonów lub naklejek. W takich wypadkach należy zadbać, by w badaniu uczestniczyli rzeczywiście losowi podróżni i mógł uczestniczyć każdy z nich, dla zapewnienia właściwej próby. Plan przeprowadzenia badania z wykorzystaniem niekonwencjonalnej metody należy skonsultować z jednostką odbierającą pomiar.

W przypadku pomiaru ze śledzeniem, ustalanie kierunku podróży może odbywać się jednocześnie ze zliczaniem liczby podróży (100% podróży ma ustalone źródło i cel). Jeśli tak nie jest, należy zadbać o zapewnienie właściwej próby podróży, dla których ustala się przebieg.



Ustalanie kierunków podróży dla mierzonego ruchu powinno się przeprowadzać dla tego samego okresu czasowego, dla którego wykonuje się pomiar wielkości ruchu (jeśli są to odrębne badania).

W przypadku przeprowadzania ankiety dla ruchu pieszego, należy przede wszystkim zadbać o odpowiednio liczną i reprezentatywną próbę badawczą. Uzyskanie próby w czasie ankiety na węźle przesiadkowym, zwłaszcza węźle o częstym kursowaniu pojazdów i dla szczytu porannego, jest utrudnione z uwagi na pośpiech podróżnych (uczestniczą głównie osoby oczekujące). Zaleca się, by ankietę przeprowadzać poza węzłem przesiadkowym, docierając do grupy jego regularnych użytkowników. W przypadku ankiety wypełnianej przez Internet, należy dotrzeć do odpowiednio większej grupy użytkowników. Nie zaleca się wprowadzania żadnych gratyfikacji za udział w ankiecie internetowej, by nie przyciągać fałszywych odpowiedzi. Nie zaleca się przeprowadzania ankiety poza węzłem w przypadku, gdy obsługuje on ruch dalekobieżny i ruch pasażerów spoza Warszawy.

W przypadku przeprowadzania ankiety dotyczącej kierunku podróży na węźle przesiadkowym w godzinie szczytu, nie należy jej łączyć z badaniem cech, preferencji lub opinii użytkownika. Ankieta powinna być możliwie krótka i zajmować jak najmniej czasu. Rekomenduje się, by ograniczyć potrzebę opowiadania uczestnikom o celu badania, poprzez informowanie z wielodniowym wyprzedzeniem o przeprowadzaniu ankiety przez ulotki, informacje na przystankach i w pojazdach oraz w mediach społecznościowych. Należy dążyć do przeprowadzenia ankiety w formie dwóch lub trzech pytań o krótkiej odpowiedzi (tak/nie, nazwa przystanku, numer linii, nazwa ulicy/dzielnicy). Dobrą praktyką jest informowanie przez ankietera o tym, ile czasu zajmuje ankieta.

Wymienione metody są w większości metodami przybliżonymi i opierają się na statystyce. Zbadanie przebiegów wszystkich podróży jest pożądane i zapewnia najlepszą wiedzę do analiz, jednak najczęściej nie jest uzasadnione ekonomicznie.

Niezalecane, ale dopuszczalne jest także wykorzystanie narzędzi modelowania ruchu do określenia postaci macierzy źródło-cel ruchu pieszego lub ruchu pojazdów. Na węźle przesiadkowym przeprowadza się pomiar wielkości ruchu w gęstej siatce przekrojów. Następnie należy zbudować model obliczeniowy, który w wiarygodny sposób z macierzy źródło-cel oblicza natężenia ruchu we wszystkich przekrojach pomiarowych. Macierz źródło-cel w pierwszym przybliżeniu oblicza się stosując grawitacyjny model dystrybucji podróży (wykorzystywany w 4-krokowej procedurze modelowania popytu w skali makro). Należy pamiętać, że w postępowaniu tym wykorzystuje się odpowiednie narzędzia, ale nie tworzy się modelu popytu, gdyż podróże przez węzeł w większości są tylko etapami dłuższych podróży. W przypadku obliczenia macierzy tą metodą, obowiązuje pogłębiona weryfikacja i walidacja. Właściwe postępowanie pozwala ustalić z wysoką precyzją macierz źródło-cel w przypadku stosowania modelu symulacyjnego oraz macierzy o dobrej przydatności w innych przypadkach, pod warunkiem, że węzeł przesiadkowy cechuje pewna przewidywalność zachowań pieszych lub pojazdów. Wyznaczenia macierzy w ten sposób powinny dokonywać tylko osoby z doświadczeniem w modelowaniu ruchu.

## 4.2.2 Narzędzia pomiarowe

Dopuszczalne są wszystkie skuteczne narzędzia pomiarowe.

Pomiar obejmujący ręczne zliczanie w czasie rzeczywistym jest niezalecany. Nie należy go stosować do analiz o wysokiej szczegółowości.

Rekomendowane jest wykonanie pomiaru z wykorzystaniem nagrania wideo, co zapewnia możliwość późniejszej weryfikacji oraz pozyskania dodatkowej wiedzy o mierzonym ruchu, w tym dostrzeżenie specyficznych zachowań lub problemów oraz zmierzenie struktury rodzajowej ruchu. Przy pomiarze wideo możliwe jest również sprawdzenie nietypowych odchyleń w poszczególnych interwałach.

W przypadku stosowania automatycznych pomiarów, dobrą praktyką jest powołanie się na źródła metody, obliczanie jaki daje błąd oraz uzasadnienie skuteczności stosowanych algorytmów do występujących warunków.

## 5 Wizja lokalna

Węzeł przesiadkowy który jest rozważany powinien zawsze być miejscem znanym osobie przystępującej do analiz.

Wiedza dotycząca węzła przesiadkowego i ruchu który się po nim odbywa, jest kluczowa dla właściwego przeprowadzenia działań analitycznych, zaplanowania badań i wyciągania wniosków. Szeroko rozumiana wiedza ekspercka o węzłach przesiadkowych i systemach transportu nie ma zastosowania, jeśli brakuje w niej odniesienia do węzła przesiadkowego, będącego przedmiotem analizy.

Informacje odczytywane z map i schematów, zwłaszcza rozważając ruch pieszy, dają ograniczony wgląd w sytuację.

W przypadku węzłów istniejących, konieczne są najlepiej kilkukrotne wizyty na węzle przesiadkowym, połączone z obserwacją operowania węzła w godzinach szczytu w różnych dniach tygodnia.

- należy pokonać trasę co najmniej w najważniejszych relacjach węzła,
- wskazane są obserwacje poczynione na zasadzie spaceru badawczego,
- wskazane są rozmowy z napotkanymi osobami,
- rekomendowana jest analiza empatyczna, czyli wczuwanie się w potrzeby różnych grup użytkowników i obmyślanie scenariusza realizacji ich potrzeb: osoby potrzebującej kupić bilet czy skorzystać z toalety, posiadającej ciężką walizkę, wózek dziecięcy, chodzących o kuli/lasce, poruszających się na wózku, szukających parkingu, nieznających okolicy,
- należy zobaczyć ciągi piesze i drogowe, poznać ich stan, sposób użytkowania oraz wykryć i zmierzyć bariery i przeszkody nieujęte w planach,

Wizja lokalna

- należy zaobserwować miejsca, gdzie infrastruktura jest w nietypowy sposób użytkowana, miejsca gdzie pojazdy wjeżdżają na chodniki, nietypowe miejsca oczekiwania pasażerów, miejsca w których odbywają się zatrzymania na zasadzie K+R, nieformalne przejścia dla pieszych i inne nieformalne ciągi piesze,
- należy określić w jaki sposób po węźle może przemieszczać się osoba niemogąca skorzystać ze schodów.

W przypadku węzłów planowanych nadal konieczne jest zapoznanie się ze stanem istniejącym dla inwestycji oraz pogłębione studia map, planów i projektu. Zapoznanie się z planami, projektem lub koncepcją pod względem elementów, na które należy zwrócić uwagę nie odbiega od przebiegu wizji lokalnej, poza tym, że dotyczy problemów potencjalnych i wymaga odniesienia do sposobu wykorzystania innych węzłów przesiadkowych, oraz odniesienia wizji projektanta do realiów Warszawy.

Rozmowy z użytkownikami mogą stanowić bogate, pomocnicze źródło informacji, które pomoże ukierunkować analizy. Regularni użytkownicy przede wszystkim dobrze wiedzą, czy obserwowane są zwykłe warunki ruchowe, czy może tego dnia ruch jest większy lub mniejszy niż zwykle. Dobrze pamiętają przykre sytuacje, a często wiedzą, jak ruch na węźle zmieniał się na przestrzeni lat.

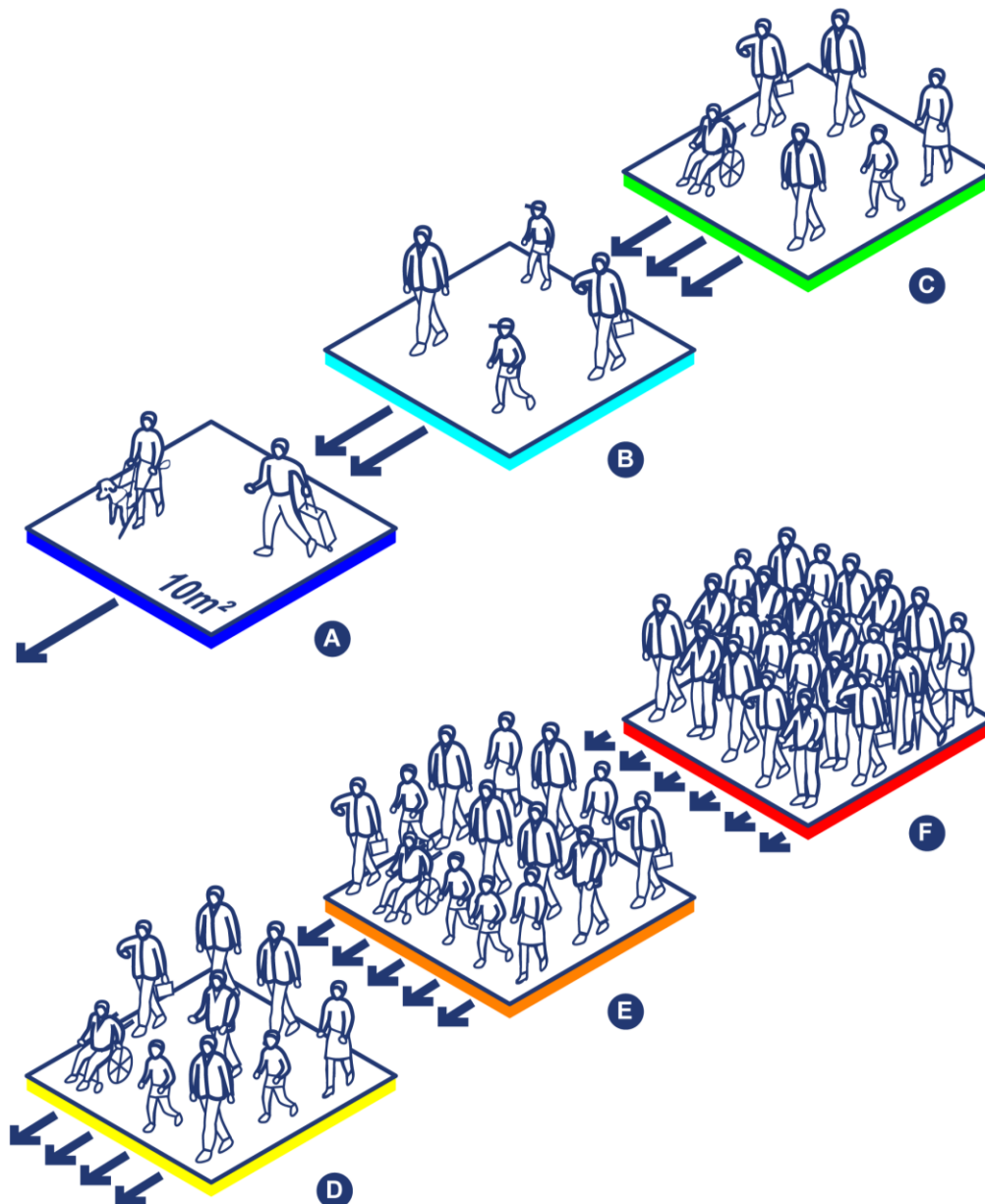
Analizy służą m.in. do wykrycia i zaadresowania problemów w ruchu, dlatego zawsze obowiązuje stan faktyczny stwierdzony na węźle, jak w poniższych przykładach. Istotne jest odnoszenie się do realnego ruchu na węźle, a nie ruchu wynikającego z teoretycznej organizacji ruchu lub planów.

- Strefa zieleni lub trawnik, po którym poruszają się piesi, jest nieformalnym ciągiem pieszym.
- Miejsce w którym piesi przekraczają jezdnie jest nieformalnym przejściem dla pieszych, podobnie niewyznaczone przejścia przez szyny (przedepty).
- Chodnik zastawiony przez samochody to nieformalny parking, a nie chodnik.
- Chodnik, po którym jeżdżą rowerzyści, jest ciągiem pieszo-rowerowym.
- Droga o szerokim przekroju i dużej prędkości jazdy nie jest zwykłą drogą lokalną, pomimo tego, że formalnie tak została sklasyfikowana.
- Należy brać pod uwagę rzeczywistą prędkość poruszania się pojazdów wtedy, gdy ograniczenia prędkości nie są przestrzegane, podobnie w przypadku innych przepisów ruchu drogowego (znaki STOP, ustępowanie pierwszeństwa).
- Ogrodzenie do którego przypinane są rowery, to nieformalny parking dla rowerów.
- Pół-formalny punkt sprzedaży (kwiatów, bułek itp.) w ciągu pieszym stanowić może zarówno przeszkodę dla ruchu jak i miejsce, w którym gromadzą się piesi, nie można pomijać jego występowania.
- Miejsca w których porzucane są hulajnogi, to parkingi dla hulajnóg.

## 6 Poziomy Swobody Ruchu pieszego i standard obsługi

Do analiz węzłów przesiadkowych należy stosować skalę Poziomów Swobody Ruchu (PSR) według J. Fruina<sup>1</sup> dla gęstości pasażerów w obszarach i natężeniach ruchu pieszego w przekrojach.

Infrastruktura węzła przesiadkowego ma miejsca wrażliwe na drożność (chodniki, korytarze, przejścia), oraz na pojemność (perony, korytarze, strefy oczekiwania). PSR pozwala w wymierny sposób ocenić jakość podróży przez badany obszar.



Ilustracja 5 Poziomy Swobody Ruchu pieszego  
Źródło: Opracowanie Wykonawcy

<sup>1</sup>J. J. Fruin: *Pedestrian planning and design*, 1971

Tabela 2 Graniczne wartości parametrów pomiędzy poziomami swobody ruchu Fruina

Poziom swobody ruchu	Opis	Gęstość [pas./m <sup>2</sup> ]			Natężenie znormalizowane [pas./min/m]	
		przejścia, korytarze	schody	perony, kolejki	przejścia korytarze	schody
A	swobodny przepływ	<0,31	<0,54	<0,83	<23	<16
B	przepływ jednokierunkowy i swobodny, nieliczne kolizje między krzyżującymi się strumieniami	0,31-0,43	0,54-0,72	0,83-1,08	23-33	16-23
C	nieznacznie ograniczony przepływ z powodu trudności w wymijaniu, kłopotliwe krzyżowanie się strumieni	0,43-0,72	0,72-1,08	1,08-1,54	33-49	23-33
D	ograniczony przepływ dla większości pieszych, znaczne trudności w krzyżowaniu	0,72-1,08	1,08-1,54	1,54-3,59	49-66	33-43
E	ograniczenie ruchu dla wszystkich pieszych, chwilowe zatrzymania i ogromne trudności przy krzyżowaniu się strumieni	1,08-2,17	1,54-2,69	3,59-5,38	66-82	43-56
F	całkowity paraliż przepływu z wieloma zatrzymaniami	>2,17	>2,69	>5,38	>82	>56

Zródło: Opracowanie Wykonawcy na podstawie J. Fruin: *Pedestrian planning and design*, TfL: *Station planning standards and guidelines*

Natężeniem znormalizowanym ruchu pieszego nazywa się natężenie ruchu podzielone przez szerokość użytkową przekroju, w którym ten ruch się odbywa.

Szerokość użytkowa przekroju, oznacza część szerokości przekroju, która jest rzeczywiście użytkowana przez pieszych w ruchu, uwzględniając tzw. efekt krawędzi. Określa się ją według następujących zasad:

- występująca ściana, żywopłot, wysokie ogrodzenie, zmniejsza szerokość użytkową o 30 cm (nikt nie porusza się tuż przy ścianie),
- podobnie, występująca w świetle przekroju przeszkoda zmniejsza szerokość o 30 cm z każdej strony,
- chodnik wzdłuż jezdni ma także zmniejszoną szerokość użytkową o 30 cm od krawężnika; szerokość użytkowa ma oznaczać szerokość rzeczywiście użytkowaną, tak więc dla chodnika z pasem buforowym szerokość mierzy się od końca pasa buforowego bez dodatkowych kar – pieszy może poruszać się tuż przy krawędzi pasa buforowego, chyba że pas buforowy ma szerokość mniejszą niż 30 cm,
- na szerokość użytkową nie wpływa niski płot, bariera ze słupków (w poprzek chodnika), donice i niskie przeszkody na skraju ciągu pieszego;

- Bariera ze słupków wzdłuż chodnika ogranicza szerokość użytkową o 30 cm z każdej strony (jak ściana), chyba że panuje organizacja ruchu pieszego zapewniająca wyraźny podział na przeciwne kierunki (po obu stronach bariery), wtedy jej występowanie jest korzystne i kary do szerokości użytkowej nie wlicza się;
- na szerokość użytkową nie wpływa balustrada zamontowana po środku szerokości schodów, która rozdziela ruch na schodach na dwa przeciwne kierunki.

Tak więc korytarz o szerokości 2 m ze ścianami po obu stronach ma szerokość użytkową 1,4 m. Chodnik o szerokości 2 m ze ścianą z jednej strony, a niskim płotem z drugiej ma szerokość użytkową 1,7 m. Chodnik o szerokości 2 m pomiędzy pasami zieleni ma szerokość użytkową 2 m.

Pominięcie ograniczenia szerokości użytkowej dla niektórych barier (niskie płoty, donice, słupki) nie oznacza uznanie tych przeszkód za nieistniejące. Ich wpływ na ruch pieszych nadal należy rozważyć. Pomija się jedynie ich wpływ na obliczony poziom swobody ruchu.

Do obliczania gęstości pasażerów także wykorzystuje się powierzchnię rzeczywiście użytkowaną przez pieszych.

Dla peronów przystankowych, w szczegółowej analizie ruchu pieszego lub wykorzystując mikrosymulacje ruchu, należy uwzględnić rozkład pasażerów na peronie w pod-obszarach, zgodnie z jego rzeczywistym lub spodziewanym sposobem użytkowania. W pozostałych przypadkach, należy zakładać, że w najintensywniej użytkowanej części peronu 35% oczekujących zajmuje 25% długości peronu na najbardziej preferencyjnym odcinku<sup>2</sup>. Dla peronów tramwajowych jest to najczęściej obszar, w którym znajdują się obiekty ograniczające dostępną powierzchnię lub zakamarki, w których nie oczekują piesi, i nie należy ich włączać do powierzchni użytkowej.

Dla peronów dwukrawędziowych, odpowiednio przyjmuje się, że 35% oczekujących zajmuje 25% długości peronu na połowie jego szerokości.

Dla węzła przesiadkowego za wystarczające uznaje się zapewnienie obsługi na poziomie C, jednak z uwagi na sztywne granice pomiędzy poziomami swobody ruchu, definiuje się także wartości standardowe. Infrastrukturę należy planować dla zapewnienia warunków którym odpowiadają poniższe wartości standardowe. Nie można więc planować pod „wysokie C”, czy też „prawie D”. Poniższy standard jest też bardziej liberalny w sytuacji, gdy ruch odbywa się tylko w jednym kierunku oraz dla nadzwyczajnych i krótkotrwałych sytuacji.

Wartości w tabeli są skrajnymi, dlatego obsługę należy planować pod wartości niegorsze niż podane.

---

<sup>2</sup> Metoda proponowana przez Transport for London w poradniku *Station planning standards and guidelines*

Tabela 3 Parametry ruchu pieszego stanowiące standard obsługi

Rodzaj elementu infrastruktury	Jednostka miary	Normalna eksploatacja		Wydarzenia specjalne trwające poniżej 3 dni	
		wartość	PSR	wartość	PSR
Otwarte przestrzenie	pas./ m <sup>2</sup>	1,00	B	2,22	D
Kolejki do kas	pas./ m <sup>2</sup>	1,25	C	3,59	D/E
Perony	pas./ m <sup>2</sup>	1,08	B/C	3,59	D/E
Korytarze dwukierunkowe	pas./min/m	40	C	65	E
Korytarze jednokierunkowe	pas./min/m	50	D	80	E
Schody stałe dwukierunkowe	pas./min/m	28	C	43	E
Schody stałe jednokierunkowe	pas./min/m	35	D	43	E
Schody ruchome	pas./min	100	n.d.	120	n.d.

Źródło: J. Fruin: *Pedestrian Planning and Design, 1987, TfL: Station planning standards and guidelines*

Ponadto należy dążyć do tego, by pasażerowie opuszczali perony swobodnie i bez opóźnienia wynikającego z przepustowości przejść.

Czas opróżniania liczy się od momentu, w którym pierwsza osoba stawia stopę na peronie, do momentu, w którym ostatnia osoba opuści peron (naturalnie, pomijając pojedyncze osoby, które z własnych powodów nie skierowały się do wyjścia).

Określając PSR na podstawie wyniku pomiaru w interwałach 3-min należy sumy podzielić przez 3. W przypadku gdy przekrój pomiarowy był przy pojeździe transportu zbiorowego lub w miejscu o którym wiadomo, że ruch w nim ma niejednostajne natężenie, należy uwzględnić tzw. mikroszczyt, czyli fakt, że wystąpił okres krótszy niż 3 minuty w którym odbyła się większość ruchu. Zaleca się przeliczanie wykorzystując współczynnik 0,9 dla przekrojów przy pojazdach (przystankach, peronach), i 0,6 dla innych przekrojów o niejednostajnym natężeniu (przeliczenie potoku 3-minutowego na 1-minutowy).

## 7 Modelowanie ruchu

Zasady ogólne dotyczące tworzonych modeli ruchu:

- Model powinien mieć strukturę, która pozwala na jego rozwinięcie poprzez powiększenie uwzględnianego obszaru lub dołączenie nowych źródeł lub celów podróży.
- Model powinien dawać powtarzalne wyniki. W przypadku mikromodeli symulacyjnych uwzględniających element losowości, dopuszczalne są kilkuprocentowe różnice w kolejnych symulacjach.
- Weryfikacja i walidacja to konieczne etapy modelowania.
- Model ruchu jest uproszczeniem rzeczywistości, dlatego obowiązuje krytyczne podejście do wyników uzyskanych wskutek modelowania, a ich interpretacja jest w pierwszej kolejności obowiązkiem modelującego.
- W miarę możliwości należy zaktualizować istniejący model dla węzła przesiadkowego, a dopiero gdy jest to niemożliwe lub z różnych przyczyn bardziej pracochłonne, utworzyć nowy model. Przy zastosowaniu istniejącego modelu należy poddać go weryfikacji, należy do tego wykorzystać obserwacje oraz wyniki badań i pomiarów ruchu (najnowszych dostępnych).
- Wszystkie założenia przyjęte na potrzeby budowy modelu wymagają jawnego podania w rezultatach analiz. Należy sporządzić arkusz/tabelę/kartę założeń, w której wszystkie zebrane są w jednym miejscu. Założenia wynikające z innych badań wymagają podania źródła. Założenia eksperckie wymagają uzasadnienia. W miarę możliwości, założenia liczbowe należy wpisywać w model w formie parametru tak, by ich modyfikacja w jednym miejscu umożliwiała zaktualizowanie całego modelu.

Makroskopowy model ruchu to model, który oblicza wielkości ruchu w sieci transportowej w postaci jednolitych potoków. Pojazdy, towary lub osoby „przeływają” przez sieć w czasie obliczeń (symulacji), w wyniku czego, dla odcinków sieci ustalone są liczby oznaczające wielkość ruchu oraz inne cechy ruchu. Przedział czasowy symulacji ma jedynie charakter umowny w modelu makro.

Mikroskopowy model symulacyjny ruchu to model, w którym obliczenia wykonywane są dla pojedynczych osób lub pojazdów, w celu jak najwierniejszego odwzorowania rzeczywistego ruchu i zachowań, z zapewnieniem możliwości dowolnego prześledzenia i wymiernego opisanie tych podróży.

Stosowane są także symulacyjne modele mezoskopowe, które łącząc cechy powyższych, wdrażają narzędzia modelowania makroskopowego dla odwzorowania większego obszaru, oraz narzędzia symulacyjne modeli mikro do zwiększenia szczegółowości w obszarach zainteresowania.



## 7.1 Modelowanie regionalne w skali makroskopowej

Modelowanie w skali makro jest celowe głównie w przypadku planowanych istotnych zmian w systemie transportowym Warszawy, układzie funkcjonalnym węzła lub z konieczności sporządzenia długookresowej prognozy ruchu.

Wykorzystanie modelu makro jest zasadne, jeżeli na jego obszarze dochodzić będzie do istotnych zmian:

- architektonicznych,
- funkcjonalnych (obejmujących np. zmianę organizacji ruchu),
- mających wpływ na dalszą przyszłość (koniczność wykonania stosownej prognozy).

Budowa od podstaw modelu makroskopowego dla podobszarów Warszawy jest zadaniem złożonym i wieloetapowym. Postępowanie powinno być oparte na najlepszych światowych praktykach oraz dorobku naukowym dziedziny modelowania makroskopowego. Budowy modelu od podstaw na ogół nie praktykuje się na potrzeby pojedynczych węzłów przesiadkowych.

Dla analiz węzła przesiadkowego należy skorzystać z istniejącego modelu makroskopowego lub przystosować go do własnych potrzeb. Zaleca się stosowanie Modelu Transportowego Aglomeracji Warszawskiej (MTAW) w jego najbardziej aktualnej wersji. Możliwe jest wykorzystanie innego modelu, jeżeli w analizowanym przypadku ma on lepsze zastosowanie od MTAW, pod warunkiem wykazania jego wysokiej jakości.

Modele makro powinny zostać skalibrowane dla obszaru węzła z wykorzystaniem danych dla obecnego ruchu.

### 7.1.1 Kalibracja modelu transportu indywidualnego

W pierwszej kolejności należy stwierdzić o skali niedokładności odwzorowania istniejącego ruchu w modelu makroskopowym. W zależności od zdefiniowanego zakresu analiz, porównania wymagają (od ogólnych do szczegółowych) m.in.:

- sumy natężenia ruchu na przekrojach dróg,
- natężenia ruchu w poszczególnych kierunkach na przekrojach dróg,
- natężenia ruchu w relacjach skrętnych skrzyżowań,
- prędkości średnie i rozkłady prędkości podróży na drogach.

Należy zweryfikować sposób odwzorowania infrastruktury na badanym obszarze i w korytarzach ruchowych zbiegających się w obszarze węzła. Podlegają temu:

- klasy dróg, dopuszczalne prędkości, przepustowości dróg, zastosowana funkcja oporu przestrzeni
- straty czasu dla relacji skrętnych skrzyżowań
- w przypadku stosowania MTAW, parametry modelu oporu relacji skrętnych,

- zmiany w systemie transportowym związane z analizowanym obszarem, które nastąpiły od czasu wydania modelu makroskopowego, a nie są w nim uwzględnione.

W przypadku wykrycia niezgodności ze stanem istniejącym, należy zaktualizować model w tym zakresie i zweryfikować. Uzyskanie dokładnych wyników na tym etapie jest efektem pożądanym i może świadczyć o bardzo wysokiej przydatności modelu do przedmiotowych analiz. Najczęściej jednak, konieczne są dalsze kroki obejmujące:

- aktualizację zmiennych objaśniających modelu, co najmniej w korytarzu podróży odbywanych przez węzeł (które można odczytać z modelu),
- zmiany podziału na rejony komunikacyjne i połączenia rejonów do sieci transportowej.

Kolejne kroki uzależnione są od postępów kalibracji i wykrytych problemów. Działania podjęte do skalibrowania modelu należy raportować w rezultatach analiz. Konieczność daleko idącej ingerencji w model może wskazywać na pierwotną niezgodność odwzorowania badanego obszaru w MTAW (lub innym, stosowanym modelu makro). Zmniejszona dokładność modelu makroskopowego w poszczególnych, małych obszarach, wynika ze skali modelu i nie wpływa na jego przydatność.

W przypadku przeprowadzania prognozy ruchu, model prognostyczny powinien bazować na skalibrowanym modelu stanu istniejącego. Zmienne objaśniające i odwzorowanie infrastruktury podlegają weryfikacji także dla modeli prognostycznych.

Dla modeli opartych o MTAW, ze względu na wprowadzony w nim innowacyjny model oporu relacji skrętnych, rekomenduje się przeprowadzanie pomiaru i kalibrowanie modelu właśnie do natężeń w poszczególnych relacjach skrętnych.

### **7.1.2 Kalibracja modelu transportu zbiorowego**

Kalibracja w transporcie zbiorowym opiera się najczęściej na:

- natężeniach ruchu w przekrojach w poszczególnych kierunkach,
- wielkości wymiany pasażerskiej na poszczególnych przystankach.

Oprócz kroków wykonywanych w ramach kalibracji modelu transportu indywidualnego, najczęściej zaktualizowania wymaga odwzorowanie dostępu pasażerów do przystanków oraz czasu poświęcanego na przesiadkę. Ponadto aktualizuje się rozkłady jazdy. Należy ustalić, czy przyczyną niedokładności modelu jest suma podróży w korytarzu (popyt), zamodelowana konkurencyjność transportu zbiorowego (podział zadań przewozowych) czy rozkład ruchu na sieć i dostosować postępowanie.

Proces, w którym skalibrowano model transportu zbiorowego należy zreferować w raporcie.

### **7.1.3 Procedury kalibrujące**

Wykorzystywanie automatycznych procedur modyfikujących macierz źródło-cel, parametry sieci lub zmienne objaśniające modelu jest niezalecane.

Mogą jednak stanowić ważne narzędzie przy analizach z wykorzystaniem modelu makroskopowego w niektórych przypadkach:

- model ma reprezentować w jak najlepszym stopniu stan istniejący węzła na tyle ważnego, lub podlegający na tyle ważnym zmianom, że sporządza się w tym celu osobną wersję modelu i przeprowadza się liczne badania i pomiary wykraczające daleko poza obszar samego węzła,
- elementem prowadzonej analizy jest sporządzenie własnej prognozy ruchu według wytycznych przygotowanych na ten cel przez jednostkę zamawiającą, bez wykorzystania modelu prognoz MTAW, lub też prognoza długookresowa nie jest wymagana,
- model popytu nie jest wykorzystywany lub skuteczne zastosowanie modelu popytu MTAW do przeprowadzanych analiz jest z uzasadnionych powodów niemożliwe.

W przypadku wykorzystania procedury automatycznie kalibrującej model należy w rezultatach analiz szczegółowo opisać skutki działania procedury, szczególnie zmiany które nastąpiły w macierzy źródło-cel oraz rozkładzie ruchu na sieć.

#### 7.1.4 Miary zgodności modelu

##### Współczynnik determinacji

$$R^2 = \frac{(m_1 - c_{\dot{s}r})^2 + (m_2 - c_{\dot{s}r})^2 + \dots + (m_n - c_{\dot{s}r})^2}{(c_1 - c_{\dot{s}r})^2 + (c_2 - c_{\dot{s}r})^2 + \dots + (c_n - c_{\dot{s}r})^2}$$

$m_i$  – wartości natężeń w kolejnych przekrojach obliczone w modelu

$c_i$  – zmierzone wartości natężeń w kolejnych przekrojach

$c_{\dot{s}r}$  – średnia arytmetyczna wszystkich zmierzonych natężeń

Współczynnik determinacji jest najczęściej „pierwszą” miarą zgodności wykorzystywaną na etapie kalibracji modelu. Najczęściej wyraża się go w procentach. Pożądane są wartości jak najwyższe. Współczynnik ten samodzielnie nie może stanowić o zgodności modelu.

##### Statystyka GEH

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \cdot (M - C)^2}{M + C}}$$

$M$  – godzinowe natężenie ruchu obliczone w modelu

$C$  – zmierzone godzinowe natężenie ruchu

Wartość współczynnika GEH należy obliczyć dla natężeń ruchu w każdym kierunku w każdym przekroju pomiarowym. Model wypada korzystnie, jeśli GEH ma wartość mniejszą niż 5 przynajmniej w 85% przypadków. Reguła ta obowiązuje wyłącznie dla natężeń ruchu w godzinie (symulacji i pomiaru). W przypadku, gdy statystyka GEH odbiega od oczekiwanej (mniej niż 5 w mniej niż 85% przypadków), należy zrewidować postępowanie kalibrujące.

W przypadku niestwierdzenia błędów i pomyłek, otrzymany model może nadal być przydatny do przeprowadzenia analiz, o czym powinna zdecydować osoba modelująca wspólnie z jednostką odbierającą rezultaty. Należy zbadać, które przekroje lub relacje dają niezgodne wyniki i jaka jest przyczyna.

Wykorzystywane miary zgodności obejmują także:

- współczynnik korelacji Pearsona,
- błąd średniokwadratowy,
- średnia wartości bezwzględnych błędów i błąd średni.

Wskazane jest stosowanie również innych statystyk i sposobów porównań.

Przy wykorzystywaniu modelu, obowiązkowe jest przedstawienie na jednym wykresie wartości zmierzonych oraz modelowych, w każdym kierunku dla każdego przekroju pomiarowego. Oprócz tego, dla skalibrowanego modelu zawsze oblicza się co najmniej współczynnik determinacji, statystykę GEH oraz współczynnik korelacji Pearsona. Wykres i wyniki należy włączyć do raportu z analiz.

### 7.1.5 Ruch pieszy w modelu makroskopowym

Ruch pieszych w modelu makroskopowym funkcjonuje najczęściej w oderwaniu od dedykowanych ciągów pieszych, i często stanowi element odwzorowany głównie po to, by wyróżnić podróże niepiesze. Popularne jest stosowanie daleko idących uproszczeń dla ruchu pieszego w modelu makro. Ruch odbywa się z dokładnością do wyznaczonych rejonów komunikacyjnych, dlatego znaczna część ruchu pieszego w ogóle nie odbywa się po sieci transportowej modelu (podróże wewnętrzne rejonów). Model w tym zakresie należy zmodyfikować tak, by odwzorować ruch pieszych na węzła, modyfikując konektory, podział na rejony, odwzorowanie ciągów pieszych. Nie należy jednak za wszelką cenę dążyć do wiernego odwzorowania każdego elementu. Istotne jest zapewnienie przydatności modelu w zakresie przeprowadzanych analiz ruchu pieszego lub prognoz poprzez:

- odwzorowanie kierunków dochodzenia pieszych i wielkości ruchu z okolicznych rejonów komunikacyjnych, stanowiących sąsiedztwo węzła,
- odwzorowanie kierunków dochodzenia pieszych i wielkości ruchu z rejonu komunikacyjnego, na którym znajduje się węzeł przesiadkowy,
- odwzorowanie wszystkich przystanków i peronów węzła oraz wszystkich linii komunikacyjnych, stosując jedynie dobrze uzasadnione uproszczenia i odstępstwa,
- odwzorowanie ruchu pieszego związanego ze wszystkimi zdefiniowanymi generatorami ruchu lub przy braku możliwości, upraszczając je do grup generatorów, które ewentualnie da się uszczegółwić w ramach szczegółowej analizy ruchu pieszego.

Ruch przesiadkowy pieszych w modelu makroskopowym nie musi się odbywać po sieci transportowej. Możliwe jest odwzorowanie ruchu w postaci liczb wewnątrz zespołu

przystankowego (węzła przesiadkowego) o zadanych parametrach przesiadki (takich jak strata czasu na przesiadkę lub odległość przesiadki).

## 7.2 Mikrosymulacje ruchu pieszego

Celem budowy modeli ruchu pieszego jest sprawdzenie czy istniejące oraz planowane węzły przesiadkowe, cechujące się obsługą znacznych potoków ruchu w krótkim czasie, spełniają przyjęte założenia projektowe dotyczące jakości ruchu, a w szczególności nie zagrażają bezpieczeństwu użytkowników.

Dzięki temu, przy niskich nakładach finansowych możliwe jest wychwycenie błędów i ich eliminacja na etapie projektu, zanim kosztowna infrastruktura zostanie oddana do użytku.

Mikrosymulacja pozwala także na ustalanie występujących problemów ruchowych i sprawdzanie wpływu proponowanych rozwiązań na warunki ruchu.

### 7.2.1 Dane wejściowe

W zakresie danych wejściowych należy dążyć do możliwie jak najwierniejszego odwzorowania ruchu w węźle, w tym zachowań i zjawisk charakterystycznych dla danego miejsca, wykorzystując do tego wszystkie niezbędne dane. Jeśli węzeł jest częścią nowoprojektowanej infrastruktury, model ruchu powinno budować się, w miarę możliwości, w oparciu o dane o popycie uzyskane z modeli prognostycznych i danych na temat ruchu istniejącego (na potrzeby kalibracji modelu prognostycznego).

W celu poprawnego odwzorowania ruchu na węźle należy metodami analitycznymi i empirycznymi (dla istniejących obiektów) zidentyfikować wszystkie istotne generatory i atraktory ruchu (źródła i cele przebiegu podróży przez węzeł) oraz wielkości potoków przesiadkowych, a także jego wpisanie się w układ drogowo-komunikacyjny otoczenia.

Istotne także jest odpowiednie zdefiniowanie umownych granic węzła, tak aby uwzględnić najistotniejsze czynniki wpływające na ruch i jednocześnie nieczyniące modelu zbyt skomplikowanym i rozbudowanym o elementy śladowo wpływające na przepływ potoków pieszych.

Zestaw danych oraz sposób ich pozyskania przedstawia poniższa tabela.

Tabela 4 Rodzaje danych wejściowych i sposób pozyskania

Dane wejściowe modelu mikrosymulacyjnego	
Typ	Źródło
geometria obiektu	plany, szkice, pomiary inwentaryzacyjne
parametry ruchowe	pomiary, ankiety, badania
rozkład jazdy	ogólnodostępne informacje na tablicach i stronach internetowych przewoźników
macierz przemieszczeń	Pomiary wraz z badaniami, model makro dla danego obszaru
zachowanie pieszych	pomiary, obserwacje, badania ilościowe i jakościowe

Źródło: Opracowanie Wykonawcy

### 7.2.2 Geometria obiektu

Odwzorowanie geometrii węzła przesiadkowego służy poprawnemu odzwierciedleniu odległości i zależności pomiędzy różnorodnymi elementami infrastruktury, które mają wpływ na jakość i wielkość przepływu potoków pieszych.

Głównymi elementami infrastruktury i wyposażenia obiektów, które wymagają zamodelowania są:

- powierzchnie płaskie (perony, tunele, kładki itp.),
- schody,
- schody ruchome,
- windy,
- pochylnie,
- bramki biletowe,
- kasy biletowe.

Pozostałymi elementami ułatwiającymi realistyczne odtworzenie zachowania użytkowników węzła są:

- poczekalnie,
- automaty biletowe,
- elementy informacji pasażerskiej,
- strefy kolejek,
- punkty gastronomiczne,
- punkty handlowe oraz automaty vendingowe,
- inne wejścia na teren węzła (parking, ulica).

Odwzorowanie należy sporządzać z dokładnością przynajmniej do 0,1 m na podstawie planów sytuacyjnych, rysunków technicznych, w miarę możliwości pozyskanych od instytucji odpowiedzialnych za ich utrzymanie lub na podstawie rysunków projektowych dla nowych i rozbudowywanych obiektów. Dla węzłów istniejących, obowiązuje odwzorowanie barier i przeszkód w ruchu pieszym zgodnie ze stanem faktycznym (weryfikacja planów). Dla

kluczowych miejsc jak np. przewężenia przekrojów przejścia korzystne jest dokonanie własnych pomiarów odległości i długości, a także sprawdzenie czy występują inne elementy np. ławki, kosze na śmieci, które nie są odwzorowane w dokumentacji, a występują w rzeczywistości na węźle.

Dopuszcza się uproszczone odzwierciedlanie mniej istotnych elementów węzła, które mają niewielki wpływ na warunki ruchowe w nim, bądź nie są przedmiotem szczegółowej analizy (nie planuje się ich przebudowy).

Przykłady takich uproszczeń poniżej.

- Na skraju węzła przesiadkowego od jednego chodnika rozchodzi się kilka różnych ciągów pieszych. Wiemy, że na wyjściowym chodniku nie panują problemy ruchowe, więc nie jest zasadne odwzorowywanie dróg od niego odchodzących na brzegu węzła, lub w przypadku ich odwzorowania, szczegółowe określanie ile osób korzysta z każdego z nich.
- Za schodami piesi mogą przemieszczać się w 4 różnych kierunkach by opuścić teren węzła. Wiemy, że wychodzenie po schodach odbywa się w dobrych warunkach, oraz to, że nawet w przypadku gdy wszyscy udadzą się na jedną drogę wyjścia, nadal będą poruszać się w dobrych warunkach. Dochodzenie, z której drogi wyjścia skorzystają piesi, a także odwzorowywanie jej w modelu w ogólnym przypadku nie jest zasadne.
- Na placu nad przejściem podziemnym znajdują się kioski. Przedmiotem zainteresowania jest przede wszystkim przejście podziemne. Wiemy, że podróżni po skorzystaniu z kiosku wchodzi do przejścia podziemnego, lub wychodzą z przejścia, korzystają z kiosku i idą dalej. Odwzorowywanie kiosków jest niezasadne – ma znikomy wpływ na ruch w przejściu podziemnym.
- W chodniku jest artystyczna donica o skomplikowanym kształcie i wystających elementach. Jej dokładny kształt najczęściej nie jest istotny, można ją odwzorować jako okrągłą przeszkodę tak, jak oddziałuje na ruch pieszych.

Oprócz szerokości i długości schodów, korytarzy, chodników, peronów, lokalizacji toalet, kas biletowych, punktów usługowych itp. należy odwzorować także elementy małej architektury jak ławki, śmietniki czy tablice, które znajdują się na drodze pieszych i wpływają na ich ruch.

Analiza geometrii obiektu musi uwzględniać także elementy infrastruktury ułatwiającej korzystanie z obiektu PRM, a także warunki na osygnalizowanych (wpływ algorytmu sterowania sygnalizacją świetlną) i nieosygnalizowanych przejściach dla pieszych w rejonie obiektu.

Odwzorowanie musi być przystosowane do środowiska symulacyjnego, w którym będą wykonywane analizy.

### 7.2.3 Rozkłady jazdy

Celem uwzględnienia rozkładów jazdy jest prawidłowe odwzorowanie potoków ruchu pojawiających się i znikających z węzła. Krótkotrwałe, ale skupione potoki pasażerów środków

transportu zbiorowego, zwłaszcza tych o wysokiej pojemności jak kolej i metro, wyznaczają najczęściej krytyczne obciążenia wszystkich elementów infrastruktury.

Dane o aktualnym rozkładzie jazdy można pozyskiwać z ogólnodostępnych źródeł przewoźników i organizatorów transportu publicznego. Rozkład prognozowany powinien zostać skonsultowany z interesariuszami i uwzględniać ewentualną przebudowę elementów węzła.

Należy uwzględnić każdy przystanek każdego środka transportu zbiorowego obsługującego węzeł przesiadkowy. Dla kolei i metra trzeba uwzględnić każdą krawędź peronową, przy której prowadzona jest wymiana pasażerska – należy wyodrębnić krawędzie peronowe jako indywidualne źródła/cele podróży. Dostęp do pojazdów w mikrosymulacji powinien odbywać się przez drzwi o lokalizacji i szerokościach odpowiadającym rzeczywistym.

Oprócz tego wymagane jest przeanalizowanie wpływu okolicznych parkingów rowerowych, samochodowych (w tym Park & Ride, Kiss & Ride) na ruch w węźle.

Rozkłady jazdy wraz z macierzą źródło-cel należą do kluczowych danych wejściowych modelu mikro, które określają w jaki sposób i w jakiej wielkości w modelu pojawia się ruch.

#### **7.2.4 Macierz źródło-cel i więźba ruchu**

Macierz przemieszczeń stanowi matematyczną reprezentację przepływu pieszych pomiędzy generatorami i atraktorami ruchu, a także pomiędzy poszczególnymi gałęziami transportu zbiorowego i indywidualnego (podział modalny). Dzięki niej można określić główne relacje obsługiwane przez węzeł, oczekiwaną marszrutę i na tej podstawie wstępnie zaplanować ewentualną korektę układu, jeśli na danej trasie nie występują równorzędne drogi alternatywne.

Określanie macierzy przemieszczeń na podstawie pomiaru w przekrojach z wykorzystaniem modelu symulacyjnego jest procesem iteracyjnym, łączącym specyfikę modelowania w skali makro oraz mikro i jest kompromisem między zaletami i ograniczeniami obu tych metod. W modelowaniu makro nie odzwierciedla się podróży wewnątrz węzła związanych z punktami usługowymi czy ruchem błądzącym. Z kolei modele w skali mikro nie uwzględniają w pełni kontekstu ekonomiczno-społecznego, w którym funkcjonuje obiekt.

#### **7.2.5 Specyficzne zjawiska i zachowania pieszych**

Odwzorowanie zachowania pieszych służy pełniejszemu dostosowaniu modelu do istniejących warunków ruchowych, które mogą być gorsze lub lepsze niż zakładano, dzięki pozornie nieintuicyjnym zjawiskom typowym dla danego miejsca. Zaobserwowanie nietypowych zdarzeń powinno także prowadzić do uszczegółowienia pomiarów i obserwacji w miejscu, gdzie zostały ustalone.

Zidentyfikowanie takich problematycznych miejsc pozwala także na lepsze zrozumienie wad węzła i uniknięcie ich powtórzenia po przebudowie – taką analizę można przeprowadzać



jedynie dla istniejących obiektów. Pozwala także zweryfikować rzeczywiste marszruty osób PRM i porównać je do założonych.

Analizę tą można przeprowadzić za pomocą analizy nagrań wideo, lecz najbardziej wskazaną metodą jest dokładna wizja lokalna w godzinach szczytu komunikacyjnego.

Przykładowymi sytuacjami tego typu mogą być:

- kolejka do kasy biletowej, która utrudnia przejście pozostałym użytkownikom – należy zlokalizować kasy biletowe w innym miejscu, zwiększyć ich liczbę, lub usprawnić ich pracę,
- nieformalne parkingi rowerowe – należy zainstalować stojaki rowerowe w dogodnej lokalizacji,
- pasażerowie przechodzący przez bramkę biletową za poprzednią osobą,
- pasażerowie gromadzący się na schodach podczas deszczu – należy rozważyć zadaszenie peronu,
- przebywanie pasażerów w ciągach pieszych z powodu braku dedykowanej strefy oczekiwania, niewystarczającej ilości miejsca lub trudności w dotarciu do tej strefy,
- błędzenie pasażerów z powodu niewystępowania odpowiedniej informacji pasażerskiej, lub zmierzanie najpierw do określonego punktu, w celu zasięgnięcia informacji, a następnie do celu.

### 7.2.6 Scenariusze symulacji

Można podzielić generatory ruchu na węzle przesiadkowym na dwie ogólne kategorie:

- takie, przy których ruch generowany jest zgodnie z ustalonym porządkiem – jak rozkład jazdy,
- inne, przy których ruch generowany jest w nieprzerwanym, mniej lub bardziej zmiennym potoku (dojścia piesze), według porządku który jest trudny do przewidzenia (postoje taxi, parkingi), lub inny, specyficzny sposób.

Przy czym sytuacja, w której na jednym przystanku pojawiają się pojazdy tylko jednej linii występuje rzadko. Dlatego generator ruchu, jakim jest przystanek, jest w istocie kilkoma generatorami ruchu, odpowiadającymi przyjazdom pojazdów pojedynczych linii. Precyzyjna macierz źródło-cel, byłaby macierzą zawierającą jawnie pojedyncze linie autobusowe/tramwajowe. Jeszcze bardziej precyzyjny opis dawałaby macierz zawierająca jawnie konkretne pojazdy tych linii, a więc informację o tym, jaka liczba pasażerów wysiadła o danej godzinie z pojazdu i dokąd się udali, a także skąd przyszli pasażerowie, którzy wsiedli do tego pojazdu i ile ich było. Taka informacja jest pożądana - należy pozyskać ją i wykorzystać w symulacjach, jeśli występuje taka możliwość. Pomiar o tak wysokiej szczegółowości jest jednak trudny do wykonania i w praktyce nie jest przeprowadzany. Informacji w tym zakresie mógłby dostarczać także precyzyjny i skalibrowany model makro.

Odwzorowanie ruchu wynikającego z rozkładu jazdy odbywa się poprzez odwzorowanie scenariusza symulacji. Należy zadać w modelu, jaka liczba osób wysiada na przystanku

o danej godzinie. W zależności od stosowanego środowiska do symulacji, jest to możliwe bez jawnego wydzielenia danego przyjazdu w macierzy źródło-cel (co byłoby zabiegiem komplikującym modelowanie i pogarszającym czytelność wyników). Scenariusz powinien zawierać ruch odbywający się w porządku zadanym na podstawie rozkładu jazdy, w wielkości wynikającej z pomiarów. Jeżeli na przystanku dochodzi do przyjazdów jednoczesnych kilku pojazdów (rozkładowo lub przypadkowo), warto to odwzorować w scenariuszu w zadanym momencie symulacji, i odwoływać się do tej sytuacji przy interpretacji wyników.

Scenariusz może obejmować specjalne elementy:

- ewakuacja – od zadanego momentu wszyscy pasażerowie (jednostki w symulacji) z danego obszaru kierują się do określonego punktu bezpieczeństwa
- wstrzymanie ruchu – od zadanego momentu na przystanku nie odbywają się odjazdy (pasażerowie gromadzą się do końca symulacji)
- wypadek/awaria – od zadanego momentu dane przejście, korytarz lub chodnik jest nieczynne, a jednostki symulacji zaczynają korzystać z dróg alternatywnych
- inne sytuacje hipotetyczne – w zależności od potrzeby; przydatne do dopisania do listy scenariuszy, zwłaszcza przy wariantowaniu zmian węzła mogą być sytuacje pesymistyczne, będące wyzwaniem dla infrastruktury:
  - jednoczesny przyjazd pociągu na każdy peron (lub w maksymalnej, możliwej operacyjnie liczbie),
  - jednoczesny przyjazd pojazdu na każdy przystanek i peron,
  - jednoczesny, podwójny przyjazd na każdy z przystanków, na którym mogą odbywać się przyjazdy kilku pojazdów.

Nie należy jednak odwzorowywać sytuacji nieprawdopodobnych lub niemożliwych, gdyż może to zniekształcić wyniki, a w przypadku wariantowania zmian niepotrzebnie zakłócić proces decyzyjny.

Podstawowy, oczekiwany do sprawdzenia scenariusz wymaga opisanie realnego, regularnego ruchu na węźle przesiadkowym, wraz z jednoczesnymi przyjazdami pojazdów, jeśli rzeczywiście mają miejsce na węźle. O przeprowadzeniu symulacji innych scenariuszy należy zdecydować indywidualnie.

### **7.2.7 Kalibracja modelu**

Celem kalibracji modelu jest sprawdzenie zgodności modelu mikrosymulacyjnego z prognozami modelu makro dla stanu istniejącego (jeśli występują) lub wartościami uzyskanymi w pomiarach.

Kalibracja jest procesem iteracyjnym wymagającym w każdym kolejnym kroku modyfikacji modelu mikrosymulacyjnego w taki sposób, aby docelowo uzyskać jak największą zbieżność przede wszystkim z wartościami empirycznymi (dla stanu istniejącego), lub z uzyskanymi w modelu makro (dla wariantów projektowanych).

Model, w którym macierz źródło-cel jest bezspornie poprawnie określona (np. zmierzono źródła i cele wszystkich podróży) a w obszarze nie występują alternatywne drogi pomiędzy generatorami, w ogólności nie wymaga kalibracji w zakresie więźby ruchu i kierunków ruchu. Dla takiego modelu należy zweryfikować poprawność odwzorowania ruchu pieszych i szczególnych zachowań.

Podstawową miarą zgodności są:

- przekroczenia przekrojów przejść w godzinie szczytowej,
- natężenia ruchu w interwałach czasowych odpowiadających tym, wykorzystywanym w pomiarach ruchu, przy czym nie należy dążyć za wszelką cenę do odwzorowania ruchu 1:1 z pomiaru, a jedynie zachowania wartości modelowych we właściwym przedziale, odwzorowania „pików” i natężeń średnich.

Inaczej niż dla modeli makroskopowych, w mikrosymulacjach, wagi nabiera wskaźnik zgodności którym jest błąd względny. Kalibrację powinno wykonywać się do uzyskania odchyień natężeń względem stanu istniejącego (modelu makro dla wariantów prognostycznych) na poziomie nie większym niż +/- 10% dla większości przekrojów. Dopuszczalne są błędy rzędu +/- 20% pod warunkiem, że dotyczą one przekrojów które można uznać za mniej istotne i niebędące bezpośrednio przedmiotem zainteresowania.

W przypadku występowania błędu systematycznego (np. -20% na wszystkich przekrojach), należy cofnąć się do etapu formułowania macierzy-źródło cel i wprowadzić poprawki.

Jeżeli w kolejnych krokach nie udaje się osiągnąć zakładanej dokładności, należy przeanalizować, czy właściwie przyjęto podział potoków między alternatywnymi trasami (jeśli istnieją) oraz czy właściwie zamodelowano ruch związany z usługami takimi jak sklepy, kasy biletowe, centra obsługi pasażera (ruch błądzący).

Warto rozważyć także podzielenie generatorów i atraktorów ruchu modelu mikro na mniejsze względem modelu makro, pozwalające dokładniej odzwierciedlić przepływ pieszych.

### **7.2.8 Metody oceny jakości ruchu w węźle na podstawie symulacji**

Miary jakości ruchu pieszego dla danych rozwiązań technicznych zaimplementowanych w modelu można oceniać na podstawie takich wskaźników (jeśli zajdzie taka potrzeba dla poszczególnych typów podróży, obszarów oraz przedziałów czasowych) jak:

- Analiza całego węzła:
  - poziom obsługi,
  - natężenia ruchu (i histogramy),
  - mapy gęstości ruchu (i histogramy),
  - wskazanie przestrzeni podejmowania decyzji,
  - czasy przejścia pomiędzy poszczególnymi generatorami i atraktorami ruchu,
  - średni czas pobytu w węźle,
  - sumaryczny czas pobytu w węźle wszystkich pieszych,

Modelowanie ruchu

- średnia odległość pokonywana w węźle,
- odległości pokonywane pomiędzy istotnymi punktami węzła,
- wskazanie i ocena dostępności tras dojścia,
- ocena przepustowości (na podstawie oceny poszczególnych jego elementów),
- wykorzystanie przestrzeni.
- Analiza peronów, tuneli, korytarzy, przejść podziemnych, dojść z przystanków komunikacji zbiorowej i parkingów:
  - poziom obsługi,
  - zajętość,
  - gęstość (poziom swobody ruchu (dla elementów krytycznych możliwa jest analiza zmian w czasie)).
- Analiza przepływu pasażerów przez punkty krytyczne (np. bramki, drzwi):
  - poziom obsługi kolejki,
  - czas dotarcia do nich,
  - poziom swobody ruchu,
  - przepustowość.
- Przepływ pomiędzy kondygnacjami:
  - poziom obsługi kolejek na schodach ruchomych oraz przy windach,
  - dostępność schodów ruchomych i wind dla osób niepełnosprawnych i o ograniczonej możliwości poruszania się,
  - przepustowość,
  - czas dotarcia do nich.
- Filmy wideo

W przypadku analizy zmian w węźle kluczowe jest porównanie parametrów dla stanu istniejącego z parametrami dla wariantów inwestycyjnych

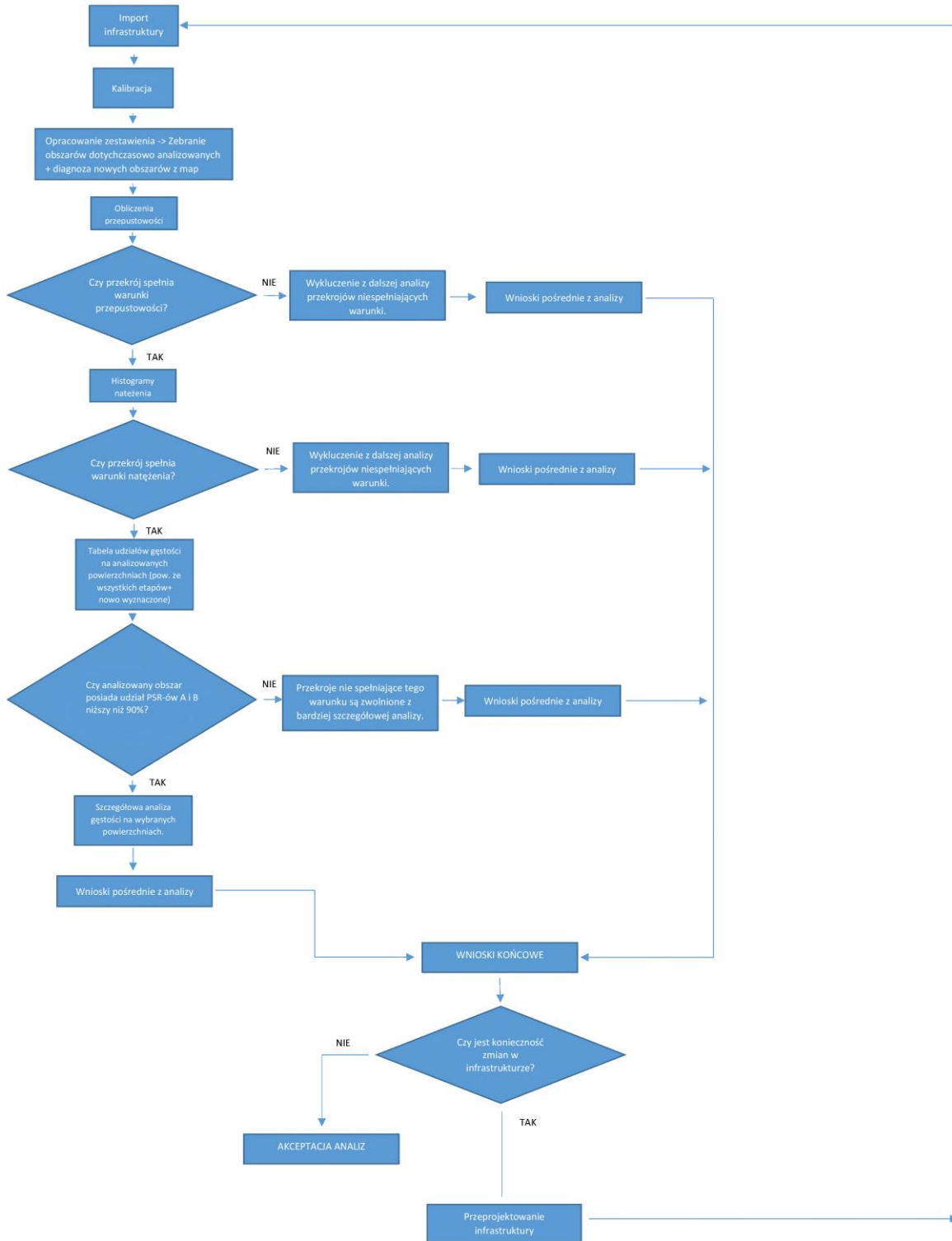
### 7.2.9 Miary zgodności węzła z normami

Należy zadbać o właściwe przedstawienie danych wynikowych, tak, by dały się porównać z wartościami standardowymi (6). Dotyczy to zwłaszcza uwzględnienia szerokości użytkowej i powierzchni użytkowej.

### 7.2.10 Schemat postępowania

Planowania infrastruktury z wykorzystaniem symulacji dokonuje się na skalibrowanym modelu w sposób iteracyjny, do uzyskania postaci węzła zgodnego z przyjętymi założeniami techniczno-ekonomicznymi. Przykładowy schemat postępowania przedstawia Ilustracja 6.

Modelowanie ruchu



Ilustracja 6 Algorytm optymalizacji układu węzła na podstawie mikrosymulacji ruchu pieszego  
 Źródło: Opracowanie Wykonawcy

W pierwszym kroku po skalibrowaniu modelu oblicza się przepustowość krytycznych elementów infrastruktury takich jak przejścia (naziemne, podziemne), schody, schody ruchome. Jeśli warunki ruchowe nie spełniają przyjętych norm, należy odrzucić

zapropozowany układ i wprowadzić poprawki zapewniające odpowiednią przepustowość w miejsca, gdzie jej brakuje np. poszerzając szerokość przejścia.

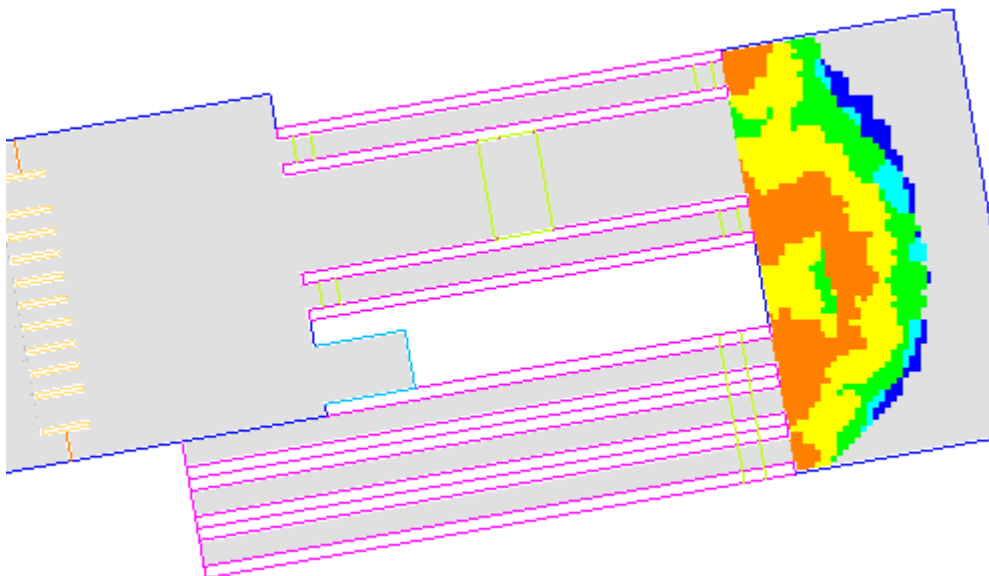
Kolejnym krokiem analizy jest sprawdzenie natężeń znormalizowanych w przedziałach 1-minutowych na kluczowych przekrojach obiektu. Jeżeli dla któregośkolwiek z interwałów na którymkolwiek z przekrojów normy są przekroczone, należy ponownie przeprojektować dany fragment węzła.

Gdy normy związane z minimalnymi wymaganiami są spełnione, można przejść do dalszej optymalizacji układu węzła za pomocą uszczegółowionej analizy gęstości wybranych powierzchni węzła, stanowiących potencjalne „wąskie gardło”. Powierzchnie te należy wybierać spośród miejsc wrażliwych na pojawienie się w krótkim czasie znacznych potoków pieszych – zaleca się dokonanie wyboru na podstawie map maksymalnej gęstości dla całego węzła.

Takimi potencjalnymi miejscami są:

- schody i spoczniki,
- powierzchnie przed wejściem/zejściem na schody zwykłe lub ruchome,
- skrzyżowania przejść, na których mieszają się znaczne strumienie ruchu,
- przewężenia przekrojów przejść,
- strefy akumulacji pieszych (kolejki, strefy przed bramkami biletowymi, perony, azyle),
- zagięcia toru przejścia.

Powierzchnie te powinny być optymalnych rozmiarów, aby miarodajnie uchwycić zaburzenia ruchowe w danym rejonie i jednocześnie nie obejmować obszarów, gdzie ruch odbywa się bez większych zakłóceń, co powodowałoby zaniżenie średniej gęstości w badanym obszarze. Przykładowy analizowany obszar przedstawia poniższa Ilustracja 7.



**Ilustracja 7** Przykładowa mapa maksymalnej gęstości dla schodów do metra

Źródło: Opracowanie Wykonawcy

Szczegółową analizę wystarczy przeprowadzić dla wycinków, na których utrzymuje się gęstość odpowiadająca najwyższemu poziomowi swobody ruchu (A i B) przez mniej niż 90% czasu trwania symulacji. Jeżeli mapy maksymalnej gęstości pokazują, że na zdecydowanej większości powierzchni zarejestrowano najgorsze poziomy swobody ruchu (E-F) należy rozważyć przeprojektowanie danego elementu infrastruktury.

## 7.3 Mikrosymulacje ruchu kołowego

Mikromodele ruchu drogowego służą weryfikacji układu komunikacyjnego oraz rozwiązań dotyczących organizacji ruchu. Modele ruchu drogowego budowane są zwłaszcza przy planowanych zmianach organizacji ruchu i układów komunikacyjnych, by wstępnie zweryfikować ich skutek oraz umożliwić wymierną ocenę wpływu zmian na warunki ruchowe.

W przypadku układów nieskomplikowanych lub takich na których nie występują braki przepustowości, dopuszcza się dokonania analizy przepustowości na podstawie obliczeń teoretycznych - zasad inżynierii ruchu (obliczenia numeryczne).

### 7.3.1 Dane wejściowe

Dane wejściowe powinny obejmować istniejące oraz planowane natężenia ruchu drogowego i pieszego wraz ze strukturą kierunkową i rodzajową.

W zakresie danych wejściowych należy dążyć do możliwie jak najwierniejszego odwzorowania ruchu w węźle, w tym zjawisk charakterystycznych dla danego miejsca (np. kolejki). Jeśli węzeł jest częścią nowoprojektowanej infrastruktury, model ruchu powinno budować się w oparciu o dane na temat natężeń ruchu uzyskanych z modeli prognostycznych i danych na temat ruchu istniejącego (na potrzeby kalibracji modelu prognostycznego).

### 7.3.2 Odwzorowanie sieci

Odwzorowanie sieci w rejonie węzła przesiadkowego dla każdego analizowanego wariantu inwestycyjnego oraz stanu istniejącego powinno uwzględniać takie elementy układu drogowego takie jak:

- geometria sieci (liczba pasów dla poszczególnych relacji, miejsca postojowe),
- organizacja ruchu (zasady ruchu wynikające z oznakowania poziomego i pionowego lub jego braku),
- przebieg ciągów pieszych i rowerowych,
- rozmieszczenie przystanków środków transportu zbiorowego,
- rozkłady jazdy środków transportu zbiorowego.

Jeśli w modelu występują skrzyżowania sterowane sygnalizacją świetlną należy uwzględnić także:

- rozmieszczenie sygnalizatorów,
- rozmieszczenie detektorów ruchu (lub pól detekcji),
- programy bazowe sygnalizacji świetlnej oraz algorytmy sterowania akomodacyjnego (jeśli występują),
- koordynację sterowania (linową, sieciową) względem sąsiednich skrzyżowań (jeśli występuje).



Istotne jest odpowiednie zdefiniowanie umownych granic węzła, tak aby uwzględnić najistotniejsze czynniki wpływające na ruch i jednocześnie nieczyniące modelu zbyt skomplikowanym i rozbudowanym o elementy śladowo wpływające na przepływ strumieni ruchu.

Granice obszaru symulacji mogą być poszerzone o elementy sieci drogowej na które istotny wpływ może mieć analizowany węzeł przesiadkowy.

### 7.3.3 Ocena jakości ruchu na podstawie symulacji

Modelowanie ruchu kołowego w rejonie obiektu pełniącego funkcję węzła przesiadkowego jest procesem iteracyjnym, którego celem jest zoptymalizowanie powiązania układu drogowego z ciągami pieszymi w taki sposób, aby przesiadanie się było jak najwygodniejsze przy jednoczesnym zachowaniu zadowalających parametrów ruchu pojazdów, w szczególności transportu zbiorowego.

Zaleca się aby kolejne iteracje modelowania ruchu kołowego były prowadzone razem z mikrosymulacjami ruchu pieszego i aby odzwierciedlały wszelkie zmiany infrastruktury, w szczególności te ingerujące w układ drogowy jak np. zwężanie jezdni w celu poszerzenia przystanku. Na podstawie wyników analiz oba modele, a w konsekwencji układy geometryczne, powinny być odpowiednio korygowane. Tak aby niwelować występowanie negatywnych zjawisk.

Ostatecznym produktem modelowania powinien być taki układ drogowy, który pozwala na wygodne i bezpieczne przesiadki w najważniejszych relacjach oraz nie zaburza znacząco przepływu strumieni pojazdów.

Miary jakości ruchu kołowego dla danych rozwiązań technicznych zaimplementowanych w modelu można oceniać na podstawie takich wskaźników jak:

- poziomy swobody ruchu,
- wykorzystanie przepustowości,
- stopień obciążenia,
- straty czasu,
- liczba zatrzymań,
- długość kolejki,
- wskaźnik rozproszenia (miara jakości koordynacji).

## **8 Przebieg analiz w procesie planowania infrastruktury**

Analiza ruchu w zakresie takim, jaki dotyczy jednego węzła przesiadkowego, ma znaczenie przede wszystkim przy planowaniu zmian funkcjonalnych, remontów i modernizacji, na każdym etapie prac.

### **→ Cel sprawozdawczy**

W procesie ustalane są warunki ruchu występujące w stanie istniejącym, w tym występujące problemy, niezbędne kierunki zmian, skala niedostatków w wymiarach infrastruktury i sposobie obsługi.

Najważniejsze rezultaty: określenie występujących problemów i ich skali, określenie zakresu niezbędnych zmian.

### **→ Cel doradczy**

W procesie ustalany jest przewidywany skutek wprowadzenia określonego rozwiązania – wpływ na warunki i jakość ruchu.

Najważniejsze rezultaty: weryfikacja, czy wprowadzenie danego rozwiązania daje oczekiwane, pozytywne skutki.

### **→ Cel porównawczy**

W procesie zestawy rozwiązań (warianty) są porównywane między sobą, w celu wskazania korzyści dla obsługiwanego ruchu, występujących w każdym z nich oraz ograniczeń/wad które się z nimi wiążą.

Najważniejszy rezultat: wyłonienie najlepszego wariantu zmian wobec obowiązujących standardów.

### **→ Wykorzystanie roli planistycznej analiz ruchowych**

W procesie realizowane są wszystkie powyższe cele, a elementy analizy ruchowej towarzyszą pracom planistycznym od wstępnych zamierzeń, do realizacji projektu w określonym kształcie.

Najważniejszy rezultat: realizacja węzła przesiadkowego, który od podstaw jest zaplanowany pod wysokiej jakości obsługę ruchu.

Biorąc pod uwagę, że w stanie istniejącym na terenie aglomeracji warszawskiej występuje kilkaset węzłów przesiadkowych, przebieg analizy ruchowej niemal w każdym przypadku będzie specyficzny, odpowiadający potrzebom dla danego miejsca, uwarunkowaniom lokalnym i specyfice ruchu pieszych i pojazdów. Poniżej zawarto ramowy przebieg analiz w typowych przypadkach, przy czym w przypadkach szczególnych nie należy przeprowadzać prac, które są z uzasadnionych powodów zbyt ciężkie lub niewspółmierne do potrzeb.

## 8.1 Planowanie węzła klasy 1

- ➔ Dla ustalonych wcześniej założeń dotyczących zakresu ingerencji i możliwego zakresu zmian, ustal czasowy horyzont odniesienia.
  - Dla węzła klasy 1 horyzont odniesienia powinien wynosić minimum 10 lat.
  - Jeżeli założenia obejmują możliwość powstania kosztownej infrastruktury dla ruchu pieszych lub pojazdów (mostu, peronu podziemnego) horyzont odniesienia powinien wynosić minimum 20 lat.
  - Jeśli założenia obejmują doprowadzenie nowej linii z obsługą w części podziemnej, zaleca się horyzont odniesienia 30 lat.
  - Jeśli pozostaje to w zgodzie z ustaleniami i oczekiwaniami co do rezultatów analiz, ustal horyzont czasowy tak, by móc skorzystać z prognozy modelu makroskopowego, nie powielając prac.
- ➔ Na podstawie wskazówek rozdziału 3.4 ustal, na jakim poziomie szczegółowości należy przeprowadzać dalsze prace.
- ➔ Przeprowadź badanie ruchu dla stanu istniejącego.

Zasadniczo jedyny przypadek, w którym badania na obszarze stanu istniejącego dla inwestycji nie mają uzasadnienia, to plan obejmujący całkowitą reorganizację ruchu, wprowadzenie od podstaw nowej infrastruktury i zmiana przeznaczenia obszaru i jego sąsiedztwa. Wtedy rezultaty bazują na wynikach modelu makroskopowego.

  - Zaplanuj siatkę przekrojów i punktów pomiarowych, uzgodnij jej zakres z jednostką odbierającą analizy. Uzgodnij także datę i okres czasowy pomiaru.
  - Zaplanuj i uzgodnij sposób pozyskania danych do sporządzenia macierzy źródło-cel (przebiegów podróży).
  - Przeprowadź pomiary i badania.
  - Zweryfikuj wyniki. W razie potrzeby, powtórz pomiary lub badania.
  - Sporządź macierze źródło-cel dla godziny szczytu porannego oraz godziny szczytu popołudniowego.
- ➔ Zastosuj wyniki pomiaru, w tym macierz źródło-cel, przy sporządzaniu założeń dla konkretnych rozwiązań planu/projektu/koncepcji węzła.
  - Weź pod uwagę dominujące kierunki podróży.
  - Weź pod uwagę rzędy wielkości ruchu związanego z konkretnymi środkami transportu lub konkretnymi źródłami i celami podróży.
  - Weź pod uwagę udział ruchu nie-przesiadkowego w ogólnej sumie ruchu.
- ➔ Zaktualizuj i skalibruj model makroskopowy, a następnie wykorzystaj go do sporządzenia prognozy ruchu dla określonego horyzontu czasowego.
  - W przypadku, gdy horyzont prognostyczny jest daleki (np. za 30 lat), warto sporządzić też prognozy dla pośrednich horyzontów (np. co 5, 10 lub 15 lat).
  - Zweryfikuj i dostosuj założenia dla planu/projektu/koncepcji na podstawie wyników prognozy.

- Sporządź model mikrosymulacyjny:
- odwzoruj stan istniejący węzła,
  - na bieżąco przeprowadzaj robocze mikrosymulacje dla nowych pomysłów,
  - sprawdzaj w symulacji nowe, pojedyncze i pośrednie rozwiązania,
  - referuj wyniki zespołowi planistów, inżynierów, architektów,
  - wskazuj rozwiązania lepsze i gorsze,
  - zwracaj zespołowi projektującemu uwagę zwłaszcza na minimalne, niezbędne wymiary infrastruktury, dla spełnienia standardów obsługi,
  - współpracuj dla zaplanowania rozwiązań najlepszych wobec wyników symulacji.
- Opracowuj plan/projekt/koncepcję węzła:
- wdrażaj obowiązujące standardy, w tym wymagania zawarte w standardach dla węzłów przesiadkowych w rozdziale 3.6.3 Rozwiązania architektoniczne i infrastruktura dla pieszych,
  - nowe pomysły przekazuj do mikrosymulacji,
  - konsultuj rozwiązania z interesariuszami,
  - rozwiązania, które nie spełniają standardów obsługi bezwzględnie odrzucaj,
  - obiecujące rozwiązania, które zostały odrzucone jako niespełniające standardów, zachowuj wraz z uzasadnieniem do wglądu dla zarządców i organizatorów,
  - poszukuj rozwiązań lepszych, nawet po tym, gdy opracowano już takie, które pozostają w zgodzie ze standardami.
- Wskutek powyższego, równoległe następującego, iteracyjnego postępowania, wypracuj warianty rozwiązań węzła przesiadkowego.
- Warianty powinny stanowić zestawy spójnych i kompletnych rozwiązań, zapewniających całościową obsługę ruchu na węźle.
  - Dla wariantów opracuj spójny zestaw wyników analiz ruchowych, który pomoże decydującym je porównać.
  - Poszczególne rozwiązania mogą powtarzać się w wariantach.
  - Jeżeli zakres ingerencji dla poszczególnych rozwiązań na to pozwala, możliwe jest zdefiniowanie odrębnych, niezależnych od siebie wariantów dla ruchu pieszego i ruchu drogowego.
  - Jeżeli rozwiązania poszczególnych wariantów mają istotny wpływ na popyt (np. w jednym z wariantów doprowadza się nową linię do węzła, w innym nie), sporządź osobną prognozę ruchu dla każdego z tych wariantów.
  - W analizach ruchowych wariantów nie trzeba uwzględniać planowanych zmian, które nie mają wpływu na ruch, lub mają wpływ znikomy, jak np. zadaszenie.
  - Przy niekorzystnych uwarunkowaniach może się zdarzyć, że do skutecznej realizacji możliwy będzie tylko jeden wariant, lub występujące różnice

w wariantach mają znikomy wpływ na ruch. W takim wypadku, wyniki analiz ruchowych nie mają funkcji porównawczej dla wariantów.

- ➔ Wspólnie z interesariuszami zmian na węźle przesiadkowym, wybierzcie najlepszy wariant do realizacji.
- ➔ Przeprowadź kolejne etapy realizacji.
  - W przypadku konieczności wprowadzenia zmian funkcjonalnych w wybranym planie/projekcie/koncepcji, które mogą nastąpić np. wskutek wykrycia niespodziewanych przeszkód, wykaż, że wprowadzana zmiana nadal realizuje założenia koncepcji pod względem jakości obsługi ruchu.
  - Zmiany na dalszych etapach najlepiej sprawdź w mikrosymulacji na tym samym modelu, który wykorzystano do symulacji wyjściowego wariantu.
  - Zmiany funkcjonalne typu np. przeniesienie wejścia za jezdnię lub drogę dla rowerów, wprowadzenie nowej zmiany poziomu na trasie, wprowadzenie załomu korytarza, zwężenie ciągu pieszego, poszerzenie ciągu drogowego, likwidacja bus-pasa, przeniesienie przystanku, są zmianami które karykaturują plan oparty na wynikach analiz ruchowych, i nie mogą być wprowadzane bez ponowienia choć części całego procesu.

## 8.2 Planowanie węzła klasy 2

- ➔ Dla ustalonych wcześniej założeń dotyczących zakresu ingerencji i możliwego zakresu zmian, ustal czasowy horyzont odniesienia.
  - Dla węzła klasy 2 horyzont czasowy powinien obejmować co najmniej moment realizacji planowanych zmian.
  - Zaleca się, by sporządzać uproszczoną prognozę ruchu (bazującą na obserwowanych tendencjach, planach zagospodarowania) na 5-10 lat od realizacji w każdym przypadku.
  - W przypadku planowania kosztownej infrastruktury zalecany jest dłuższy horyzont odniesienia i prognoza z wykorzystaniem modelu makroskopowego na 20 lat.
  - Jeśli założenia obejmują doprowadzenie nowej linii z obsługą w części podziemnej, zaleca się horyzont odniesienia 30 lat.
- ➔ Na podstawie wskazówek rozdziału 3.4 ustal, na jakim poziomie szczegółowości należy przeprowadzać dalsze prace.
- ➔ Przeprowadź badanie ruchu dla stanu istniejącego.
  - Zaplanuj siatkę przekrojów i punktów pomiarowych, uzgodnij jej zakres z jednostką odbierającą analizy. Uzgodnij także datę i okres czasowy pomiaru.
  - Zaplanuj i uzgodnij sposób pozyskania danych do sporządzenia macierzy źródło-cel (przebiegów podróży).
  - Przeprowadź pomiary i badania.
  - Zweryfikuj wyniki. W razie potrzeby, powtórz pomiary lub badania.

- Sporządź macierze źródło-cel dla godziny szczytu porannego oraz godziny szczytu popołudniowego.
- ➔ Zgromadź dane do prognoz ruchu. Ustal, jak zmieni się wykorzystanie węzła i uwzględnij w planowaniu rozwiązań.
- ➔ Zastosuj wyniki pomiaru i prognozy, w tym macierz źródło-cel, przy sporządzaniu założeń dla konkretnych rozwiązań planu/projektu/koncepcji węzła.
  - Weź pod uwagę dominujące kierunki podróży.
  - Weź pod uwagę rzędy wielkości ruchu związanego z konkretnymi środkami transportu lub konkretnymi źródłami i celami podróży.
  - Weź pod uwagę udział ruchu nie-przesiadkowego w ogólnej sumie ruchu.
- ➔ Analizuj skutki opracowywanych rozwiązań:
  - swobodę ruchu pieszego i pojazdów,
  - straty czasu,
  - odległości i czasy podróży,
  - optymalność ścieżek – w tym ustal dokładne trasy podróży przesiadkowych i co się na nich znajduje,
  - rozmieszczenie miejsc obsługi pasażerów oraz rozmieszczenie innych usług,
  - liczbę kolizji ruchu pieszych i pojazdów, ich wpływ na czas podróży i bezpieczeństwo podróży,
  - jak według proponowanego układu mogą poruszać się osoby niemogące skorzystać ze schodów i wszystkie inne osoby z ograniczoną mobilnością,
  - wpływ planowanych wymiarów infrastruktury na jakość ruchu.
- ➔ Opracowuj plan/projekt/koncepcję węzła:
  - wdrażaj obowiązujące standardy, w tym wymagania zawarte w standardach dla węzłów przesiadkowych w rozdziale 3.6.3 Rozwiązania architektoniczne i infrastruktura dla pieszych,
  - preferuj rozwiązania, które zapewniają wysokiej jakości obsługę ruchu dla wszystkich,
  - konsultuj rozwiązania z interesariuszami,
  - rozwiązania, które nie spełniają standardów obsługi bezwzględnie odrzucaj,
  - obiecujące rozwiązania, które zostały odrzucone jako niespełniające standardów, zachowuj wraz z uzasadnieniem do wglądu dla zarządców i organizatorów,
  - poszukuj rozwiązań lepszych, nawet po tym, gdy opracowano już takie, które pozostają w zgodzie ze standardami.
- ➔ Wskutek powyższego, równoległe następującego, iteracyjnego postępowania, wypracuj najlepszy wariant rozwiązań węzła przesiadkowego.
  - Wariant powinien stanowić zestaw spójnych i kompletnych rozwiązań, zapewniających całościową obsługę ruchu na węźle.
  - Jeżeli możliwości jest dużo, opracuj kilka wariantów rozwiązań i przeprowadź proces decyzyjny tak, jak dla węzła klasy 1.

- Przygotuj rezultaty analiz ruchowych, które uzasadniają korzystny wpływ zmian na ruch na węźle przesiadkowym.
- Przeprowadź kolejne etapy realizacji
- W przypadku konieczności wprowadzenia zmian w wybranym planie/projekcie/koncepcji, które mogą nastąpić np. wskutek wykrycia niespodziewanych przeszkód, wykaż, że wprowadzana zmiana nadal realizuje założenia koncepcji pod względem jakości obsługi ruchu.
  - Zmiany funkcjonalne typu np. przeniesienie wejścia za jezdnię lub drogę dla rowerów, wprowadzenie nowej zmiany poziomu na trasie, wprowadzenie załomu korytarza, zwężenie ciągu pieszego, poszerzenie ciągu drogowego, likwidacja bus-pasa, przeniesienie przystanku, są zmianami które karykaturują plan oparty na wynikach analiz ruchowych, i nie mogą być wprowadzane bez ponowienia choć części całego procesu.

### 8.3 Planowanie węzła klasy 3

- Dla ustalonych wcześniej założeń dotyczących zakresu ingerencji i możliwego zakresu zmian, ustal czasowy horyzont odniesienia.
- Dla węzła klasy 3 horyzont czasowy powinien obejmować co najmniej moment realizacji planowanych zmian.
  - Zaleca się, by sporządzać uproszczoną prognozę ruchu (bazującą na obserwowanych tendencjach, planach zagospodarowania) na 5-10 lat od realizacji w każdym przypadku.
  - W przypadku planowania kosztownej infrastruktury zalecany jest dłuższy horyzont odniesienia i prognoza z wykorzystaniem modelu makroskopowego na 20 lat.
  - Jeśli założenia obejmują doprowadzenie nowej linii z obsługą w części podziemnej, zaleca się horyzont odniesienia 30 lat.
- Na podstawie wskazówek rozdziału 3.4 ustal, na jakim poziomie szczegółowości należy przeprowadzać dalsze prace.
- Przeprowadź badanie ruchu dla stanu istniejącego.
- Zaplanuj siatkę przekrojów i punktów pomiarowych, uzgodnij jej zakres z jednostką odbierającą analizy. Uzgodnij także datę i okres czasowy pomiaru.
  - Zaplanuj i uzgodnij sposób pozyskania danych do sporządzenia macierzy źródło-cel (przebiegów podróży), lub uzgodnij, że nie będą prowadzone badania w celu dokładnego ustalenia macierzy źródło-cel.
  - Przeprowadź pomiary i badania.
  - Zweryfikuj wyniki. W razie potrzeby, powtórz pomiary lub badania.
  - Sporządź macierze źródło-cel dla godziny szczytu porannego oraz godziny szczytu popołudniowego na podstawie badania, lub oszacuj je na podstawie swojej wiedzy eksperckiej, wiedzy o węźle przesiadkowym, oferty węzła przesiadkowego i swojej wiedzy o mieście.

- Jeżeli jest dość miejsca, by zaplanować węzeł pod obsługę dużego ruchu (takiego, jaki mógłby się na nim pojawić, biorąc pod uwagę ofertę, lokalizację, uwarunkowania i zakres możliwych zmian), możesz wspólnie z jednostką odbierającą analizy podjąć decyzję o nieprzeprowadzaniu pomiaru, ustalając w to miejsce jedynie dominujące kierunki przesiadek, wielkości ruchu, które mogą się pojawiać, i udział ruchu przesiadkowego, na dalszym etapie nastawiając się na obsługę dużego ruchu.
- Zgromadź dane do prognoz ruchu. Ustal, jak zmieni się wykorzystanie węzła i uwzględnij w planowaniu rozwiązania.
- Zastosuj wyniki pomiaru i prognozy, w tym macierz źródło-cel, przy sporządzaniu założeń dla konkretnych rozwiązań planu/projektu/koncepcji węzła.
  - Weź pod uwagę dominujące kierunki podróży.
  - Weź pod uwagę rzędy wielkości ruchu związanego z konkretnymi środkami transportu lub konkretnymi źródłami i celami podróży.
  - Weź pod uwagę udział ruchu nie-przesiadkowego w ogólnej sumie ruchu.
- Opracuj plan/projekt/koncepcję węzła:
  - wdrażaj obowiązujące standardy, w tym wymagania zawarte w standardach dla węzłów przesiadkowych w rozdziale 3.6.3 Rozwiązania architektoniczne i infrastruktura dla pieszych,
  - preferuj rozwiązania, które zapewniają wysokiej jakości obsługę ruchu dla wszystkich,
  - konsultuj rozwiązania z interesariuszami,
  - wychodząc od założeń ogólnych, dopracowuj rozwiązania na coraz większym poziomie szczegółowości, by uzyskać docelowy plan/projekt/koncepcję.
- Przeanalizuj skutki zmian na ruch.
  - W przypadku wykrycia możliwych problemów z obsługą ruchu, wróć do poprzedniego etapu i wprowadź korekty.
  - Obiecujące rozwiązania, które zostały odrzucone jako niespełniające standardów, zachowuj wraz z uzasadnieniem do wglądu dla zarządców i organizatorów.
  - Przygotuj rezultaty analiz ruchowych, która wykazują korzystny wpływ zmian na ruch oraz pokazują uzyskiwaną jakość obsługi, w odniesieniu do stanu istniejącego.
- Przeprowadź kolejne etapy realizacji.
  - W przypadku konieczności wprowadzenia zmian w wybranym planie/projekcie/koncepcji, które mogą nastąpić np. wskutek wykrycia niespodziewanych przeszkód, wykaż, że wprowadzana zmiana nadal realizuje założenia koncepcji pod względem jakości obsługi ruchu.
  - Zmiany funkcjonalne typu np. przeniesienie wejścia za jezdnię lub drogę dla rowerów, wprowadzenie nowej zmiany poziomu na trasie, wprowadzenie załomu korytarza, zwężenie ciągu pieszego, poszerzenie ciągu drogowego, likwidacja bus-pasa, przeniesienie przystanku, są zmianami które



karykaturują plan oparty na wynikach analiz ruchowych, i nie mogą być wprowadzane bez ponowienia choć części całego procesu.