

# KALIBRACJA WIĘŻBY RUCHU NA PODSTAWIE POMIARÓW PRZEKROJOWYCH

Jednym ze sposobów wspomagających problem aktualizacji modelu jest wykorzystanie dostępnej bazy pomiarów przekrojowych do szacowania zmian w więźbie ruchu bez konieczności prowadzenia szczegółowych badań podróży. Podejście wymaga aktualnej i w miarę możliwości rozbudowanej bazy danych pomiarów przekrojowych dla potoków pojazdów lub dla potoków pasażerskich. Działanie takie sprawdza się w przypadku krótkich horyzontów czasowych (np. kilkuletnich) i w efekcie daje zadowalające wyniki, zastępując kosztowne i czasochłonne badania. W referacie przedstawione zostaną podstawowe zasady i metody kalibracji więźby ruchu wraz z przykładami.

## Wprowadzenie

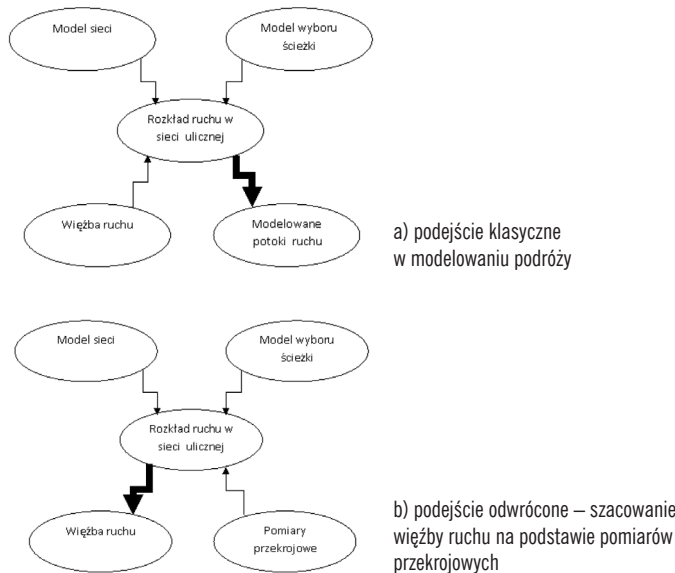
Wiele polskich miast posiada model symulacyjny układu komunikacyjnego, który pozwala odwzorować system transportowy miasta, uwzględniając komunikację zbiorową i komunikację indywidualną. Modele takie budowane są najczęściej jako struktura tradycyjnego ujęcia czterostadiowego, w którym poszczególne etapy kalibrowane są w oparciu o rozbudowaną bazę danych wejściowych (wyniki badań ruchliwości, pomiary przekrojowe, struktura i rozmieszczenie zagospodarowania przestrzennego etc.). Modele symulacyjne pozwalają prowadzić racjonalną politykę transportową i wspomagają proces weryfikacji zamierzeń inwestycyjnych w mieście. Bardzo często dostęp do właściwie skalibrowanego modelu jest wykorzystywany do wspomagania bieżącego zarządzania siecią drogową (np. jako zasadniczy element systemu sterowania obszarowego, estymujący krótkoterminowe prognozy w sieci ulicznej). Budując modele symulacyjne, opieramy się na wynikach badań ruchliwości (np. prowadzonych w ramach Kompleksowych Badań Ruchu), które pozwalają oszacować więźbę ruchu dla każdego ze środków transportu. Jednakże badania ruchliwości są czasochłonne i bardzo kosztowne, co po-

woduje, że prowadzi się je w dość dużych odstępach czasu (kilka, kilkanaście lat). Efektem takich badań jest właśnie model symulacyjny, lecz jego trwałość i zarazem zakres stosowności jest bardzo podatny na wpływ czasu. Od modelu symulacyjnego wymaga się, aby jego jakość była wysoka, a otrzymywane wyniki miarodajne i wiarygodne. Warunki te mogą być spełnione dla sieci prawidłowo skalibrowanych i dopasowanych do aktualnych danych pomiarowych. Sprowadza się to do sytuacji, w której model symulacyjny musi precyzyjnie odwzorowywać układ transportowy miasta (np. w zakresie dozwolonych relacji skrętnych na skrzyżowaniu, ulic jednokierunkowych czy zdefiniowanej przepustowości odcinków) oraz do zgodności wyników rozkładu ruchu z dostępnymi pomiarami przekrojowymi. W tym przypadku koniecznym jest uzyskanie bazy danych pomiarowych w układzie drogowym, który jest ustabilizowany i niezakłócony inwestycjami budowlanymi – taki sam układ komunikacyjny powinien znaleźć odwzorowanie w modelu symulacyjnym. W wielu przypadkach dostępne modele symulacyjne powstały przed kilkoma laty i wymagają aktualizacji. O ile dopracowanie i zmiana modelu sieci nie stanowi większego problemu, to praca z więźbą ruchu jest już bardziej skomplikowana, wymagając nie tylko bazy danych pomiarów przekrojowych, a wiedzy, które elementy więźby ruchu mogą zostać zmienione.

## Założenia estymacji więźby ruchu przy wykorzystaniu pomiarów przekrojowych

Podstawowym elementem wymaganym w procesie kalibracji jest dostęp do historycznej więźby ruchu, zawierającej już informacje o potencjałach ruchotwórczych oraz uwzględniających model grawitacyjny. Proces kalibracji więźby ruchu polega na zmianie potencjałów ruchotwórczych i odpowiadających im wielkości relacji międzyrejonowych. Jest to w pewnym sensie postawienie problemu modelowania w odwrotnym kierunku, tj. próba wyznaczenia kształtu więźby ruchu, bazując na pomiarach przekrojowych i modelu sieci ze zdefiniowaną procedurą rozkładu ruchu. Na rysunkach 1a i 1b przedstawiono istotę zagadnienia [1]:

<sup>1</sup> Dr inż., Politechnika Krakowska, Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, asz-arata@transys.wil.pk.edu.pl



Rys. 1. Związek pomiędzy szacowanymi potokami dla relacji źródło–cel a pomiarami przekrojowymi i procedura rozkładu ruchu [1]

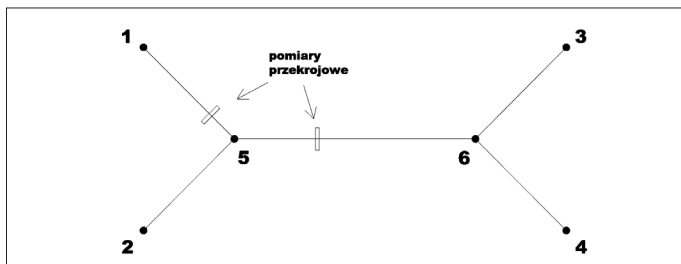
Problem kalibracji więźby ruchu stanowi zagadnienie nie posiadające jednego rozwiązania. Zwykle informacja o przepływach relacji źródło–cel zawarta w pomiarach przekrojowych jest opisana układem równań stochastycznych [1], w których brak jest wystarczających danych do oszacowania wektora popytu  $d$ :

$$\hat{f} = v(d) + \varepsilon \tag{1}$$

gdzie:

- $f$  – wektor pomiarów,
- $v(d)$  – wektor popytu według historycznej więźby ruchu,
- $\varepsilon$  – błąd zawierający błąd pomiarowy oraz błąd rozkładu ruchu.

Nawet jeżeli założymy, że wielkość błędu jest zerowa, liczba niezależnych równań jest znacznie mniejsza od nieznanymi potoków źródło–cel, które muszą być estymowane. Chcąc zilustrować tę cechę, na rysunku 2 przedstawiono przykładową, prostą sieć, dla której założono dwa dostępne punkty pomiarowe:



Rys. 2. Przykład prostej sieci, dla której dwa z odcinków posiadają pomiary przekrojowe [1]

Dla zadanej sieci drogowej przyjęto uproszczoną więźbę ruchu (tabela 1), a następnie dokonano jej rozkładu na poszczególne odcinki.

Tabela 1

Przykładowa więźba ruchu $\hat{d}$ dla relacji między węzłami 1,2,3 i 4				
	1	2	3	4
1	0	0	12	7
2	0	0	3	2
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0

Dla ułatwienia interpretacji przykładu, w dalszej części opisu, przyjęto skrócony zapis więźby, odnoszący się wyłącznie do relacji niezerowych:

$\hat{d}$	3	4
1	12	7
2	3	2

W dalszych analizach uwzględnione zostaną tylko odcinki, dla których dysponujemy wartościami pomiarów przekrojowych, tj.  $\hat{f}^{pomiary}_{1,5} = 15$  oraz  $\hat{f}^{pomiary}_{5,6} = 20$ .

Dla więźby ruchu odnoszącej się tylko do relacji między węzłami 1, 2, 3 i 4, procedura rozkładu dla sieci daje następujące wyniki:  $f^{rozklad}_{1,5} = 19$  oraz  $f^{rozklad}_{5,6} = 24$ . Jak widać, są to wartości różne od wielkości pomiarowych. Dla przyjętych wartości pomiarów przekrojowych można zaproponować wiele rozwiązań pozwalających osiągnąć oczekiwane wyniki rozkładu ruchu. W tabeli 2 przedstawiono 3 wybrane więźby spełniające wymóg zgodności rozkładu z dostępnymi pomiarami ruchu:

Tabela 2

Propozycje więźb ruchu spełniające żądane warunki początkowe								
$\hat{d}_1$	3	4	$\hat{d}_2$	3	4	$\hat{d}_3$	3	4
1	5	10	1	7	8	1	12	3
2	5	0	2	3	2	2	3	2

Podobnych więźb ruchu można wygenerować nieskończenie wiele, ponieważ w naszym przykładzie mamy cztery niezerowe zmienne (tabela 1), a tylko 3 możliwe równania opisujące te zależności – według rysunku 2, odnoszą się one tylko do odcinków 1–5, 5–6 oraz 6–3 (pozostałe odcinki są zależne od wcześniej wymienionych). Pomimo tego problemu z nieskończoną wielkością zbioru możliwych rozwiązań można wybrać te, które będą najbardziej zbliżone do wyjściowej (historycznej) więźby ruchu. Przyjmujemy założenie, że w krótkoterminowych prognozach zmiany w potencjałach nie powinny być znaczące. Założenie takie wyklucza zastosowanie procesu kalibracji więźby ruchu do losowo wygenerowanej więźby, ponieważ uzyskane wyniki, mimo pozornej zgodności z dostępnymi pomiarami, mogą mieć niewiele wspólnego z rzeczywistymi potencjałami rejonów komunikacyjnych. Dlatego ważne jest, aby do procesu kalibracji przyjąć macierz historyczną, uwzględniającą zależności pochodzące z badań ruchliwości. Jest to podyktowane procedurą wyboru właściwej więźby ze zbioru otrzymanych rozwiązań (np. według tabeli 2). Wybór ten dokonywać można poprzez zastosowanie różnych miar rozrzutu, np:

$$b_1 = \sum_{z-c} (d_{z-c} - \hat{d}_{z-c})^2 \quad (2)$$

$$b_2 = \frac{\sum_{z-c} (d_{z-c} - \hat{d}_{z-c})^2}{\hat{d}_{z-c}} \quad (3)$$

$$b_3 = -\sum_{z-c} d_{z-c} \ln \frac{d_{z-c}}{\hat{d}_{z-c}} - d_{z-c} \quad (4)$$

gdzie:

- $b_{1,2,3}$  – miary rozrzutu
- $d_{z-c}$  – wielkość relacji źródło–cel wg historycznej więźby ruchu
- $\hat{d}_{z-c}$  – wielkość relacji źródło–cel dla uaktualnianej więźby ruchu.

W przypadku formuł  $b_1$  i  $b_2$  dążymy do minimalizacji wartości, a dla  $b_3$  najlepsze rozwiązania uzyskujemy dla największej wartości wskaźnika. Stosując podane zależności do naszego przykładu, możemy uzyskać wskazówkę, która więźba ruchu charakteryzuje się wartościami najbardziej zbliżonymi do więźby wyjściowej. W tabeli 3 zestawiono wartości miar dla przykładowych więźb ruchu (według tabeli 2):

Tabela 3

Wartości miar rozrzutu dla każdej z więźb ruchu (zaznaczono najlepsze wyniki)			
	$b_1$	$b_2$	$b_3$
$\hat{d}_1$	66	8,7	-21
$\hat{d}_2$	26	2,2	-17,3
$\hat{d}_3$	16	2,3	-17,4

### Problematyka korekty elementów więźby ruchu

Proces zmiany wartości więźby ruchu polega na korekcie poszczególnych jej elementów w zależności od ich udziału w całkowitym potoku na odcinku z wartością pomiarową [2]. Można to opisać równaniem (5):

$$f_l = \sum_k \delta_{lk} \sum_i p_{ki} d_i \quad (5)$$

gdzie:

- $f_l$  – potok pojazdów (pasażerów) na odcinku  $l$
- $\delta_{lk}$  – wielkość relacji źródło–cel obciążająca odcinek  $l$
- $d_i$  – część relacji źródło–cel przypadająca na ścieżkę  $k$
- $p_{ki}$  – udział ścieżki  $k$  do której należy odcinek  $l$ .

Ponieważ potoki pojazdów (pasażerów) na odcinku są iloczynem relacji źródło–cel oraz udziału poszczególnej ścieżki w procedurze rozkładu ruchu, proces kalibracji odnosi się do zmian tych potencjałów, które wpływają na łączny potok odcinka, dla którego dostępna jest baza pomiarowa. Dopasowanie potencjałów (a w efekcie wartości więźby ruchu) do oczekiwanej zgodności z wartościami pomiarowymi uzyskuje się poprzez porównanie obliczonego natężenia ruchu stanowiącego efekt zastosowanej procedury rozkładu więźby na sieć z pomiarami. W ten sposób uzyskuje się informacje do-

tyczące wielkości współczynnika korygującego potencjał ruchotwórczy (proces kalibracji odnosi się do relacji źródło–cel (ź-c), tzn. relacji obciążających odcinki, dla których są dostępne wyniki pomiarów przekrojowych). Procedura obliczeniowa składa się z następujących etapów:

- generowanie współczynnika korygującego  $k_i$  dla każdej relacji,
- modyfikacja potencjałów dla właściwych par ź-c,
- korekta potencjałów w więźbie ruchu z uwzględnieniem wyznaczonego współczynnika.

Formułę iteracyjną można przedstawić następująco [6]:

$$F_{ij}(n+1) = F_{ij}(n) \cdot q_i(n) \cdot z_j(n) \cdot f(n) \quad (6)$$

gdzie:

$$q_i(n) = \frac{Q_{ip}}{\sum_j (F_{ij} \cdot \frac{Z_{jp}}{Z_j(n)})} \quad (7)$$

$$z_j(n) = \frac{Z_{jp}}{\sum_i (F_{ij} \cdot \frac{Q_{ip}}{Q_i(n)})} \quad (8)$$

$$f(n) = \frac{G_p}{G(n)} \quad (9)$$

$F_{ij}(n)$  – wielkość potoku ruchu z rejonu  $i$  do rejonu  $j$  w iteracji  $n$

$Q_i(n)$  – produkcja rejonu  $i$  w iteracji  $n$

$Z_j(n)$  – atrakcja rejonu  $j$  w iteracji  $n$

$Z_{jp}$  – żądana atrakcja rejonu  $j$

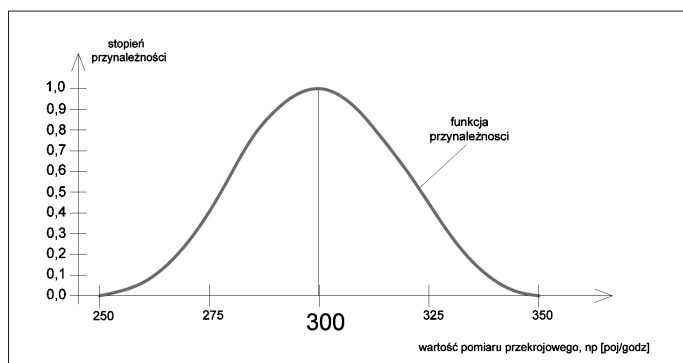
$Q_{ip}$  – żądana produkcja rejonu  $i$

$G$  – żądana suma produkcji i atrakcji dla całej sieci

$G(n)$  – suma produkcji i atrakcji w iteracji  $n$ .

Dużą wadą rozwiązań problemu kalibracji więźby ruchu jest założenie, że wektor danych pomiarowych składa się z wartości stałych, nieobarczonych żadnym poziomem niepewności. Wartości pomiarów odnoszą się bowiem tylko do okresu pomiarowego i nie uwzględniają wahań ruchu spowodowanych czynnikami zewnętrznymi. Przy takim założeniu uzyskujemy więźbę, która jest kalibrowana tylko do jednej, konkretnej chwili odpowiadającej okresowi pomiarowemu. Jednym z rozwiązań tego zagadnienia jest zaproponowane przez Rosinowskiego [4] zastosowanie w procedurze kalibracji wartości rozmytych w miejsce konkretnych danych. Algorytm ten jest wykorzystany w programie symulacyjnym Visum jako moduł o nazwie *TFlowFuzzy*.

Metoda bazuje na teorii zbiorów rozmytych i w miejsce pomiarów wprowadza liczby rozmyte odzwierciedlające fluktuację potoku pojazdów (lub pasażerów) w czasie. Dużą zaletą takiego podejścia jest możliwość zróżnicowania wyników pomiarów w różnych przekrojach poprzez wskazanie możliwości rozrzutu wyników. Wartość pomiarowa jest więc zapisywana w postaci odpowiedniej funkcji przynależności uwzględniającej wahania pomiaru potoków przekrojowych. Na rysunku 3 przedstawiono przykład liczby rozmytej.



Rys. 3. Funkcja przynależności (przykładowa) dla zbioru rozmytego opisującego pomiar przekrojowy

Przewagą zastosowania teorii zbiorów rozmytych nad zwykłymi przedziałami wartości jest uwzględnienie w obliczeniach wartości odpowiadającej największemu stopniowi przynależności, a pozostałe wartości ze zbioru rozmytego są uwzględniane w mniejszym stopniu (odpowiadającym poziomowi przynależności liczby do konkretnego zbioru).

Szukając rozwiązania polegającego na korekcie więzby ruchu, w przypadku ujęcia rozmytego, dąży się do maksymalizacji przyjętej miary rozrzutu (według równania 4), uwzględniając dolne i górne granice zbioru rozmytego [3]:

$$\max(b(d_i), b(\bar{s}_i), b(\underline{s}_i)) \quad (10)$$

gdzie:

$b(d_i)$  – miara rozrzutu określona dla pożądanej wartości pomiarowej (z przypisaną największą wartością funkcji przynależności)

$b(\bar{s}_i)$  – miara rozrzutu określona dla wartości pomiarowej odpowiadającej górnej granicy zbioru rozmytego

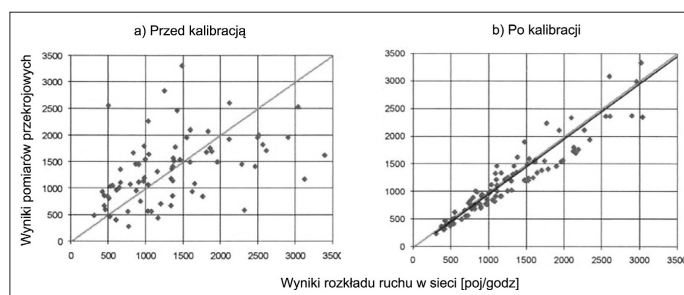
$b(\underline{s}_i)$  – miara rozrzutu określona dla wartości pomiarowej odpowiadającej dolnej granicy zbioru rozmytego.

Ujęcie takie szuka rozwiązań wewnątrz przedziału zbioru rozmytego, preferując te, które znajdują się najbliżej pożądanej wartości pomiarowej.

### Przykład zastosowania procedury kalibracji więzby ruchu

Kalibracja więzby ruchu wymaga dostępu do dużej bazy danych pomiarowych. Pomimo że, jak wykazano w niniejszym referacie, nie jest możliwe znalezienie jednego rozwiązania nawet dla pełnej bazy pomiarowej (pokrywającej wszystkie odcinki sieci drogowej), należy dążyć do możliwie największego zbioru danych. Zbiór ten powinien być podzielony na dwie części: zbiór danych do procesu kalibracji oraz zbiór danych do weryfikacji osiągniętego efektu. Wydaje się, że przyjęcie proporcji odpowiednio 80/20 pozwoli osiągnąć optymalne wyniki obliczeniowe. W ramach niniejszego referatu zostanie przedstawiony przykład kalibracji więzby ruchu dla modelu symulacyjnego Neapolu [2]. Model ten składa się ze 167 rejonów komunikacyjnych oraz z ponad 5 tysięcy odcinków sieci. Został opracowa-

ny w roku 2005, a pomiary przekrojowe przeprowadzono w 2009 roku. Dysponowano relatywnie niewielką bazą danych pomiarowych składającą się ze 102 punktów pomiarowych. Proces kalibracji został przeprowadzony dla 82 punktów. Na rysunku 4 przedstawiono wyniki procesu:



Rys. 4. Porównanie wyników pomiarów z modelem sieciowym Neapolu [2]

Po przeprowadzeniu procesu kalibracji więzby uzyskano zadowalające wyniki, których miarą jest zmniejszenie wielkości rozrzutu (błąd średniokwadratowy, wyznaczony wg równania 2) o ponad 92%. W następnym etapie dokonano weryfikacji procedury, sprawdzając błąd dla pozostałych punktów pomiarowych. Również w tym przypadku udało się zmniejszyć jego wartość, w porównaniu do sytuacji sprzed kalibracji, o ponad 95%.

### Podsumowanie

Kalibracja więzby ruchu na podstawie pomiarów przekrojowych może stanowić bardzo wartościową alternatywę wobec prowadzenia badań ruchliwości dla aktualizacji modeli symulacyjnych. Należy jednak pamiętać, że aktualizacja więzby ruchu w takim przypadku niesie za sobą ryzyko popełnienia błędów związanego z brakiem uwzględniania w procedurze obliczeniowej np. zmian w zagospodarowaniu przestrzennym. Ponieważ znane metody aktualizacyjne faworyzują rozwiązania możliwie najbardziej zbliżone do więzby wyjściowej, nie zaleca się stosować takiego podejścia w przypadkach, kiedy zmiany w strukturze miasta są znaczące w porównaniu do stanu pierwotnego. Drugim ważnym zagadnieniem jest rozpowszechnianie metod aktualizacyjnych i ich automatyzacja poprzez zastosowanie odpowiednich narzędzi symulacyjnych. W takim przypadku procedury kalibracyjne wymagają dosłownie chwili, lecz niekoniecznie prowadzą do właściwych wyników. Można sobie wyobrazić wielokrotne powtarzanie procedury kalibracyjnej, aż do osiągnięcia założonej zgodności. Jednakże takie działanie prowadzi do całkowitej zmiany kształtu więzby ruchu, a w efekcie do zafałszowania rozkładu rzeczywistych podróży w mieście.

Uwzględniając doświadczenia przedstawione w niniejszym artykule, można podjąć próbę zaproponowania algorytmu postępowania w procesie kalibracji więzby ruchu:

- zebranie bazy danych pomiarowych dla punktów rozmieszczonych regularnie w sieci drogowej miasta. Należy zwrócić uwagę na reprezentacyjność próby, tj. odpowiedni udział pomiarów w przekrojach o niewielkim potoku pojazdów (pasażerów) oraz o dużym natężeniu ruchu;

- rozdzielenie bazy danych pomiarowych na dwie części: grupę danych do kalibracji i grupę danych do weryfikacji (np. w proporcji, odpowiednio, 80%/20%);
- ocena stopnia rozrzutu wyników pomiarów w stosunku do wartości modelowanych;
- przeprowadzenie procesu kalibracji i jego ocena (ponownie stopień rozrzutu, współczynnik zgodności, graficzne przedstawienie wyniku regresji liniowej itp.);
- porównanie wyników dla więzby przed i po kalibracji:
  - miary rozrzutu (błąd średniokwadratowy, korelacja itp.),
  - łączne sumy macierzy częściowych (dla ruchu wewnętrznego, docelowego, źródłowego i tranzytowego) oraz ocena realności zmian;
- ocena jakości wykonanych obliczeń dla danych testowych.

Przedstawiony algorytm postępowania pozwoli na kontrolę prowadzonych obliczeń i zminimalizuje ryzyko popełnienia błędu grubego podczas działań aktualizujących historyczne więzby ruchu.

## Z działalności SITK

### LXIX Forum Dyskusyjne w Warszawie na temat komunikacji pt. „Nowa strategia transportowa dla Warszawy”

Forum zorganizowało Biuro Drogownictwa i Komunikacji Urzędu m.st. Warszawy oraz Oddział w Warszawie Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczypospolitej Polskiej. Spotkanie odbyło się 28 października 2010 roku w Warszawskim Domu Technika. Spotkanie prowadził mgr inż. Wojciech Wojtysiak, Prezes Oddziału SITK RP w Warszawie. Uczestniczyło w nim ok. 40 osób.

Strategię przedstawił Mieczysław Reksnis – dyrektor Biura Drogownictwa i Komunikacji Urzędu m.st. Warszawy. Podkreślił na wstępie, jak ogromne znaczenie dla akceptacji strategii miała akcja informacyjna i promocyjna. Projekt strategii był wyłożony do wglądu publicznego, a następnie władze miasta zorganizowały wystawę popularyzującą zawarte tam propozycje. W ramach konsultacji społecznych zgłoszono 205 wniosków obejmujących ponad 700 problemów. Uzyskano pozytywne opinie wielu jednostek, w tym Komisji Ochrony Środowiska.

Strategia jest dokumentem wyznaczającym cele i kierunki rozwoju oraz sposoby ich realizacji. Głównym celem strategii jest usprawnienie i rozwój systemu transportowego Warszawy przy ograniczeniu jego szkodliwego wpływu na środowisko naturalne i warunki życia mieszkańców.

Szczególne znaczenie przypisano wzmocnieniu roli transportu zbiorowego w obsłudze transportowej miasta, przede wszystkim szynowego:

- w komunikacji tramwajowej przewiduje się dokończenie modernizacji podstawowych ciągów oraz budowę tras: do Tarchomina i Wilanowa oraz trasy wzdłuż ul. Krasińskiego (z mostem) do Bródna;
- w komunikacji kolejowej przewiduje się rozszerzenie zasięgu działania SKM, usprawnienia na liniach Kolei Mazowieckich, rozszerzenie zasięgu działania wspólnego biletu ZTM – KM – WKD, a przede wszystkim włączenie kolei do obsługi MDL Okęcie. Obecnie realizowane jest tunelowe połączenie do już wykonanego dworca kolejowego przy Porcie Lotniczym im. Fryderyka Chopina, jako odgałęzienie od linii radomskiej, na południe od p.o. Służewiec;

### Literatura

1. Cascetta E., *Transportation Systems Engineering: Theory and Methods*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2001.
2. Cascetta E., *Traffic assignment: O-D estimation from traffic counts*, Handouts of Course on Advanced Modeling and Simulation of Transportation Networks, Sorrento 2010.
3. PTV AG – *traffic, mobility, logistics*. VISUM – version 11.0. Podręcznik użytkownika, Analizy i planowanie sieci transportowych. Karlsruhe 2009.
4. Rosinowski J., *Entwicklung und Implementierung eines ÖPNV-Matrixkorrekturverfahrens mit Hilfe von Methoden der Theorie unscharfer Mengen (Fuzzy-Sets-Theorie)*, Master thesis, University of Karlsruhe 1994.
5. Szarata A., *Estymacja więzby ruchu metodą mikrosymulacji z wykorzystaniem pomiarów przekrojowych na przykładzie Nowego Sącza*, 52. Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB „Krynica 2006”, Krynica 11–15 września 2006.
6. Zuylen, H.J. van, Willumsen, L.G., *The most likely trip matrix estimated from traffic counts*, Transportation Research Board, 1980, Vol. 14b.

- w komunikacji podziemnej przewiduje się sprawną realizację drugiej linii metra rozpoczętej od odcinka centralnego (Rondo Daszyńskiego–Dworzec Wileński) w kierunku wschodnim do Targówka i zachodnim do Jelonek.

Dla usprawnienia komunikacji autobusowej wprowadzane zostały wydzielone pasy dla pojazdów transportu zbiorowego na poszczególnych ciągach ulicznych: m.in. na Trasie Łazienkowskiej (od ul. Grójeckiej do ul. Kinowej), a wcześniej na Trasie W-Z (od pl. Bankowego do ul. Jagiellońskiej) zastosowano wydzielone pasy tramwajowo-autobusowe.

W układzie drogowym oprócz modernizacji istniejących tras realizowane będą nowe drogi ekspresowe. Dąży się do ukształtowania trzech obwodnic, do których doprowadzany jest ruch zewnętrzny. Budowane są nowe trasy mostowe.

Aktualnie realizowany jest Zintegrowany System Zarządzania Ruchem (ZSZR). Rozszerzane są systemy P&R, System Płatnego Parkowania Niestrzeżonego (SPPN) oraz rozbudowywana sieć dróg rowerowych.

W dyskusji uczestnicy Forum zwrócili uwagę na kilka istotnych problemów, takich jak:

- trudności projektowe i realizacyjne związane z protestami mieszkańców, często pomimo wcześniejszych uzgodnień projektowanych rozwiązań;
- negatywne skutki braku pokrycia znacznych obszarów miasta miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego, utrudniające przygotowanie i realizację liniowych obiektów komunikacyjnych;
- następstw zmian charakteru zagospodarowania obszarów np. przemysłowych (PDPS) na biurowe czy handlowo-usługowe, które w konsekwencji wymagają również zastosowania innej obsługi transportowej takich obszarów;
- „dogęszczanie” zabudowy w konkretnym rejonie miasta powodujące większe niż wcześniej zapotrzebowanie na usługi komunikacyjne.

Niektóre z pytań dotyczyły kolei. Odpowiedzi na te pytania będą możliwe dopiero po zakończeniu studium wykonalności Warszawskiego Węzła Kolejowego (WWK).

Opracował: Adam Kotuszewski