

Ocena efektywności przedsięwzięć transportowych

Wacław Jastrzębski

Artykuł omawia metody oceny efektywności polityk oraz przedsięwzięć transportowych oparte na praktycznych doświadczeniach autora.

Zawiera zalecenia do przeprowadzania takich analiz, wskazuje na ograniczenia wynikające ze stosowanych narzędzi. Wskazuje także na sposoby prezentacji wyników.

Artykuł jest zmodyfikowaną wersją referatu z konferencji "Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego. Nowoczesny transport publiczny w obszarach zurbanizowanych", Poznań - Rosnówka, 15-17.06.2011 r.



mgr inż.
Wacław Jastrzębski,
ScottWilson Sp. z o.o.,
Warszawa

Polityka transportowa to wybór określonego kierunku i metody przekształcenia istniejącego systemu transportowego tak, aby był spójny z przyjętą strategią rozwoju miasta [1]. Pojęcie polityki transportowej zaliczamy do pojęć z dziedziny ekonomii normatywnej – formułuje zalecenia co do świadomego kształtowania rzeczywistości ekonomicznej – w tym przypadku systemu transportowego. Niestety większość dokumentów polityki transportowej nie definiuje wartości, które należy osiągnąć, aby uznać, że cele polityki zostały zrealizowane. Najlepszym przykładem jest powszechnie występujące w dokumentach polityki transportowej pojęcie „transportu zrównoważonego”. Przykładem może być polityka transportowa Warszawy. „Generalnym celem polityki transportowej w Warszawie jest realizacja strategii zrównoważonego rozwoju miasta poprzez stworzenie warunków dla sprawnego i bezpiecznego przemieszczania osób i towarów, przy zapewnieniu priorytetu dla komunikacji zbiorowej.” [2] Generalny cel teoretyczny nie jest przełożony na praktyczne cele do osiągnięcia. Czy udział komunikacji zbiorowej na poziomie 43,2% to jeszcze nie rozwój zrównoważony, a udział 44,2% to już rozwój zrównoważony? Podobnie wygląda sprawa z celami szczegółowymi – brak jest zapisów o miernikach wskazujących, czy dany cel jest zrealizowany, czy nie. Należy też pamiętać, że polityki transportowe zawierają elementy mało istotne z punktu widzenia codziennych przewozów masowych

np. dostosowywanie systemu do potrzeb osób niepełnosprawnych. Jest to oczywiście ważne z punktu widzenia społecznego, natomiast bardzo trudne do zobrazowania w jakichkolwiek modelach służących ocenie systemu transportowego, a udział tych osób w przewozach jest niewielki.

Brak takich mierników powoduje, że wykonawcy różnych projektów muszą sami definiować co i jak będzie mierzone, weryfikowane liczbowo i używane do sprawdzenia w jakim stopniu dane rozwiązanie jest zgodne z polityką transportową. Jest to szczególnie ważne przy porównywaniu różnych projektów.

Ogólne zasady oceny – obszar analiz

Zdaniem autora analizy powinny obejmować jak największy obszar. Nie można się ograniczać tylko do analizy korytarza np. linii tramwajowej. Układ transportowy miasta jest układem złożonym i poprawa warunków ruchu w jednym miejscu powoduje także zmiany w innych korytarzach i przenoszenie ruchu tam gdzie jest lepiej. Inwestycja wpływa też na zmianę podziału zadań przewoźnych. Najlepiej jak analizy obejmują obszar całego miasta a jeszcze lepiej aglomeracji.

Ogólne zasady oceny – kompleksowość

Podstawową zasadą przy rozważaniach i ocenie decyzji wynikających z przyjętej polityki transportowej jest analiza całego systemu transportowego – obejmującego zarówno transport publiczny jak i indywidualny. Należy cały czas pamiętać, że wszystkie podsystemy transportowe wpływają na siebie wzajemnie. Oddanie nowej trasy tramwajowej zmniejszy liczbę użytkowników dróg i poprawi warunki ruchu tym, którzy nadal będą korzystać z samochodów. Oddanie nowej trasy drogowej poprawi prędkość podróżowania wszystkich użytkowników dróg, w tym także pasażerów komunikacji autobusowej. Takie systemowe podejście

pozwala na uwzględnienie wszystkich korzyści w systemie transportowym, co poprawia wyniki CBA dla analizowanych przedsięwzięć. Jednocześnie analiza całego systemu utrudnia „sztuczne” napędzanie ruchu z jednego podsystemu do drugiego. Autor miał okazję zapoznać się z analizami rozbudowy systemu tramwajowego w jednym z miast Polski, gdzie autorzy prognoz używali przeniesienia części podróży z transportu indywidualnego na zbiorowy dzięki temu, że w sposób sztuczny zaniżyli prędkości ruchu pojazdów w centrum aglomeracji. Efektem było zwiększenie liczby podróżujących transportem publicznym, ale dla samochodów średnia odległość podróży wzrosła z ok. 7 do ok. 15 kilometrów – efekt omijania centrum. Analizy CBA objęły tylko ruch transportem publicznym. Straty czasu podróżujących samochodem i zwiększenie liczby pojazdów-kilometrów nie zostały uwzględnione.

W tabeli 1 i 2 zamieszczono przykład raportów wynikowych dla sieci drogowej i sieci transportu publicznego pochodzące z rzeczywistych opracowań [3].

Raport pozwala na oszacowanie kosztów funkcjonowania systemu drogowego. Można uwzględniać różne koszty ruchu i np. różną emisję spalin w zależności od prędkości.

Dla analiz transportu publicznego raport składa się z dwóch części zdefiniowanych jako raport operatora i raport użytkownika. Raport operatora pozwala na oszacowanie kosztów funkcjonowania systemu transportu publicznego. Raport użytkownika pokazuje czas tracony na podróż przez użytkowników. Raport uwzględnia pasażero-kilometry i pasażero-godziny tracone na dojeżdżanie pieszo oraz pasażero-godziny tracone na oczekiwanie i przesiadki.

Na podstawie powyższych raportów można sporządzić raport sumaryczny dla systemu transportowego miasta czy aglomeracji. W tab. 3 przedstawiono taki raport sumaryczny dla aglomeracji poznańskiej. Można w ten sam sposób ocenić różne wa-

Tab.1. Przykład raportu wynikowego do oceny wariantów – ruch drogowy

RAPORT WYNIKOWY - SIEC DROGOWA	
Wskaźnik mobilności w transporcie publicznym	
Transport indywidualny, wariant 0	
0,63	
96969	liczba pojazdów
64.3%	sam. osobowe – udział %
15.4%	sam. dostawcze – udział %
20.3%	sam. ciężarowe – udział %
0.3%	autobusy – udział %
Praca przewożowa w pojazdo-kilometrach w różnych zakresach prędkości	
prędkość	poj km
'0-10	17274
'10-20	214431
'20-40	245084
'40-90	853814
'90 i więcej	802725
'SUMA	2133326
Praca przewożowa w pojazdo- godzinach	
suma	80664

Tab.2. Przykład raportu wynikowego do oceny wariantów - transport publiczny

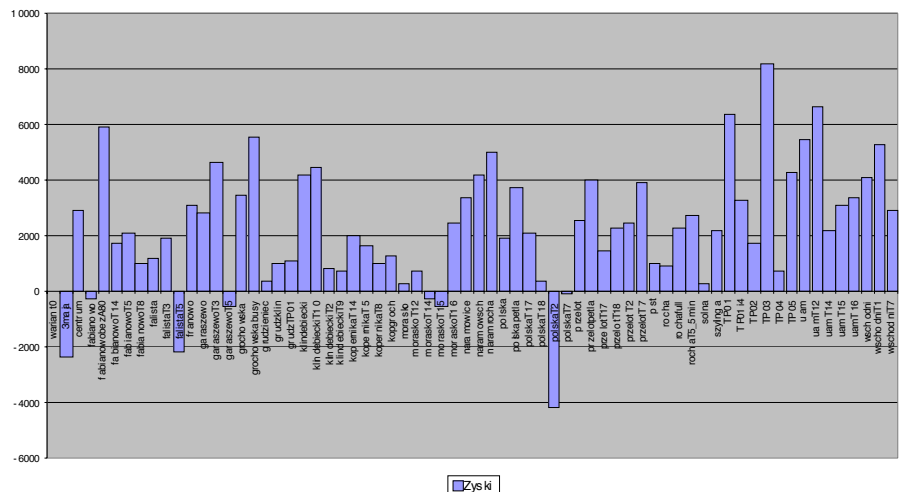
RAPORT WYNIKOWY - SIEC TRANSPORTU PUBLICZNEGO			
wariant nn			
66629 – liczba pasażerów			
RAPORT OPERATORA			
środek transportu	wozo_km.	wozo_godz.	koszty
autobusy MPK	3558	171	21101
autobusy inne	3833	145	22728
tramwaj	2131	104	22337
kolej	378	10	9795
RAPORT UŻYTKOWNIKA			
środek transportu	pas	pas.km.	pas.godz.
autobusy MPK	43659	130531	6120
autobusy inne	38551	257293	9294
tramwaj	45990	132124	6584
kolej	7147	119804	3133
pieszo		67351	16838
tracony			6533

rianty zmian w systemie transportowym lub ich kombinacje i porównać je w jednorodny sposób. Jak pokazują wyniki przedstawione na rysunku 1 NIE KAŻDA ZMIANA PRZYNOSI KORZYŚCI! Przykład obrazuje zmiany przebiegu pojedynczych linii lub tras – stąd ich wpływ na podział zadań przewożowych nie jest zbyt duży. Autor pomija szerszy opis analizowanych opcji i wariantów, ponieważ nie są one związane z głównym przesłaniem artykułu. Istotne jest natomiast pokazanie, że można w miarę sprawnie i szybko porównać kilkadziesiąt drobnych opcji inwestycyjnych i modernizacyjnych.

Oczywiście zakres rozpatrywanych zmian może być szerszy. Można analizować efektywność całych pakietów inwestycji. Zostanie to pokazane dalej.

Korzystając z raportów można sprawdzić, który wariant zapewnia lepsze rezultaty ekonomiczne. Można też sprawdzić, jak inwestycja wpływa na podział zadań przewożowych. Można też sprawdzić, korzystając z raportu operatora, ile nas kosztuje utrzymanie tego lepszego systemu...

Uzyskanie takich raportów nie stanowi problemu w żadnym z powszechnie wykorzystywanych w naszym kraju programów do modelowania ruchu. Raporty można rozbudować, podając np. dla samochodów pracę przewożową realizowanych na różnych typach dróg w różnych przedziałach prędkości.



1. Zestawienie korzyści dla różnych wariantów zmian sieci transportu publicznego

Analizy strategiczne - świadome uproszczenia

Analogiczne porównania można wykonywać dla całych zestawów przedsięwzięć (polityk) transportowych. Analizy takie były np. wykonywane w ramach prac nad Warszawskim Węzłem Transportowym [4] Sprawdzone tam efekty 4 strategii:

- A: 'Do Minimum' – wielkości ruchu roku 2020 z siecią z roku 2000, w tej strategii zamierza się tylko zdefiniować znaczenie ogólnych problemów;
- B: 'Droga jedyną inwestycją';
- C: 'Transport publiczny' (która obejmuje inwestycje drogowe);
- D: 'Strefa płatna' (która obejmuje drogi oraz inwestycje transportu publicznego).

Każda strategia obejmowała cały pakiet przedsięwzięć inwestycyjnych i została oceniona pod względem podziału zadań przewożowych i pracy przewożowej wykonywanej dla poszczególnych środków transportu. Należy zwrócić uwagę, że rozpatrywane opcje uwzględniały zarówno pojawienie się w sieci nowych połączeń (budowa trasy ekspresowej czy II linii metra), poprowadzenie nowych i zmiany częstotliwości kursowania istniejących linii transportu zbiorowego, prace modernizacyjne powodujące np. zwiększenie prędkości kolei na obszarze węzła oraz posunięcia organizacyjne typu wydzielone pasy autobusowe, likwidacja parkowania na wybranych ciągach czy wprowadzenie opłat za wjazd do obszaru śródmiejskiego. Wyniki przed-

Tab.3. Przykład raportu sumarycznego dla systemu transportowego

Raport sumaryczny	wariant 0	wariant i
liczba użytkowników w transporcie zbiorowym (TZ)	66629	66652
liczba użytkowników w transporcie indywidualnym (TI)	135757	135733
SUMA	202386	202385
osobo-godziny		
pasażero-godziny TZ	71502	71056
osobogodziny TI	112930	112945
RAZEM	184432	184001
osobo-kilometry		
pasażero-kilometry TZ	707103	707329
osobo-kilometry TI	1986656	1988216
RAZEM	3693759	3695545

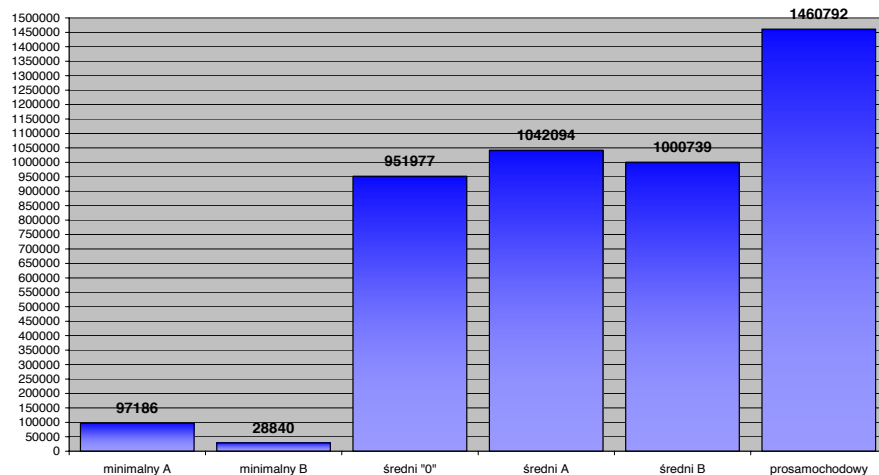
stawiono zarówno w formie tabelarycznej jak i rysunkowej. Posunięcia organizacyjne uwzględniano w sposób uproszczony. Płatne parkowanie w centrum to dodatkowy czas na podłączeniach rejonów w centrum. Likwidacja parkowania powoduje zwiększenie przepustowości wskazanych odcinków. Pasy autobusowe zwiększają prędkość autobusów i powodują zmniejszenie przepustowości dla samochodów.

Podobne wyliczenia wykonano dla Poznania [5]. Tam sprawdzono strategię w ramach kilku pakietów inwestycji obejmujących zarówno transport publiczny jak i sieć drogową. Scenariusze A i B obejmowały różny zakres modernizacji transportu publicznego. Wariant prosmochodowy obejmował skupienie inwestycji na rozwoju układu drogowego miasta.

Dla każdego schematu sieci wyliczono koszty funkcjonowania systemu w godzinie szczytu i przeliczono je na roczne korzyści funkcjonowania systemu. Na rysunku 2 przedstawiono wyniki dla optymistycznego scenariusza rozwoju dla roku 2025.

Wyniki wskazują wyraźnie, że korzyści wynikające z poprawy funkcjonowania systemu transportowego w obszarze analizy są największe dla scenariusza zakładającego znaczący rozwój sieci drogowo ulicznej. Należy pamiętać, że biorąc pod uwagę czas podróży od drzwi do drzwi podróż samochodem będzie w przeważającej liczbie relacji krótsza niż podróż transportem publicznym (z uwzględnieniem czasów dojścia i oczekiwania).

Likwidacja przeciążeń w sieci drogowej powoduje oszczędności w czasach podróży nie tylko dla kierowców ale i dla pasażerów transportu publicznego. W analizie nie uwzględniono takich istotnych elementów oceny jak koszty środowiska czy koszty zajętości terenu.



2. Korzyści ekonomiczne w pracy systemu transportowego – rok 2025 scenariusz optymistyczny

Zgodność z planami rozwoju obszaru

Należy też pamiętać, że dla obszarów zurbanizowanych, gdzie zmiany w zagospodarowaniu przestrzennym są relatywnie dość szybkie, potrzeby transportowe zmieniają się z upływem czasu wraz ze zmianami rozmieszczenia ludności, miejsc pracy czy miejsc nauki. Przygotowując zatem jakiegokolwiek analizy systemu transportowego musimy sprawdzać, czy zmiany w systemie odpowiadają planowanym zmianom w zagospodarowaniu. Niedopuszczalne jest korzystanie dla analiz w okresach prognostycznych z macierzy stanu istniejącego potraktowanych wskaźnikiem wzrostu. Jakiegokolwiek analizy stanów przyszłych powinny się opierać na danych o przyszłym zagospodarowaniu i wyliczeniu popytu w trzystopniowym procesie budowy macierzy popytu. Można też w analizach uwzględnić fakt, że miasto inaczej będzie się rozwijało z daną inwestycją i bez niej. Można oczekiwać, że budowa nowej linii metra czy tramwaju szybkiego spowoduje, że inwestorzy będą bardziej zainteresowani obszarami przyległymi do linii, a bez tej linii inwestycje będą rozrzucone po mieście bardziej równomiernie. Tego typu analizy wymagają szerokiej współpracy inżynierów transportu i urbanistów. Konieczne jest wtedy stworzenie różnych macierzy popytu dla wariantu bazowego i inwestycyjnego. Autor nie miał okazji prowadzić tak rozbudowanych analiz.

Odwzorowanie w obliczeniach modelowych różnych przedsięwzięć „politycznych”

Wydzielone pasy autobusowe

Tu odwzorowanie jest wyjątkowo proste. Na odcinkach, gdzie wprowadzamy wydzielone pasy autobusowe musimy zredukować liczbę pasów ruchu, a co za tym idzie przepustowość. W szczególnych przypadkach można też zmniejszyć prędkość swobodną. W sieci transportu publicznego dla wariantu

bez pasów stosujemy prędkość wynikającą ze średniej prędkości potoku ruchu pojazdów. Wprowadzenie pasów powoduje, że prędkość jest stała i niezależna od prędkości ruchu potoku pojazdów. Porównanie wyników dla scenariusza sieci z i bez wydzielonych pasów pozwala na wyliczenie efektywności. Można też oszacować niższe koszty operatora – do obsługi linii potrzeba mniej autobusów.

Systemy sterowania ruchem

Dla oceny wpływu systemu sterowania ruchem na system transportowy miasta należy odwzorować w modelu wpływ poszczególnych elementów systemu na warunki ruchu pojazdów i pasażerów transportu zbiorowego [6].

Zmiany w sieci transportowej

Podsystem obszarowego sterowania ruchem z priorytetem dla pojazdów transportu publicznego (OSR) można uwzględnić w modelu ruchu poprzez:

- wzrost prędkości swobodnej o np. 10% w funkcjach oporu odcinka na wlotach na skrzyżowania objętych systemem leżących w obszarze Obszarowego Sterowania Ruchem – wprowadzenie sterowania ruchem spowoduje upłynnienie ruchu, redukcję liczby zatrzymań a tym samym wzrost prędkości przejazdu;
- wzrost prędkości swobodnej np. o 10% w funkcjach oporu odcinka na wlotach na skrzyżowania objętych systemem leżących w obszarze sterowania ruchem wzdłuż określonych tras, na których wprowadza się priorytet – wprowadzenie sterowania ruchem spowoduje upłynnienie ruchu, redukcję liczby zatrzymań a tym samym wzrost prędkości przejazdu;
- spadek prędkości swobodnej np. o 20% w funkcjach oporu odcinka na wlotach na skrzyżowania objętych systemem leżących w obszarze sterowania ruchem kolizyjnych z trasami z priorytetem - wprowadzenie sterowania ruchem może



3. Schemat obliczania podróży korzystających z systemu parkingów buforowych

powodować pogorszenie warunków przejazdu na kierunkach nieuprzywilejowanych;

- dostosowanie prędkości komunikacyjnej autobusów i tramwajów na wbudowanych w jezdnię torowiskach do prędkości potoku ruchu na odcinkach – pojazdy transportu zbiorowego poruszające się w kolumnie pojazdów uzależnione są od prędkości innych użytkowników.

Rozkład ruchu na sieć

Dodatkowo, na etapie rozkładu ruchu na sieć dla scenariuszy z systemem sterowania można uwzględnić elementy Systemu Zarządzania Ruchem:

- podsystem dynamicznej informacji przystankowej może być uwzględniony poprzez zmianę kary za przesiadkę np. z 3 minut do 2 minut – wyświetlanie dynamicznej informacji o przyjeździe pojazdu transportu zbiorowego ułatwia przesiadkę, jak również powoduje, że czas oczekiwania dla pasażera jest mniej uciążliwy;
- podsystem nadzoru ruchu może zostać uwzględniony poprzez zmniejszenie czasu oczekiwania na przystanku z 0,5 do 0,45 średniej częstotliwości kursowania linii – wprowadzenie nadzoru ruchu spowoduje większą niezawodność i poprawę punktualności transportu zbiorowego, co tym samym powinno doprowadzić do skrócenia czasu oczekiwania na pojazd.

Inne zmiany

Niektóre podsystemy sterowania ruchem są nie do uwzględnienia w kalkulacjach modelowych. Np. podsystem informacji dla podróżujących oraz podsystem prowadzenia ruchu przy użyciu tablic informacyjnych mają znaczenie informacyjne i odzwierciedlenie ich działania w statycznym modelu ruchu nie było możliwe.

Inne podsystemy dotyczą zdarzeń szczególnych, losowych, które zdarzają się sporadycznie w różnych miejscach. Mogą to być np. podsystem zarządzania zdarzeniami drogowymi czy podsystem priorytetów dla pojazdów uprzywilejowanych. Można je ewentualnie uwzględnić dopiero na etapie analizy ekonomicznej poprzez zmniejszenie liczby ofiar śmiertelnych w wypadkach drogowych.

Parkingi "Parkuj i Jedź" [7]

Analizy podróży ze zmianą środka transportu wymagają narzędzi do rachunku macierzowego. Pozwala on odzwierciedlić zachowania komunikacyjne mieszkańców, w tym także potencjalną skłonność do skorzystania z oferty parkingów Parkuj i Jedź (Park&Ride) oraz Parkuj i Idź (Park&Go). Za pomocą modelu ruchu można uzyskać informacje:

- która z rozpatrywanych lokalizacji parkingów Park&Ride i Park&Go jest optymalna ze względu na kryterium uogólnionego kosztu podróży dla każdego źródła i celu podróży (rejonu komunikacyjnego);

- pojemności parkingów dostosowanej do popytu.

Wybór najkorzystniejszej lokalizacji parkingu Park&Ride lub Park&Go dla poszczególnych relacji z rejonu i do j przez k można wyznaczyć na podstawie formuły:

$$\min (u_{ik}^{KI} + w_k + u_{kj}^{KZ})$$

gdzie:

u_{ik}^{KI} - uogólniony koszt podróży samochodem osobowym z rejonu źródłowego i do rejonu pośredniego k ;

u_{kj}^{KZ} - uogólniony koszt podróży transportem zbiorowym z rejonu pośredniego k do rejonu docelowego j ;

w_k - koszt parkowania i przesiadki w rejonie pośrednim k .

Na uogólniony koszt podróży samochodem składa się czas podróży z rejonu i do j oraz, wyrażony w minutach koszt parkowania w rejonie docelowym j (o ile w rejonie docelowym j występuje płatne parkowanie). Na uogólniony koszt podróży transportem publicznym składa się czas jazdy, czasy dojeżdżenia i odejścia, czasy przesiadki oraz czasy wsiadania i wysiadania. Czasy dojeżdżenia i przesiadki są liczone bez wag. Do czasu podróży jest doliczany, wyrażony w minutach, średni koszt biletu. Koszt parkowania zawiera, wyrażoną w minutach, opłatę z korzystania



4. Zapotrzebowanie na miejsca parkingowe na granicy obszaru śródmiejskiego

wejściowa macierz
ruchu samochodów
ciężkich

z/do	nn	j	CL
nn	0	0	0
i	0	1	0
CL	0	0	0

wyjściowa macierz
ruchu samochodów
ciężkich

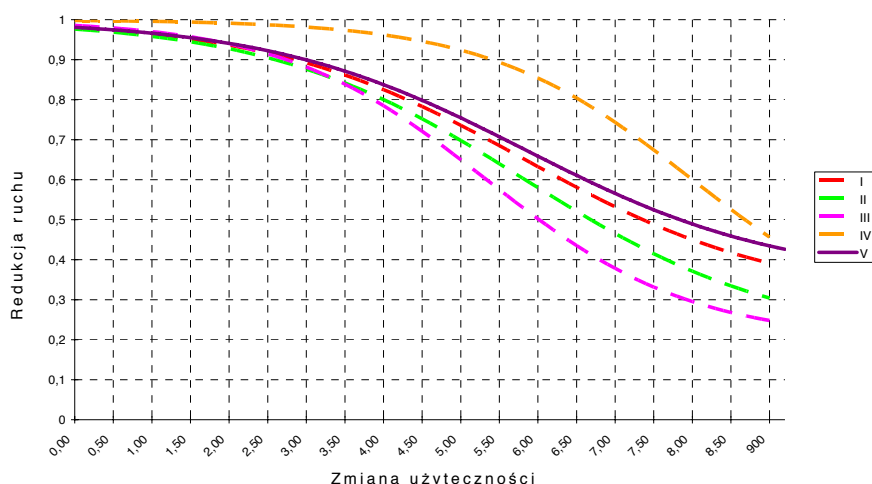
z/do	nn	j	CL
nn	0	0	0
i	0	0	1
CL	0	0	0

wyjściowa macierz
ruchu samochodów
dostawczych

z/do	nn	j	CL
nn	0	0	0
i	0	0	0
CL	0	5	0

5. Schemat modyfikacji macierzy dla Centrum Logistycznego

MODEL REDUKCJI RUCHU



6. Różne modele redukcji macierzy ruchu po wprowadzeniu opłat

z parkingu i czas stracony na przesiadkę. Obliczenia są wykonywane dla rejonów *i* leżących na zewnątrz analizowanego obszaru, rejonów *k* leżących na granicy obszaru (w których mogą być umieszczone parkingi) i rejonów docelowych *j* leżących wewnątrz obszaru. Przeliczenia opłat wyrażonych w złotych na minuty dokonano w oparciu o wartość godziny czasu użytkownika (w tym przypadku posłużono się „Instrukcją obliczania efektywności ekonomicznej inwestycji drogowych i mostowych” – IBDiM, Warszawa 2004).

Przykładowo dla analizy parkingów buforowych dla obszaru Centrum analizowano wszystkie podróże z rejonów oznaczonych kolorem zielonym (także z rejonów zewnętrznych obejmujących aglomerację) do rejonów oznaczonych kolorem pomarańczowym (np. z rejonu 77 do 5 oznaczona kolorem granatowym). Dobierano rejon parkingu spośród rejonów oznaczonych kolorem czerwonym tak, aby koszt podróży z przesiadką był jak najmniejszy. W tym przypadku najlepszy z czerwonych był rejon 15. Oznacza to, że łączny czas podróży z rejonu 77 do 5, na który składa się czas podróży samochodem z 77 do 15, koszt parkowania (składający się z wyrażonej w minutach opłaty za korzystanie z parkingu oraz czasu straconego na przesiadkę) w rejonie 15 oraz czas dotarcia z rejonu 15 do 5 pieszo lub transportem publicznym jest najmniejszy.

O ile zagadnienie wyboru węzła przesiadkowego nie stanowi problemu, o tyle trudne jest określenie liczby użytkowników, którzy będą chcieli skorzystać z podróży Parkuj i Jedź lub Parkuj i Idź. W analizowanym przypadku przyjęto następujące założenia:

- wstępny podział zadań przewozowych dla ruchów pieszych pomiędzy transport indywidualny a zbiorowy wynosi 66% - 44%;
- 60% użytkowników samochodów jest gotowa korzystać z systemu Parkuj i Jedź lub Parkuj i Idź;
- liczba chętnych do korzystania z systemu Parkuj i Jedź lub Parkuj i Idź jest zależna od trzech zmiennych – koszt podróży samochodem, koszt podróży transportem publicznym i koszt podróży związany ze zmianą środka podróży.

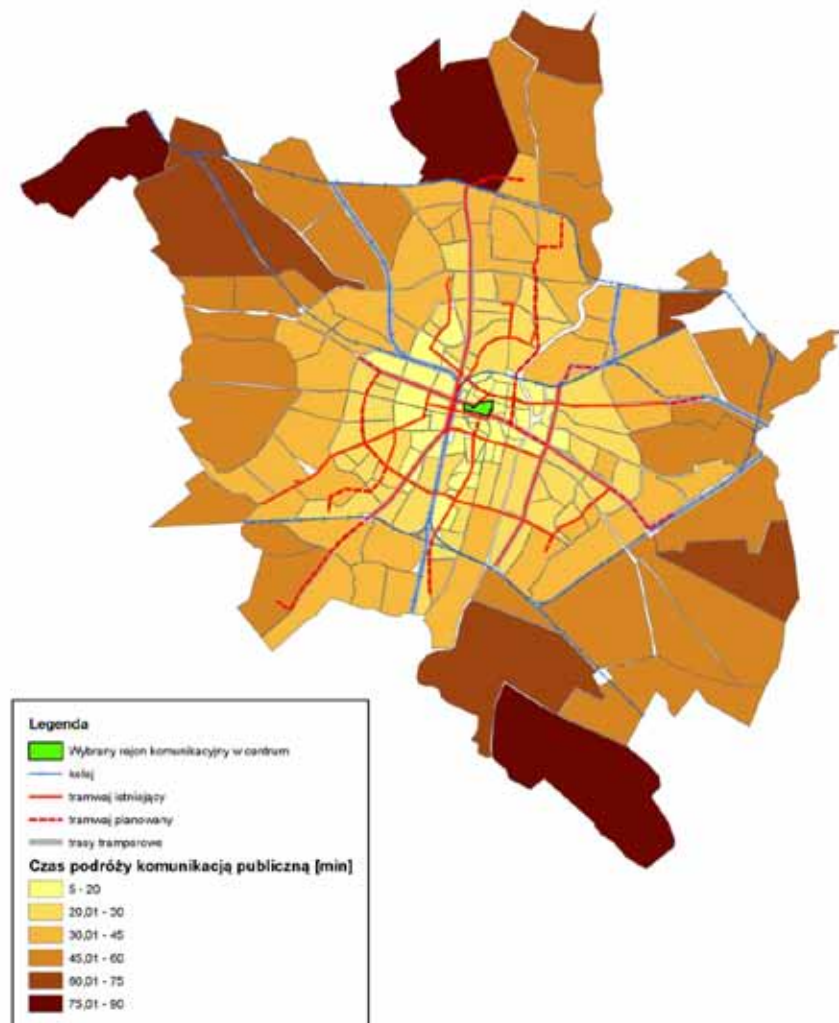
Liczba chętnych jest obliczana w dwóch krokach – w pierwszym kroku zastosowano wskaźnik zmniejszający będący ilorazem kosztu podróży samochodem i transportem zbiorowym (należy przypomnieć, że koszt podróży zawiera, przeliczony na minuty, koszt opłat parkingowych i biletów). Wskaźnik ten uwzględnia zmiany w popycie spowodowane podnoszeniem opłat za parkowanie oraz dotychczasowe doświadczenia użytkowników – dla podróży z *i* do *j* koszt dotychczasowej podróży samochodem był znacznie niższy to skłonność użytkownika do podjęcia prób zmiany swoich zachowań komunikacyjnych jest znacznie mniejsza. W drugim kroku porównywany jest koszt podróży samochodem i koszt podróży z wykorzystaniem parkingów Parkuj i Jedź lub Parkuj i Idź. Im gorsza relacja kosztu tym mniejszy udział chętnych do skorzystania z systemu.

Należy zwrócić uwagę, że model nie przewiduje ograniczeń podaży – nie uwzględnia pojemności poszczególnych parkingów. Celem jego działania jest wskazanie, na które z analizowanych lokalizacji będzie największy popyt i jaka powinna być kolejność realizacji parkingów.

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki przeliczenia dla jednego z wariantów opłat. Kolorem szaroniebieskim pokazano liczbę pojazdów parkujących w poszczególnych rejonach bez uwzględnienia systemu Parkuj i Jedź. Kolorem zielonym liczbę pojazdów parkujących w rejonach z uwzględnieniem parkingów Parkuj i Jedź. Kolorem czerwonym pokazano liczbę potencjalnych chętnych na skorzystanie z parkingu usytuowanego w rejonie na granicy obszaru śródmiejskiego. Wyliczenia takie przeprowadzono dla różnych wysokości opłat za parkowanie w obszarze centralnym i opłat za korzystanie z parkingów Parkuj i Jedź.

Dysponując macierzami podróży transportem zbiorowym i indywidualnym przed i po wprowadzeniu parkingów Parkuj i Jedź można obciążyć sieci i wyliczyć efekty ich zastosowania.

Średni czas podróży komunikacją publiczną z poszczególnych rejonów komunikacyjnych do centrum Poznania - prognoza 2025



7. Przykład analiz dostępności obszaru centralnego

wania. Do obliczeń efektywności parkingów sieć będzie identyczna dla wariantu inwestycyjnego i bezinwestycyjnego (odniesienia). Różne będą macierze używane do obciążeń.

Modelowanie przemieszczenia ładunków i pojazdów ciężarowych - Centra Logistyczne

Do analiz można przyjąć np. następujące założenia:

- centra logistyczne obsługujące aglomerację będą zlokalizowane w określonych rejonach;
- ruch samochodów ciężarowych z granicy opracowania powinien zostać podzielony wg struktury rodzajowej ruchu wynikającej z pomiarów – na przykład: - 50% ruchu ciężkiego to samochody ciężarowe bez przyczep, a 50% to samochody z przyczepami i naczepami („TIR-y”)
- ruch do miasta podzielono w następujący sposób (należy ten podział oprzeć na

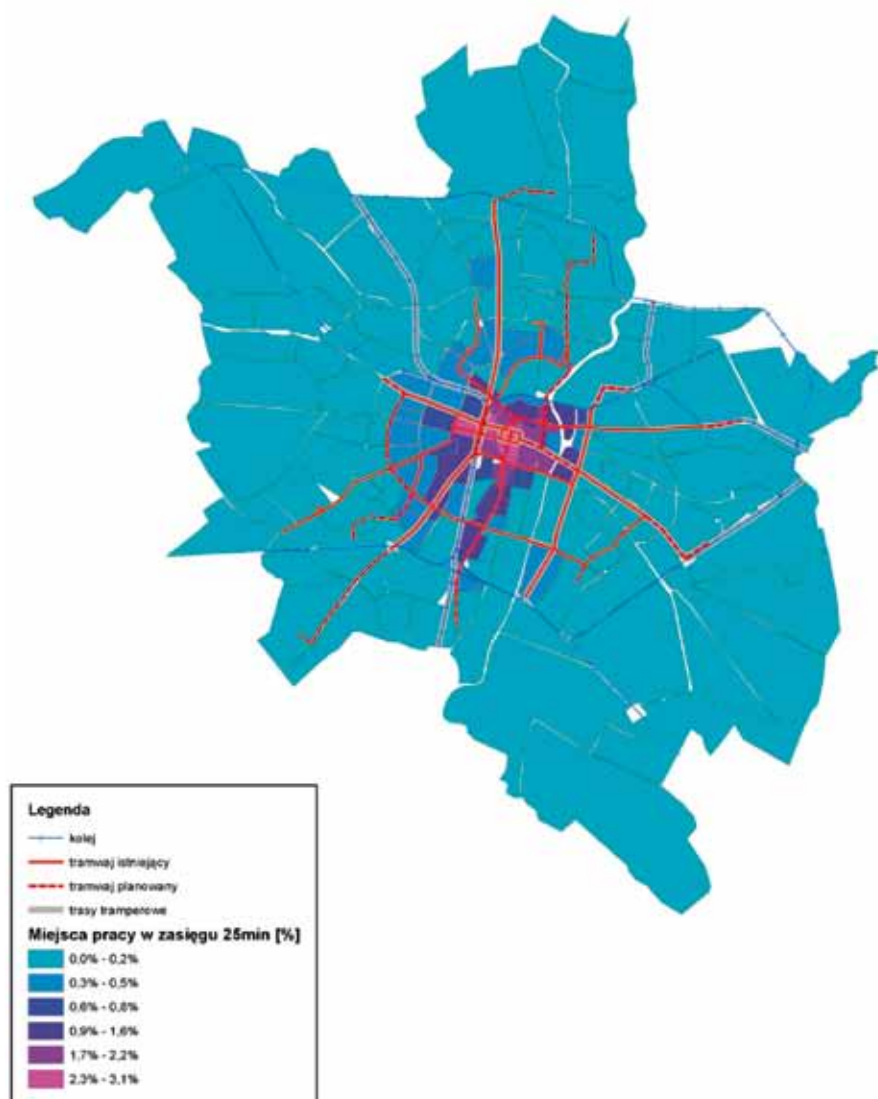
dostępnych badaniach ankietowych):

- 25% ruchu samochodów ciężarowych bez przyczep i 65% ruchu TIR-ów będzie korzystać z Centrum Logistycznego (osiągnięcie tego wskaźnika będzie możliwe poprzez odpowiednie ograniczenia dostępności poszczególnych obszarów miasta dla ruchu ciężkiego zakazami wjazdu pojazdów ciężkich);

- 100% ruchu ciężkiego do obszaru centralnego będzie przechodzić przez Centrum Logistyczne – obszar ten powinien być objęty całkowitym zakazem ruchu ciężkiego (dla pozostałych obszarów udział ten zostanie ustawiony tak, aby całkowite wskaźniki były takie jak w pkt. powyżej).

Należy także założyć wskaźniki zamiany ruchu samochodów ciężkich na mniejsze – na przykład: każdy samochód ciężarowy przybywający do Centrum Logistycznego będzie generował 5 podróży samochodów dostawczych, a każdy TIR 10. Inaczej mówiąc

Miejsca pracy w Poznaniu w zasięgu 25-minutowego dojazdu komunikacją publiczną, w podziale na rejony komunikacyjne - prognoza 2025



8. Procent miejsc pracy osiągniętych w przeciągu 25 minut

jedna podróż z macierzy podróży pojazdów ciężarowych z przyczepą np. z wlotu autostrady do obszaru analizy (rejon i) do centrum miasta (rejon j) zostanie rozbita na dwie macierze – w jednej znajdzie się podróż pojazdu ciężkiego z wlotu do Centrum logistycznego (z i do CL), a w drugiej 5 podróży samochodów dostawczych z Centrum Logistycznego do centrum miasta (z CL do j). Uproszczony schemat przekształceń macierzy ruchu przedstawiono na rysunku 5.

Takie przeliczenie nowych macierzy ruchu można wykonać raz dla każdego okresu prognostycznego i wykorzystać je jako macierze ruchu samochodów ciężarowych i dostawczych. Chcąc przeanalizować korzyści z utworzenia centrum logistycznego porównujemy wyniki obciążeń sieci z wykorzystaniem macierzy ruchu ciężkiego przed i po modyfikacji.

Oplaty za wjazd do centrum miasta [8]

W tym przypadku celem była ocena efektywności ekonomicznej i finansowej wprowadzenia systemu opłat za wjazd do obszaru centralnego miasta. Badano różne poziomy opłat i różne rozwiązania na granicy strefy płatnej (dwa warianty obszaru objętego strefą oraz wariant z wyłączeniami wskazanych tras). Do analiz wykorzystano logistyczny model wrażliwości na opłaty. Model oparto na dostarczonych wynikach badań wrażliwości na opłaty. Sprawdzono model dla różnych kształtów krzywej logitowej i różnych parametrów. Przeanalizowano kilka konfiguracji parametrów modelu i uznano, że wersja V (rys. 6) najlepiej odwzorowuje rzeczywistość. Do oceny modelu badano także czułość na opłaty.

Ostatecznie wykorzystano następujący wzór:

$$F_{ij} = 1 - 0,65 \times \frac{\exp((\text{koszt}C_{ij} / \text{koszt}0_{ij}) \times 0,6 - 3,5)}{1 + \exp((\text{koszt}C_{ij} / \text{koszt}0_{ij}) \times 0,6 - 3,5)}$$

gdzie:

F_{ij} – wskaźnik redukcji dla relacji i j

$\text{koszt}C_{ij}$ – koszt podróży z opłatami na granicy strefy;

$\text{koszt}0_{ij}$ – bazowy koszt podróży.

Wybrany model przedstawia linia ciągła fioletowa na rys. 6.

W wyniku uzyskiwano spadki ruchu do obszaru centralnego miasta o 5 do 9%. W skali miasta ubyło ok. 1% podróży samochodami. W analizach NIE UWZGLĘDNIANO systemu transportu publicznego. Wyniki analiz były podstawą analiz ekonomicznych i finansowych dla władz miasta.

Zgodność wyników z polityką

W politykach transportowych pojawiają się różne postulaty. Może to być np. poprawa dostępności śródmieścia. Zmiany w czasach podróży do śródmieścia można oszacować analizując macierze czasów podróży. Wyniki można przedstawić w formie graficznej (rys. 7) i tabelarycznej (tab.4). Do przedstawienia można wykorzystać podział na rejony komunikacyjne lub, z wykorzystaniem bardziej wyrafinowanych narzędzi GIS, rysować izochrony. Należy zwrócić uwagę, że istotna jest liczba podróżnych korzystających z danej relacji. To, że czas dojazdu z rejonu peryferyjnego jest długi nie ma znaczenia, jeśli liczba podróżnych korzystających z tej relacji jest mała. Jak widać w tabeli 4, w wariantcie inwestycyjnym czasy dojazdu do centrum poprawiły się – więcej osób ma krótszy czas dojazdu.

Często w politykach transportowych pojawia się postulat poprawy dostępności do miejsc pracy, miejsc nauki czy np. usług. Tu jako miernik dostępności można przyjąć procent miejsc pracy czy miejsc nauki czy też np. miejsc w kinach dostępnych z danego rejonu w ciągu np. 25 minut. Przykład przedstawienia takich wyliczeń dla miejsc pracy pokazano na 8. Na rysunku tym pokazano jaki procent miejsc pracy w mieście jest dostępny w zadanym czasie.

Z przedstawionego w Tab. 3 raportu summarycznego można bardzo łatwo oszacować jak rozwój systemu wpływa na podział zadań przewozowych. Podział zadań można wyliczyć dla liczby pasażerów jak i dla pracy przewozowej w pasażero-kilometrach. Można też łatwo sprawdzić, czy średnie czasy podróży mieszczą się w zadanych standardach. Należy pamiętać, że czasy podróży transportem publicznym zawierają czasy oczekiwania i przesiadek oraz czasy dojazdu. Prędkości osiągane przez pasażerów

transportu zbiorowego są znacznie niższe niż przez użytkowników samochodów. Korzystając z narzędzi programów do modelowania ruchu bardzo łatwo jest sporządzać histogramy rozkładu odległości czy czasów podróży - patrz rys. 9. Wyniki mogą być ważne liczbą podróży.

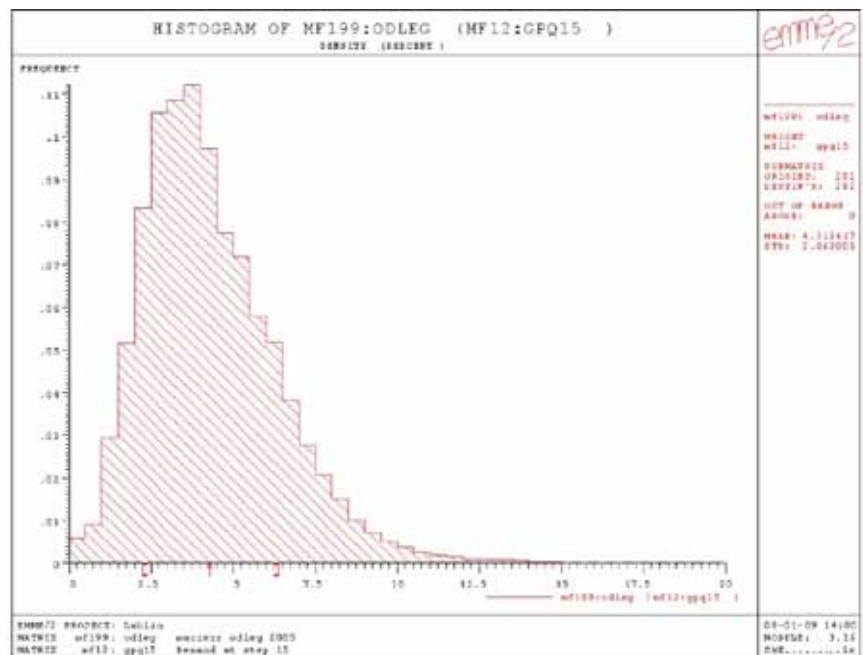
Korzystając z danych o systemie transportowym i narzędzi GIS z danymi o liczbie mieszkańców wg punktów adresowych można bardzo łatwo, stosując buforów wokół przystanków, oszacować liczbę mieszkańców obsługiwanych transportem publicznym. Można też analizować zwiększenie obszarów przyciągania transportu zbiorowego dzięki rozwojowi układu linii tramwajowych i autobusowych na terenie miasta.

Podsumowanie

Z doświadczeń autora wynika też, że przy zmiennym podziale zadań przewozowych nie należy oczekiwać znaczących zmian w podziale zadań przewozowych w skali miasta. Jak pokazują badania ankietowe wykonane przez BPRW przed i po uruchomieniu I linii metra udział transportu zbiorowego w przewozach wzrósł w korytarzu metra, natomiast zmalał w innych relacjach. Mówiąc w uproszczeniu miejsce na drogach zwolnione przez użytkowników podróżujących w korytarzu metra zostało natychmiast wypełnione przez podróżujących w innych relacjach.

Nie należy natomiast oczekiwać, że każda inwestycja transportowa będzie efektywna. Tu najlepszym przykładem może być coś, co autor nazywa casus Włoszczowa. Oszczędności czasu, nawet duże, kilku osób wsiadających na przystanku nie równoważą minutowych strat czasu kilkuset osób już jadących. Tak samo linia tramwajowa poprowadzona tam gdzie jest miejsce, z dala od zabudowy, żeby nie zakłócać spokoju mieszkańcom może nie być efektywna, bo nikt nie będzie z niej korzystał.

Na koniec autor pragnie zauważyć, że przy tego typu opracowaniach na twórcach i operatorach modelu ruchu spoczywa ogromna odpowiedzialność. Na podsta-



9. Rozkład standaryzowanej odległości podróży dla transportu indywidualnego

wie takich analiz podejmowane są decyzje o wydawaniu miliardów złotych i błędy popełnione dziś będą odbijać się przez najbliższe kilkadziesiąt lat. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Transport Miejski- Ekonomia i organizacja. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego. Pod redakcją O. Wyszomirskiego. Gdańsk 2008, str. 264
- [2] Polityka Transportowa dla m.st. Warszawy 1995.11.27
- [3] AKTUALIZACJA ZINTEGROWANEGO PLANU ROZWOJU TRANSPORTU PUBLICZNEGO AGLOMERACJI POZNAŃSKIEJ NA LATA 2004-2013 ETAP II – ANALIZY. Zespół Scott Wilson pod kierunkiem W.Jastrzębskiego na zlecenie UM Poznań. Warszawa 2005.
- [4] Wstępne Studium Wykonalności dla zrównoważonego rozwoju Warszawskiego Węzła Transportowego w połączeniu z Transeuropejskimi Korytarzami I, II i VI (ISPA2000/PL/P/PA/002) Raport
- [5] AKTUALIZACJA ZINTEGROWANEGO PLANU ROZWOJU TRANSPORTU PUBLICZNEGO AGLOMERACJI POZNAŃSKIEJ NA LATA 2004-2013 ETAP II – ANALIZY. Zespół Scott Wilson pod kierunkiem W.Jastrzębskiego na zlecenie UM Poznań. Warszawa 2005.
- [6] Opracowanie Dokumentacji Przedprojektowej dla Budowy Inteligentnego Systemu Transportu we WROCŁAWIU, ZAŁĄCZNIK 2, STUDIUM WYKONALNOŚCI. Zespół Scott Wilson i OpenSky. Warszawa Sierpień 2009 r.
- [7] Analiza potencjalnych możliwości rozwoju systemu parkowania na obszarze miasta Poznania i jego obszaru Centralnego RAPORT. Zespół Scott Wilson pod kierunkiem W.Jastrzębskiego dla UM Poznania. Warszawa Listopad 2005
- [8] Congestion Charging for the Prague City - car traffic; Zespół SW na zlecenie Deloitte dla miasta Pragi; wrzesień 2008

Końcowy. WS Atkins przy udziale BPRW SA. Warszawa 2004.

Polski Komitet Geotechniki, Oddział Dolnośląski Polskiego Komitetu Geotechniki, Instytut Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej

mają zaszczyt zaprosić na:

XVI KRAJOWĄ KONFERENCJĘ MECHANIKI GRUNTÓW i INŻYNIERII GEOTECHNICZNEJ

oraz

V OGÓLNOPOLSKĄ KONFERENCJĘ MŁODYCH GEOTECHNIKÓW



które odbędą się:
4-7 września 2012 we Wrocławiu

Tematem wiodącym konferencji będą:
Problemy geotechniczne budowni wodnych i komunikacyjnych

więcej informacji na:
www.16kkmgiig.pwr.wroc.pl/index.php