



International Management Services Sp. z o.o.
31-104 Kraków, ul. Felicjanek 4/10
tel. (12) 431-00-77, fax. (12) 426-26-80
www.ims.biz.pl e-mail: office@ims.biz.pl

Inwestor:	Gmina Miejska Kraków pl. Wszystkich Świętych 3-4, 31-004 Kraków
Nazwa inwestycji:	Wstępne studium wykonalności połączenia tramwajowego – skrzyżowanie ul. Lipska/Saska – Rondo Dywizjonu 308
Lokalizacja inwestycji:	Odcinek od skrzyżowania ul. Kuklińskiego/Lipska/Saska do Ronda Dywizjonu 308 w Krakowie
Tom:	II – Prognozy ruchu

Kraków, listopad 2015 rok

Zespół autorski



PRACOWNIA PLANOWANIA I PROJEKTOWANIA
SYSTEMÓW TRANSPORTU ALTRANS
ul. Juliusza Lea 114, 30-133 Kraków
Tel/fax.: (012) 637 27 79, (012) 623 93 45

mgr inż. Maciej Górnikiewicz

mgr inż. Arkadiusz Książek

Spis treści:

1	Opis modelu ruchu	4
2	Opis wykonanych prognoz	8
2.1	Założenia	8
2.2	Model sieci	8
2.3	Proponowane linie transportu zbiorowego	9
2.4	Wyniki prognoz	10
	Spis tabel i rysunków	13

1 OPIS MODELU RUCHU

Prognozy ruchu dla wstępnego studium wykonalności połączenia tramwajowego – skrzyżowanie ul. Lipska/Saska – Rondo Dywizjonu 308 zostały przygotowane w oparciu o model ruchu przygotowany przez konsorcjum wykonawców pod przewodnictwem Politechniki Krakowskiej i udostępniony przez Wydział Gospodarki Komunalnej Urzędu Miasta Krakowa. Model popytu w ujęciu aglomeracyjnym powstał na podstawie Kompleksowych Badań Ruchu przeprowadzonych w Krakowie w 2013 roku.

Model ruchu został przygotowany jako klasyczny model czterostadiowy w skład którego wchodzi następujące etapy:

- potencjały ruchotwórcze, czyli liczbę podróży rozpoczynanych i kończonych w poszczególnych rejonach komunikacyjnych w jednostce czasu (doba, godzina),
- rozkład przestrzenny ruchu (więźba ruchu), który obrazuje przepływy osób (lub ładunków) pomiędzy rejonami komunikacyjnymi,
- podział zadań przewozowych, który określa udział poszczególnych środków transportowych w podróżach; rozróżnia się podział pierwotny (na etapie potencjałów ruchotwórczych) oraz podział wtórny (po więźbie ruchu),
- rozkład ruchu na sieć transportową.

Model popytu rozpatruje podróże w podziale na następujące motywacje:

- dom – praca (D-P),
- praca – dom (P-D),
- dom – nauka (D-N),
- nauka – dom (N-D),
- dom – inne (D-I),
- inne – dom (I-D),
- nie związane z domem (NZD).

W odniesieniu do poszczególnych motywacji stworzone zostały modele potencjałów ruchotwórczych, rozkładu przestrzennego ruchu oraz podziału zadań przewozowych.

Obszar miasta jest w modelu podzielony na 363 rejony komunikacyjne. Dodatkowo model uwzględnia w obrębie Krakowskiego Obszaru Metropolitalnego 33 rejony

komunikacyjne odpowiadające poszczególnym gminom oraz 27 rejonów zewnętrznych reprezentujące wloty do obszaru.

Generacja ruchu

Do obliczenia potencjałów ruchotwórczych dla Krakowa przyjęto następujące zmienne objaśniające, odnoszące się do rejonów komunikacyjnych:

- liczba mieszkańców ogółem (LM),
- powierzchnia biurowa (P_BIUR),
- powierzchnia handlowa (P_HANDL),
- powierzchnia mieszkalna (P_MIESZK),
- powierzchnia produkcyjna (P_PROD),
- powierzchnia przemysłowa (P_PRZEM).

W odniesieniu do gmin KOM z kolei przyjęto następujące zmienne objaśniające:

- liczba mieszkańców ogółem (LM),
- liczba mieszkańców w wieku produkcyjnym (LM_PROD),
- miejsca pracy (MP).

Dla użytych zmiennych objaśniających użyto formuł regresji liniowej do wyznaczenia potencjałów ruchotwórczych dla poszczególnych rejonów komunikacyjnych. Jako akceptowany poziom zgodności przyjęto wartość współczynnika $R^2 > 0,7$. Formuły do obliczenia produkcji oraz atrakcji zostały zebrane w poniższych tabelach:

Tabela 1. Formuły do wyznaczenia potencjałów wytwarzających (produkcji) dla rejonów komunikacyjnych na obszarze Krakowa

Motywacja	Formuła	R^2
D-P	$0,376 \cdot LM$	0,93
P-D	$0,019190 \cdot P_BIUR + 0,033667 \cdot P_HANDL + P_MIESZK + 0,020221 + 0,020813 \cdot P_PROD + 0,003039 \cdot P_PRZEM$	0,70
D-N	$0,200 \cdot LM$	0,85
N-D	$0,179351 \cdot P_OSW$	0,82
D-I	$0,355 \cdot LM$	0,86
I-D	$0,089457 \cdot P_HANDL + 0,004474 \cdot P_MIESZK$	0,80
NZD	$0,013013 \cdot P_HANDL + 0,003019 \cdot P_MIESZ$	0,70

Tabela 2. Formuły do wyznaczenia potencjałów absorbującego (atrakcji) dla rejonów komunikacyjnych na obszarze Krakowa

Motywacja	Formuła	R^2
D-P	$0,025027 \cdot P_BIUR + 0,030593 \cdot P_HANDL + P_MIESZK + 0,026905 + 0,026107 \cdot P_PROD + 0,003755 \cdot P_PRZEM$	0,75

P-D	$0,329*LM$	0,92
D-N	$0,182247*P_OSW$	0,80
N-D	$0,200*LM$	0,85
D-I	$0,004043*P_MIESZK+0,064941*P_HANDL$	0,80
I-D	$0,395*LM$	0,88
NZD	$0,002920*P_MIESZK+0,012158*P_HANDL$	0,72

Tabela 3. Formuły do wyznaczenia potencjału wytwarzającego (produkcji) dla gmin KOM

Motywacja	Formuła	R ²
D-P	$0,383*LM_PROD$	0,92
P-D	$0,688*MP$	0,92
D-N	$0,234*LM$	0,90
N-D	$0,177*LM$	0,88
D-I	$0,171*LM$	0,77
I-D	$0,539*MP$	0,89
NZD	$0,669*MP$	0,89

Tabela 4. Formuły do wyznaczenia potencjału absorbującego (atrakcji) dla gmin KOM

Motywacja	Formuła	R ²
D-P	$0,630*MP$	0,93
P-D	$0,350*LM_PROD$	0,90
D-N	$0,188*LM$	0,85
N-D	$0,228*LM$	0,89
D-I	$0,540*MP$	0,77
I-D	$0,180*LM$	0,73
NZD	$0,660*MP$	0,84

Przestrzenny rozkład ruchu

Rozkład przestrzenny ruchu (więźba ruchu) został wykonany z wykorzystaniem modelu grawitacyjnego. Gotowa więźba ruchu ma następujący kształt:

Kraków – Kraków	Kraków – Gminy ościennie	Kraków – Poza obszarem
Gminy ościennie – Kraków	Gminy ościennie – Gminy ościennie	Gminy ościennie – Poza
Poza obszarem – Kraków	Poza obszarem – Gminy ościennie	Poza obszarem – Poza obszarem

Rysunek 1. Struktura więźby ruchu dla obszaru analizy

Funkcje oporu opracowano osobno dla podróży wewnętrznych w stosunku do Krakowa oraz podróży z gmin KOM do Krakowa i z Krakowa do gmina KOM.

Dla podróży wewnętrznych w Krakowie opracowano 4 funkcje oporu przestrzeni dla poszczególnych grup motywacji: d-p-d, d-n-d, d-i-d. nzd. Wartość parametru b jest równa 0, co oznacza przyjęcie funkcji wykładniczej w postaci:

$$f(l_{ij}) = a \cdot e^{c \cdot l_{ij}}$$

gdzie: l_{ij} – odległość między rejonami mierzona po sieci, a , b , c – parametry funkcji oporu.

Tabela 5. Współczynniki funkcji oporu przestrzeni dla podróży wewnętrznych w Krakowie

Grupa motywacji	a	b	c	R ²
D-P-D	0,084	-	-0,133	0,82
D-N-D	0,158	-	-0,308	0,89
D-I-D	0,143	-	-0,300	0,74
NZD	0,096	-	-0,179	0,88

Dla podróży Kraków – gminy KOM – Kraków opracowano 4 funkcje oporu przestrzeni dla poszczególnych grup motywacji: d-p-d, d-n-d, d-i-d, nzd. Parametry funkcji zostały podane w tab. 9.

Tabela 6. Współczynniki funkcji oporu przestrzeni dla podróży z gmin ościennych do Krakowa i z Krakowa do gmin ościennych

Grupa motywacji	a	b	c	R ²
D-P-D	0,00738	1,656	-0,094	0,78
D-N-D	0,00217	2,636	-0,165	0,83
D-I-D	0,00194	2,388	-0,133	0,79
NZD	0,00155	2,658	-0,170	0,95

Podział zadań przewozowych

Dla podziału zadań przewozowych został opracowany model logitowy, określający prawdopodobieństwo wyboru danego środka transportu w podróżach pieszych w zależności od ilorazu czasu podróży między rejonami komunikacyjnymi transportem indywidualnym i transportem zbiorowym.

Funkcja ma postać:

$$u_{ki} = \frac{e^{c \cdot I_{ki/kz}}}{1 + e^{c \cdot I_{ki/kz}}}$$

gdzie $I_{ki/kz}$ – iloraz czasu podróży komunikacją indywidualną i zbiorową, c – parametr modelu.

Tabela 7. Parametry modelu podziału zadań przewozowych

Grupy motywacji	Parametr c	R ²
D-P-D, D-I-D, NZD	-0,537	0,84
D-N-D	-2,984	0,66

2 OPIS WYKONANYCH PROGNOZ

2.1 Założenia

Prognozy dla przedmiotowego zadania zostały przygotowane w trzech horyzontach czasowych:

1. Rok 2020 – rok bazowy,
2. Rok 2025 – rok po oddaniu inwestycji do eksploatacji,
3. Rok 2050 – 25-letni okres eksploatacji linii tramwajowej.

Zmienne prognostyczne do roku 2050 zostały udostępnione wraz z modelem ruchu i zostały użyte do obliczenia generacji ruchu.

Dla roku 2020 przygotowano obliczenia tylko dla wariantu bezinwestycyjnego, natomiast w kolejnych horyzontach czasowych przeprowadzono rozkład również dla każdego z trzech wariantów koncepcji prowadzenia linii tramwajowej według opisu w Tomie I.

2.2 Model sieci

Model sieci stanu istniejącego uzupełniono o odcinki drogowe oraz połączenia tramwajowe, zgodnie z harmonogramem zawartym w Wieloletnim Planie Inwestycyjnym oraz z zapisami Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Krakowa.

W roku 2025 przewiduje się zrealizowanie następujących inwestycji drogowych:

1. Pełnej IV Obwodnicy Krakowa
2. Rozbudowy ul. 29-ego Listopada
3. Rozbudowy ul. Igołomskiej
4. Rozbudowy ul. Kocmyrzowskiej

Oraz dodatkowych połączeń tramwajowych:

1. Do dzielnicy Górka Narodowa
2. Przedłużenie do ul. Księcia Józefa
3. Do węzła Kraków-Rybitwy
4. Do Mistrzejowic
5. Do dzielnicy Azory

W roku 2050 przewiduje się zrealizowanie docelowego układu drogowego z uwzględnieniem poza powyższymi również:

1. Trasy Zwierzynieckiej i Pychowickiej
2. Trasy Łagiewnickiej
3. Trasy Balickiej
4. Trasy Ciepłowniczej
5. Trasy Wolbromskiej
6. Rozbudowy ul. Bunscha

Oraz dodatkowych połączeń tramwajowych:

1. Wzdłuż ul. Stella-Sawickiego
2. Wzdłuż Trasy Łagiewnickiej

2.3 Proponowane linie transportu zbiorowego

W wariantach inwestycyjnych zaproponowano obsługę nowego połączenia tramwajowego dwoma liniami tramwajowymi.

Na nowy odcinek skierowano istniejącą linię nr 9 w relacji Biezanów – Mistrzejowice. Trasa projektowanej linii przebiega tak jak istniejąca z Biezanowa estakadą Wielicka – Lipska, a następnie projektowanym odcinkiem do Alei Pokoju, gdzie wraca na swoją dotychczasową trasę. Po zrealizowaniu inwestycji budowy linii tramwajowej na Mistrzejowice wzdłuż ul. Stella-Sawickiego zostanie skierowana z Alei Pokoju na ten odcinek. Długość trasy z istniejących 19 km zmienia się w zależności od wariantu do 14,2 – 14,7 km. Proponowana częstotliwość w godzinie szczytu to 15 min.

Jako drugą linię na nowym odcinku zaproponowano linię T w relacji Kurdwanów – Wzgórza Krzesławickie. Trasa przebiega z pętli na Kurdwanowie, przez estakadę Wielicka – Lipska, następnie projektowanym odcinkiem do ul. Nowohuckiej, w prawo w Aleję Pokoju, do Placu Centralnego i na Wzgórza Krzesławickie. Długość tej linii to w zależności od wariantu 16,9 – 17,4 km. Proponowana częstotliwość w godzinie szczytu to 10 min.,

Wprowadzenie nowych linii tramwajowych pozwala ograniczyć wykorzystanie linii autobusowych. Zaproponowano likwidację dublującej się z tramwajem linii 174 relacji Kurdwanów – Kombinat oraz skrócenie linii 178 relacji Borek Fałęcki – Mistrzejowice do

odcinka Borek Fałęcki – Mały Płaszów. Trasa linii 178 skraca się z obecnych 30 km do 20,2 km.

2.4 Wyniki prognoz

Rozkład potoków pasażerskich oraz potoków ruchu kołowego w transporcie indywidualnym został przedstawiony na rysunkach w załączniku. Wyniki prognoz obejmują rozkład dla godzin szczytu porannego oraz popołudniowego w poszczególnych horyzontach czasowych dla każdego z wariantów prowadzenia linii tramwajowej oraz wariantu bezinwestycyjnego.

Szczegółowej analizie poddano wyniki prognoz dla godziny szczytu porannego, gdyż zgodnie z wynikami Kompleksowych Badań Ruchu z 2013 roku stanowi on 14,5% ruchu dobowego, czyli znacznie więcej niż szczyt popołudniowy. Stąd też ruch w szczycie porannym został użyty do obliczeń parametrów pracy przewozowej oraz do dalszych analiz efektywności inwestycji.

Potoki ruchu pasażerskiego osób korzystających z nowego połączenia tramwajowego, zestawione w poniższej tabeli, są zbliżone we wszystkich wariantach. Największy potok obserwuje się w wariantie drugim, gdzie wynosi on 3230 pasażerów w kierunku północnym oraz 2210 w kierunku południowym. Wiąże się to z krótszym przebiegiem tego wariantu i większym skróceniem czasu podróży niż w pozostałych dwóch przebiegach linii tramwajowej. Najmniejsze potoki występują w wariantie pierwszym ze względu na znaczne wydłużenie czasu przejazdu oraz prowadzenie z dala od zabudowań. Wariant trzeci charakteryzuje się znacznymi potokami pasażerskimi w nowym tramwaju zwłaszcza na południowym odcinku trasy, ze względu na prowadzenie w pobliżu gęstej zabudowy i możliwości obsługi dużego potencjału ruchotwórczego. Powoduje to również zmniejszenie potoków pasażerskich w autobusach w stosunku do sytuacji bezinwestycyjnej, które jest większe w wariantie trzecim niż w pozostałych wariantach.

Tabela 8 Potoki ruchu na linii tramwajowej

Wariant rozwoju	Horyzont czasowy	Odcinek	Potok pasażerski w przekroju
			[pas]
W0	2050	estakada Wielicka - Lipska	7 390
		odcinek Lipska-Nowohucka	-
		odcinek Ciepłownicza - Al. Pokoju	-
W1	2050	estakada Wielicka - Lipska	9 690
		odcinek Lipska-Nowohucka	5 300
		odcinek Ciepłownicza - Al. Pokoju	5 260
W2	2050	estakada Wielicka - Lipska	9 830
		odcinek Lipska-Nowohucka	5 450
		odcinek Ciepłownicza - Al. Pokoju	5 460
W3	2050	estakada Wielicka - Lipska	9 750
		odcinek Lipska-Nowohucka	5 350
		odcinek Ciepłownicza - Al. Pokoju	5 390

Wszystkie warianty powodują zmniejszenie potoków ruchu pojazdów indywidualnych w okolicy inwestycji oraz istotne zmniejszenie potoków pasażerskich w autobusach. Dla ruchu pojazdów największe znaczenie ma uwzględnienie Trasy Ciepłowniczej, która obecna jest w każdym z wariantów, natomiast pomiędzy wariantami inwestycyjnymi różnice są niewielkie, a najmniejsze efekty widoczne są w wariantcie trzecim. Największe zmiany w potokach pasażerskich w autobusach obserwowane są w wariantcie trzecim o najlepszej obsłudze zabudowy linią tramwajową. Przeniesienie pasażerów z autobusów do tramwajów jest jednak również zbliżone we wszystkich wariantach.

W poniższych tabelach zebrano wyniki prognoz ruchu na całej sieci transportowej Krakowa.

Tabela 9. Porównanie wyników prognoz na sieci w poszczególnych wariantach

wariant	rok	system	poj.km	poj.godz	poj	pas.km	pas.godz	przejazdy	suma pas
W0	2020	PrT	1 684 866	42 889	108 885				
	2020	PuT				1 863 705	84 068	225 086	130 178
	2025	PrT	1 713 846	44 589	112 110				
	2025	PuT				1 878 578	85 132	229 038	132 641
	2050	PrT	1 843 136	53 831	125 506				
	2050	PuT				2 147 119	101 232	274 096	158 527
W1	2025	PrT	1 709 832	44 296	111 828				
	2025	PuT				1 881 405	85 471	230 480	132 923
	2050	PrT	1 819 790	52 336	123 869				
	2050	PuT				2 162 132	101 974	278 151	160 088
W2	2025	PrT	1 709 603	44 282	111 833				
	2025	PuT				1 881 211	85 457	230 710	132 919
	2050	PrT	1 819 463	52 314	123 883				
	2050	PuT				2 161 643	101 926	278 505	160 079
W3	2025	PrT	1 710 662	44 357	111 895				
	2025	PuT				1 880 772	85 281	230 544	132 856
	2050	PrT	1 844 663	53 956	125 410				
	2050	PuT				2 138 805	100 601	275 508	158 631

Tabela 10. Porównanie wskaźników na sieci w poszczególnych wariantach

wariant	rok	system	śr. prędkości podr. km/h	śr. czas podr., min	śr. dł. podróży, km
W0	2020	PrT	39,28	28,36	18,57
	2020	PuT	22,17	38,75	14,32
	2025	PrT	38,44	28,64	18,34
	2025	PuT	22,07	38,51	14,16
	2050	PrT	34,24	30,88	17,62
	2050	PuT	21,21	38,31	13,54
W1	2025	PrT	38,60	28,52	18,35
	2025	PuT	22,01	38,58	14,15
	2050	PrT	34,77	30,42	17,63
	2050	PuT	21,20	38,22	13,51
W2	2025	PrT	38,61	28,51	18,34
	2025	PuT	22,01	38,58	14,15
	2050	PrT	34,78	30,40	17,62
	2050	PuT	21,21	38,20	13,50
W3	2025	PrT	38,57	28,54	18,35
	2025	PuT	22,05	38,51	14,16
	2050	PrT	34,19	30,98	17,65
	2050	PuT	21,26	38,05	13,48

SPIS TABEL I RYSUNKÓW

Spis tabel

Tabela 1. Formuły do wyznaczenia potencjałów wytwarzających (produkcji) dla rejonów komunikacyjnych na obszarze Krakowa	5
Tabela 2. Formuły do wyznaczenia potencjałów absorbującego (atrakcji) dla rejonów komunikacyjnych na obszarze Krakowa	5
Tabela 3. Formuły do wyznaczenia potencjału wytwarzającego (produkcji) dla gmin KOM ..	6
Tabela 4. Formuły do wyznaczenia potencjału absorbującego (atrakcji) dla gmin KOM	6
Tabela 5. Współczynniki funkcji oporu przestrzeni dla podróży wewnętrznych w Krakowie..	7
Tabela 6. Współczynniki funkcji oporu przestrzeni dla podróży z gmin ościennych do Krakowa i z Krakowa do gmin ościennych.....	7
Tabela 7. Parametry modelu podziału zadań przewozowych	7
Tabela 8 Potoki ruchu na linii tramwajowej	11
Tabela 9. Porównanie wyników prognoz na sieci w poszczególnych wariantach.....	12
Tabela 10. Porównanie wskaźników na sieci w poszczególnych wariantach.....	12

Spis rysunków

Rysunek 1. Struktura więźby ruchu dla obszaru analizy	6
---	---