

Analiza symulacyjna etapowej realizacji zachodnich odcinków III obwodnicy Krakowa i ich oddziaływania na układ transportowy

Simulation analysis of the western 3rd ring road project in Krakow and its forecast impact upon the urban transport network performance



Arkadiusz Drabicki

Mgr inż.

Katedra Systemów
Transportowych, Politechnika
Krakowska

adrabicki@pk.edu.pl



Andrzej Szarata

Dr hab. inż., prof. PK

Katedra Systemów
Transportowych, Politechnika
Krakowska

aszarata@pk.edu.pl



Rafał Kucharski

Dr inż.

Katedra Systemów
Transportowych, Politechnika
Krakowska

rkucharski@pk.edu.pl

Streszczenie: W niniejszym artykule przedstawiono wyniki analiz symulacyjnych dotyczących realizacji zachodnich części III obwodnicy drogowej Krakowa – tj. odcinków: Trasy Łągiewnickiej, Trasy Pychowickiej oraz Trasy Zwierzynieckiej. Prace analityczne przeprowadzono z wykorzystaniem modelu makrosymulacyjnego, opisującego system transportowy Krakowa oraz aglomeracji ościennej. W symulacjach ukazano zmiany pojawiające się w przepływie potoków ruchu drogowego oraz skutki dla funkcjonowania układu transportowego miasta w miarę realizacji kolejnych etapów zachodniej części III obwodnicy. Wyniki prac potwierdzają, że analizowane projekty drogowe będą miały widoczny wpływ na zmiany warunków podróżowania, jednakże w pierwszych etapach inwestycji efekt będzie ograniczony tylko do południowej części Krakowa. Ukończenie całego zachodniego ciągu III obwodnicy jest kluczowe dla powodzenia przedsięwzięcia i tylko wówczas przyniesie ono znaczące korzyści w wielu relacjach podróży w skali całego miasta. Prognozy ruchu potwierdzają zatem, że III obwodnica stanie się w przyszłości podstawową osią komunikacyjną w zachodniej części miasta i umożliwi znacznie lepsze powiązanie północnych i południowych dzielnic Krakowa. Oprócz prognozowanych korzyści należy jednak zwrócić również uwagę na potencjalnie negatywne efekty: po ukończeniu budowy III obwodnicy celowym jest dalsze dążenie do ograniczenia pojemności układu drogowego w śródmieściu Krakowa. Umożliwi to osiągnięcie oczekiwań związanych z analizowanym projektem drogowym – tj. pozytywny wpływ na dostępność szerszego obszaru miasta, poprawę warunków podróżowania w układzie drogowo-ulicznym Krakowa oraz skuteczną redukcję uciążliwości ruchu samochodowego w obszarze śródmieścia.

Słowa kluczowe: III obwodnica Krakowa; Analiza symulacyjna; Model transportowy

Abstract: The paper presents results from simulation analysis of the western 3rd ring road project in the city of Krakow (i.e. Trasa Łągiewnicka, Trasa Pychowicka and Trasa Zwierzyniecka), performed in the macroscopic model of transport system in the Krakow metropolitan area. Simulation works reveal shifts in traffic flows and changes in urban transport network performance which would likely take place after the stage-wise construction of consecutive 3rd ring road western sections. Results indicate that the analysed road schemes would indeed have a relevant impact upon travel conditions, though in initial stages these would be rather limited and confined to the southern part of the city. Therefore, completion of the whole western section of the 3rd ring road is crucial to its overall effectiveness and would only then bring substantial benefits on a city-wide scale. Simulation works seem to confirm that the future 3rd ring road would become an essential and highly-utilised link in the urban road network and would provide a much more efficient connection between the northern and southern parts of the Krakow city. However, apart from the projected benefits, it is also important to underline potential negative implications – and consequently, further changes in city transport system should envisage reduction of the road network capacity within the inner-city area. This would then provide the best possible chance of fostering the improvements achieved with the 3rd ring road scheme: i.e., positive changes in accessibility and travelling conditions across the whole city and long-term, sustainable traffic congestion relief in the inner-city Krakow area.

Keywords: Krakow 3rd ring road; Simulation analysis; Transportation model

W ostatnich latach w wielu miastach Polski można obserwować wzmożone działania inwestycyjne, mające na celu rozbudowę sieci drogowej oraz usprawnienie jakości podróży wykonywanych transportem samochodowym. W dyskusji nad rozwojem transportu w miastach kluczowe jest jednakże określenie, jakie przedsięwzięcia inwestycyjne są zasadne i które z nich wpisują się w strategię kształtowania układu transportowego w sposób zrównoważony. Z jednej strony bowiem pożądanym jest realizacja dróg, które znacząco wpłyną na poprawę dostępności transportowej

i możliwości przewozowej układu drogowego oraz wyprowadzanie ruchu drogowego z obszarów wrażliwych - a z drugiej strony unikanie przedsięwzięć, których korzyści (np. skrócenie czasów podróży) będą znikome i których efektem może być niepożądany wzrost kongestii oraz uciążliwości ruchu drogowego. Zgodny z tymi postulatami wydaje się być m. in. promienisto-obwodowy model rozwoju układu drogowego miasta, w którym zasadniczy ciężar obsługi ruchu drogowego jest realizowany przez układ dróg radialnych (wyłotowych) i obwodowych na peryferiach

miasta, natomiast w miarę zbliżania się do obszaru centralnego miasta ograniczana jest pojemność układu drogowego na rzecz środków transportu zbiorowego oraz tzw. aktywnych form podróżowania (pieszo, rowerem itd.). W tym aspekcie istotnym jest wykorzystanie narzędzi analitycznych, które pozwalają na prognozowanie skutków rozważanych projektów drogowych oraz stanowią ważny instrument w podejmowaniu decyzji o kierunkach rozwoju sieci drogowej miasta – np. modeli symulacyjnych dla miejskich systemów transportowych.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki analiz przeprowadzonych z wykorzystaniem narzędzi makrosymulacyjnych, których celem było określenie potencjalnych skutków realizacji kolejnych etapów tzw. III obwodnicy Krakowa. Przedmiotem analiz są tutaj zachodnie odcinki III obwodnicy, czyli: Trasa Łągiewnicka, Trasa Pychowicka i Trasa Zwierzyniecka – tj. projekty drogowe, które w bardzo wyraźny sposób wpłyną na funkcjonowanie układu transportowego w całym mieście. Na podstawie przeprowadzonych prac możliwa będzie ocena potencjalnych skutków wynikających z budowy kolejnych odcinków III obwodnicy Krakowa – w tym możliwości uzyskania pożądaných korzyści pod kątem poprawy jakości podróżowania w mieście oraz zmniejszenia ruchu drogowego w obszarze wewnątrz III obwodnicy - a także wskazanie kierunków dalszych działań w zakresie rozwoju układu transportowego miasta.

III obwodnica Krakowa w strategii kształtowania układu drogowego miasta

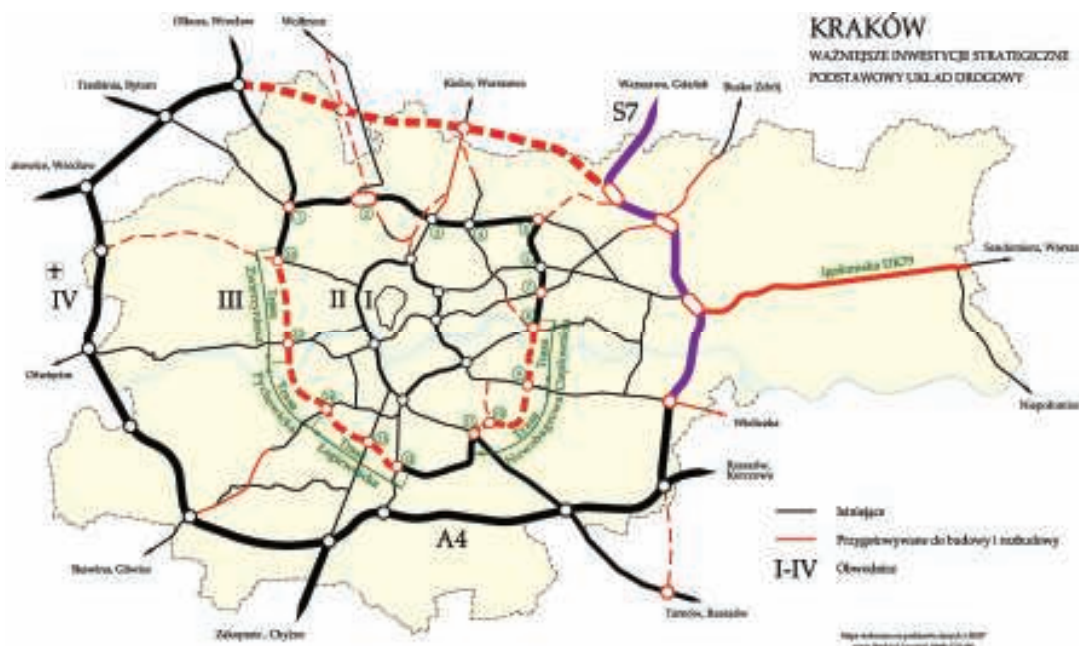
Strategia rozwoju układu transportowego Krakowa jest konsekwentnie kształtowana w oparciu o docelowy model układu drogowego, tworzonego przez 4 obwodnice drogowe uzupełnione drogami radialnymi (wylotowymi) [5]. Każda z tych obwodnic będzie docelowo pełniła określoną funkcję w zależno-

ści od położenia w mieście, a zgodnie z powyżej opisanym paradygmatem – znaczenie dla ruchu drogowego będzie maleć wraz z przesuwaniem się w kierunku centralnego obszaru miasta:

- I obwodnica – najbardziej wewnętrzna obwodnica, jest to ciąg ulic lokalnych otaczających ścisły obszar Starego Miasta (obwodnica Plant), o wyraźnie ograniczonym dostępie dla ruchu indywidualnego i uprzywilejowaniu transportu zbiorowego oraz rowerowego,
- II obwodnica – ciąg ulic zbiorczych i głównych stanowiących granicę obszaru śródmiejskiego Krakowa (m. in. jest to ciąg Alei Trzech Wieszczów); znaczenie II obwodnicy ma maleć w miarę realizacji kolejnych odcinków III obwodnicy i zostać ograniczone głównie dla ruchu lokalnego, a także zwiększona ma być preferencja dla obsługi transportu zbiorowego,
- III obwodnica – ciąg ulic klasy głównej ruchu przyspieszonego, która docelowo ma stanowić podstawową oś komunikacyjną w podróży międzydzielnicowych w Krakowie, a także powiązanie pomiędzy zewnętrznym i wewnętrznym układem transportowym (m. in. jest to ciąg Trasy Zwierzynieckiej, Pychowickiej i Łągiewnickiej),
- IV obwodnica – położona najbardziej na zewnątrz obwodnica Krakowa, tworzona przez pierścień dróg szybkiego ruchu (autostrady

A4 oraz dróg ekspresowych S7 i S52) otaczających Kraków; droga ta ma pełnić istotną funkcję przede wszystkim dla obsługi ruchu zewnętrznego i tranzytowego oraz ruchu pojazdów o ograniczonym dostępie do centrum miasta (np. transport ciężarowy).

Według powyższych założeń III obwodnica Krakowa będzie stanowić podstawową ramę komunikacyjną dla ruchu samochodowego na obszarze miasta. W miarę budowy i rozbudowy kolejnych jej odcinków III obwodnica ma przejmować ciężar ruchu drogowego pomiędzy największymi dzielnicami miasta, umożliwiając realizację wielu podróży miejskich z pominięciem obszaru śródmieścia. W ten sposób możliwe będzie odciążenie układu drogowego wewnątrz III obwodnicy od podróży międzydzielnicowych i zewnętrznych – w tym wielu podróży, których źródło i cel nie są związane ze śródmieściem Krakowa, a które wobec braku alternatywnych połączeń muszą obecnie prowadzić przez ten obszar. Dotyczy to zwłaszcza podróży realizowanych w zachodniej części Krakowa, gdzie II obwodnica (Aleje Trzech Wieszczów) stanowi tak naprawdę jedyne powiązanie drogowe pomiędzy znaczącymi generatorami ruchu na północy (Krowodrza, Łobzów, Bronowice) i na południu (Ruczaj, Dębniki, Kurdwanów). Kolejna przeprawa drogowa w osi północ-południe, tj. IV obwodnica (autostrada A4) zlokalizowana jest dopiero na granicy



1. Docelowa koncepcja kształtowania układu drogowego Krakowa – 4 obwodnice drogowe uzupełnione połączeniami drogowymi radialnymi (źródło: [1])

miasta, co oznacza brak alternatywnej trasy przejazdu na odcinku ok. 9 kilometrów. Wskutek tego korytarz Alei Trzech Wieszców stanowi obecnie ciąg drogowy o bardzo wysokim obciążeniu ruchem lokalnym i dalekobieżnym, a jego przepustowość notorycznie ulega wyczerpaniu w okresach szczytowego ruchu. Co więcej, w wyniku jego lokalizacji (gęsta zabudowa śródmiejska) skutkuje to także znaczącymi uciążliwościami związanymi z emisją hałasu i zanieczyszczeń.

Inwestycją drogową, którą ma pozwolić na usprawnienie warunków ruchu w skali całego miasta, jest postulowana od lat realizacja zachodniej części III obwodnicy Krakowa – składająca się z 3 odcinków [1]:

- Trasa Łagiewnicka – południowy odcinek o długości ok. 3,7 km, o przebiegu w relacji: Witosa – Zakopiańska – Grota-Roweckiego – (Trasa Pychowicka); elementem Trasy będą 4 tunele drogowe na łącznej długości ok. 2,0 km, a na odcinku Witosa – Zakopiańska przewiduje się także budowę równoległej linii tramwajowej,
- Trasa Pychowicka – południowo-zachodni odcinek o długości ok. 2,0 km, o przebiegu w relacji: Grota-Roweckiego – Tyniecka – Księcia Józefa – (Trasa Zwierzyniecka); elementem Trasy będzie budowa nowego mostu na Wiśle (Most Pychowicki) o długości ok. 0,5 km,
- Trasa Zwierzyniecka – zachodni odcinek o długości ok. 4,2 km, o przebiegu w relacji: Księcia Józefa – Armii Krajowej; jest to najtrudniejszy i najbardziej kosztowny w realizacji fragment III obwodnicy, którego elementem będzie tunel pod Wzgórzem Św. Bronisławy o długości ok. 2,5 km oraz głębokości w najniższym punkcie sięgającej prawie ok. 100 metrów.

Powyższe odcinki III obwodnicy będą realizowane w standardzie drogi klasy GP o podwyższonych parametrach technicznych, mających na celu zapewnienie wysokiej płynności ruchu: przekrój 2x3 (pomiędzy węzłami) oraz 2x2 (w obrębie węzłów), dostosowanie III obwodnicy do prędkości 70-80 km/h, ograniczona dostępność i powiązanie z istniejącym układem drogowym po-

przez węzły dwupoziomowe.

Ukończenie powyższych odcinków III obwodnicy ma pozwolić na znaczące usprawnienie jakości podróżowania w zachodniej części Krakowa oraz redukcję natężenia ruchu drogowego na alternatywnych połączeniach drogowych – w tym zwłaszcza II obwodnicy. Realizacja projektu ma przebiegać etapowo: 18 lipca 2018 r. rozpoczęła się realizacja pierwszego fragmentu, czyli Trasy Łagiewnickiej [8], której koszt budowy szacowany jest na ok. 800 mln złotych. Na 2 pozostałych odcinkach (Trasa Pychowicka i Trasa Zwierzyniecka) trwają prace przygotowawcze i projektowe, a ich budowa wg dokumentów strategicznych miasta [9] powinna się teoretycznie zakończyć do 2030 r. Koszt budowy tych 2 odcinków jest wstępnie szacowany na ok. 2 mld zł [10], ale ze względu na skalę inwestycji i konieczne rozwiązania inżynierskie (nowy most nad Wisłą, drążenie tunelu metodą głębinową itd.) wydaje się to być wartość zaniżona i w rzeczywistości może się okazać nawet kilkukrotnie wyższy.

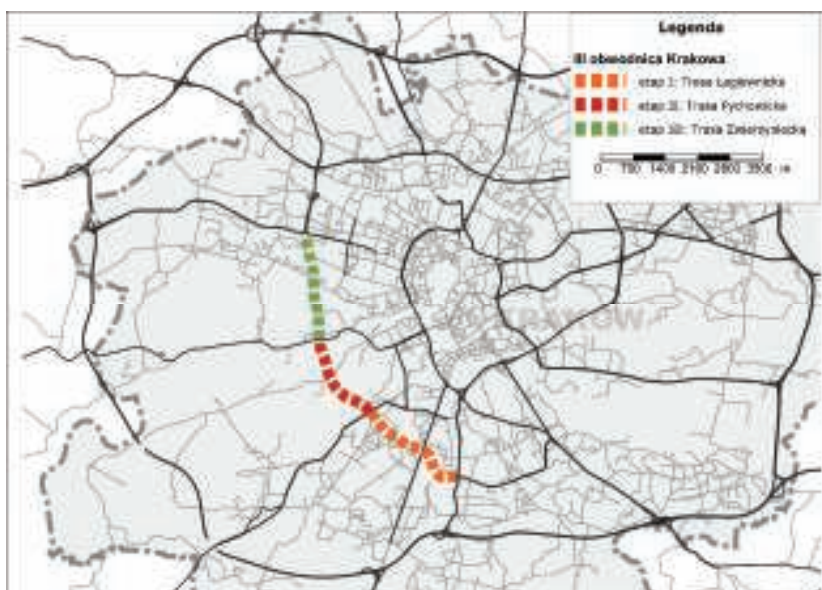
Narzędzia i założenia do analiz symulacyjnych – model transportowy Krakowa

Prace analityczne zostaną przeprowadzone z wykorzystaniem Krakowskiego Modelu Ruchu (KMR) [6], opracowanego w ramach Kompleksowych Badań Ruchu zrealizowanych w Krakowie w

2013 r. [7] Jest to model makrosymulacyjny odwzorowujący system transportowy na obszarze Krakowa oraz powiatów ościennych (krakowski, wielicki i proszowicki), stworzony z pomocą oprogramowania PTV VISUM [4]. Do analiz wykorzystany zostanie model prognostyczny opracowany dla roku 2025, uwzględniający założenia prognostyczne dot. modelu popytu (zmiany w aktywności ruchowej) oraz modelu sieci (inwestycje i zmiany w układzie transportowym) na obszarze KMR. W prognostycznym modelu sieci na rok 2025 przyjęto, że zrealizowane zostaną do tego czasu m. in. następujące ważniejsze projekty drogowe:

- domknięcie IV obwodnicy, tj. budowa wschodnich (S7) i północnych (S52) odcinków dróg ekspresowych wokół Krakowa,
- budowa połączeń radialnych pomiędzy IV oraz III obwodnicą: Trasa Balicka, Trasa Skawińska, Trasa Wolbromska, poszerzenie al. 29 Listopada i al. Okulickiego (drogi w przekroju 2x2 lub 2x3),
- uzupełnienie połączeń radialnych pomiędzy III oraz II obwodnicą – ul. Miłosza (przebieg: Wita Stwosza – Doktora Twardego – Opolska), przełożenie ul. Księcia Józefa (przebieg: Most Pychowicki – Most Zwierzyniecki),
- rozbudowa ul. Igołomskiej (DK 79) na terenie Krakowa do przekroju 2x2.

W prognostycznym modelu popytu



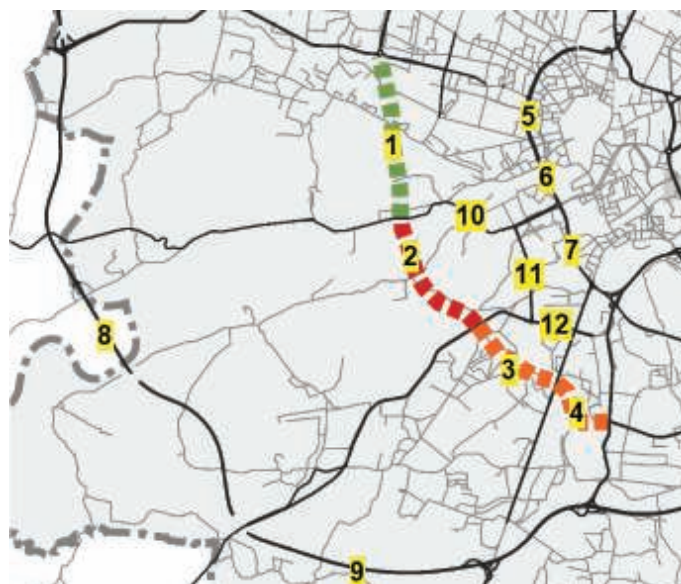
2. Prognostyczny model sieci transportowej Krakowa w 2025 r., z zaznaczonymi etapami realizacji zachodniej części III obwodnicy, (źródło: opr. własne na podst. [6])

zawarto założenia dot. liczby i relacji wykonywanych podróży, które wynikają m. in. z prognozowanych zmian w strukturze funkcjonalno-przestrzennej, ogólnego wzrostu ruchliwości oraz (dla ruchu tranzytowego) wzrostu ruchu w korelacji z prognozą PKB. Ze względu na stosunkowo krótki horyzont czasowy analizy nie zakładano jednak daleko idących zmian w więźbie podróży w porównaniu z modelem stanu istniejącego (tj. dla roku 2018) – stąd też sumaryczny wzrost liczby podróży do roku 2025 kształtuje się na poziomie ok. 10-15% (w podróżach wewnętrznych) oraz 15-20% (w podróżach docelowo-źródłowych i tranzytowych).

Symulacje przeprowadzono dla godziny szczytu porannego (7:30 – 8:30). Dla tak opracowanego modelu popytu sumaryczna liczba podróży (zmotoryzowanych) w szczycie porannym wynosi ok. 201 tys. (podr./godz.), a udział zadań przewozowych w wariancie referencyjnym (bezinwestycyjnym) w ruchu wewnętrznym kształtuje się na poziomie: 48,2% dla transportu indywidualnego oraz 51,8% dla transportu zbiorowego. W każdym z wariantów uwzględniono identyczne założenia dot. modelu popytu i przeprowadzono symulację zgodnie z pełną procedurą czterostadiową, tj. generacją podróży, rozkładem przestrzennym podróży, podziałem zadań przewozowych oraz rozkładem ruchu na sieć. Ostatecznym rezultatem modelu czterostadiowego jest rozkład ruchu na sieć (tj. wynik interakcji pomiędzy modelem podróży a modelem sieci), stąd też założone zmiany inwestycyjne w modelu sieci powinny mieć przełożenie na otrzymany obraz funkcjonowania systemu transportowego w procesie symulacji.

W pracach analitycznych zdefiniowano następujące warianty (scenariusze) rozwoju sieci drogowej:

- W0 – wariant referencyjny bezinwestycyjny,
- W1 (Ł) – wariant inwestycyjny, 1. etap budowy III obwodnicy (Trasa Łagiewnicka),
- W1 (PŁ) – wariant inwestycyjny, 2. etap budowy III obwodnicy (Trasa Łagiewnicka i Trasa Pychowicka)
- W1 (ZPŁ) – wariant inwestycyjny docelowy: 3. etap i ukończenie budowy zachodniej części III ob-



3. Oznaczenia punktów przekrojowych analizowanych w pracach symulacyjnych

wodnicy (Trasa Łagiewnicka, Trasa Pychowicka i Trasa Zwierzyniecka). W parametryzacji w/w odcinków III obwodnicy przyjęto następujące założenia:

- przepustowość: 2000-2500 poj./godz. (jezdnie główne) oraz 700-1000 poj./godz. (łącznie) w kierunku,
- prędkość w ruchu swobodnym: 70-80 km/h (jezdnie główne) oraz 50 km/h (łącznie),
- klasa techniczno-funkcjonalna: GP.

Wyniki analiz symulacyjnych – zmiany w funkcjonowaniu sieci drogowej w kolejnych etapach realizacji zachodnich odcinków III obwodnicy Krakowa

Na planszach oraz tabelach 1 i 2 zestawiono wyniki symulacji dla analizowanych scenariuszy realizacji kolejnych etapów (zachodnich odcinków) III obwodnicy Krakowa. Dokonano tutaj oceny głównie pod kątem sumarycznych parametrów funkcjonowania układu transportowego w skali miasta, efektu sieciowego analizowanych inwestycji, prognozowanego obciążenia nowych i istniejących odcinków drogowych oraz potencjalnych zmian w przepływie potoków ruchu w sieci drogowej Krakowa.

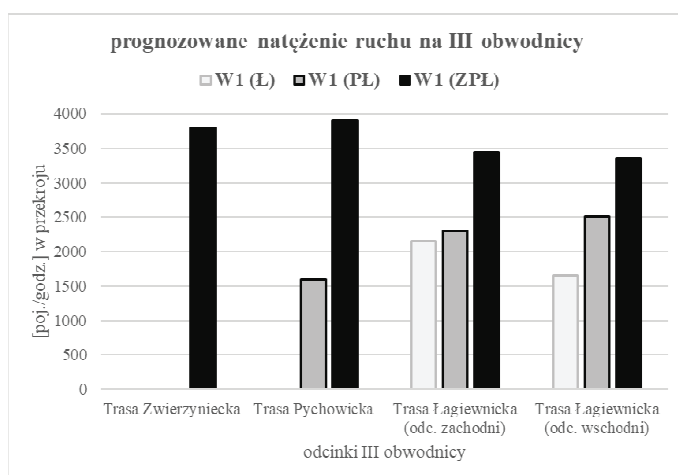
W 1. etapie realizacji inwestycji, tj. wariantie W1 (Ł), realizacja Trasy Łagiewnickiej przynosi pewne widoczne zmiany w funkcjonowaniu sieci drogowej, ale są one ograniczone do po-

łudniowych obszarów miasta. Prognozowane obciążenie ruchem nowego odcinka trasy wypada w przedziale ok. 1600 – 2200 poj./godz. szczytu i jest to ruch związany głównie z obszarem przyległych dzielnic (Ruczaj, Łagiewniki, Kurdwanów, oraz w mniejszym stopniu Bieżanów i Prokocim). Wyniki symulacji ukazują, że wiąże się to z pewną redukcją ruchu na kilku alternatywnych połączeniach drogowych (ulice: Brożka, Tischnera, Zawila, Kamieńskiego), gdzie natężenie ruchu maleje o nie więcej niż kilkaset pojazdów (w godzinie). Mimo ograniczonego efektu sieciowego w skali miasta można zaobserwować pewną poprawę parametrów podróżowania samochodem – średnia prędkość podróży rośnie o 0,3 km/h w porównaniu z wariantem W0.

W 2. etapie analizowanej inwestycji, tj. wariantie W1 (PŁ), dalsza budowa Trasy Pychowickiej prowadzi do pewnego zwiększenia oddziaływania sieciowego korytarza III obwodnicy. Wzrasta wykorzystanie Trasy Łagiewnickiej, gdzie natężenie ruchu sięga ok. 2500 poj./godz. w przekroju, natomiast potoki ruchu na nowym odcinku są już niższe – na Moście Pychowickim jest to ok. 1500 poj./godz. Jak pokazują wyniki symulacji, na III obwodnicy pojawiają się dodatkowe potoki ruchu z obszaru dzielnic: Ruczaj, Skotniki, Zwierzyniec i Salwator, natomiast dopływ ruchu od strony północnej jest wyraźnie ograniczony barierą terenową i brakiem dalszego przejścia przez Wzgórze Św. Bronisławy.

Tab. 1. Wyniki symulacji – prognozowane natężenie ruchu drogowego na analizowanych przekrojach układu drogowego Krakowa (prognoza w momencie oddania inwestycji do użytku)

Natężenie ruchu drogowego [poj./godz. w przekroju] warianty symulacyjne 2025 r.			W0	W1(Ł)	W1(PŁ)	W1(ZPŁ)	
			bezinwestycyjny	Inwestycyjny - etap 1.	Inwestycyjny - etap 2.	Inwestycyjny - etap 3.	
III obwodnica	1.	Trasa Zwierzyniecka	(brak)	(brak)	(brak)	3800	
	2.	Trasa Pychowicka (most)			1600	3900	
	3.	Trasa Łagiewnicka: odc. zach.			2150	2300	3450
	4.	Trasa Łagiewnicka: odc. wsch.			1650	2500	3350
II obwodnica	5.	al. Mickiewicza (AGH)	4050	4050	4000	3550	
	6.	Most Dębnicki	4450	4400	4350	3900	
	7.	al. Konopnickiej	3950	3950	3800	3500	
IV obwodnica	8.	A4: most na Wiśle	4250	4250	3950	3450	
	9.	A4: w. Sidzina – w. Zakopiański	4200	3900	3850	3600	
obszar os. Dębniki, Ludwinów	10.	Most Zwierzyniecki	1300	1350	750	1050	
	11.	ul. Kapelanka	2700	2800	2400	2200	
	12.	ul. Brożka	1950	1450	1400	1500	



4. Wyniki symulacji – prognozowany wzrost natężenia ruchu drogowego na III obwodnicy w miarę realizacji kolejnych jej etapów w zachodniej części miasta (prognoza w momencie oddania inwestycji do użytku)

W porównaniu z wariantem W0 można zaobserwować pewne spadki ruchu na obszarze Dębnik i Ludwinowa (ulice: Kapelanka, Koberzyńska), i co ważne - najbardziej wyraźny spadek natężenia ruchu można zaobserwować na Moście Zwierzynieckim (prawie o połowę). Bez zmian natomiast pozostaje przepływ potoków ruchu na północ od Ronda Grunwaldzkiego i w obszarze śródmieścia Krakowa. W tym wariantcie następuje dalsza poprawa warunków ruchu w sieci i średnia prędkość podróży samochodem w całym Krakowie wzrasta o 0,5 km/h (wobec wariantu W0).

W końcowym wariantcie W1 (ZPŁ) docelowe ukształtowanie całego zachodniego korytarza III obwodnicy, tj. po ukończeniu Trasy Zwierzynieckiej, przynosi za to dużo bardziej widoczne zmiany w funkcjonowaniu sieci dro-

gowej, a skutki realizacji inwestycji są znacznie większe w skali całego Krakowa. Korytarz III obwodnicy staje się jednym z najbardziej obciążonych ciągów drogowych w Krakowie i na całym odcinku natężenie ruchu waha się w przedziale od ok. 3300-3500 poj./godz. w przekroju (Trasa Łagiewnicka) do prawie 4000 poj./godz. (Trasa Pychowicka i Trasa Zwierzyniecka). Nowy odcinek Trasy Zwierzynieckiej charakteryzuje się wysokim wykorzystaniem w wielu podróżach realizowanych w mieście, a oprócz tego wyraźnie wzrasta wykorzystanie wcześniej zrealizowanych odcinków III obwodnicy. W konsekwencji cały zachodni odcinek III obwodnicy stanowi podstawową oś komunikacyjną w podróżach realizowanych pomiędzy głównymi dzielnicami na północy i na południu Krakowa. Widoczny jest

także efekt synergiczny i zwiększenie dopływów z połączeń radialnych z centrum miasta (tj. od II obwodnicy), jak i też z obszarów peryferyjnych (od IV obwodnicy). Korzyści w skali całego Krakowa są wyraźnie większe niż w scenariuszach W1 (Ł) czy W1 (PŁ): średnia prędkość podróży wzrasta o 1,4 km/h w porównaniu z wariantem W0. Oznacza to skrócenie średniego czasu podróży o ok. 0,7 min przypadające na każdy pojazd w obszarze modelu, a sumarycznie – spadek o ok. 600 pojazdów-godzin.

Wyniki symulacji dla scenariusza W1 (ZPŁ) ukazują bardziej widoczne przejęcie ruchu przez III obwodnicę z wielu alternatywnych połączeń – pojawiające się już także na dalszych fragmentach sieci drogowej: II obwodnicy (Aleje Trzech Wieszców, Most Dębnicki), IV obwodnicy (autostrada A4) oraz połączeniach radialnych i stycznych (Trasa Balicka, ul. Czarnowiejska). Co ważne, spadki te z reguły nie są jednakże wyższe niż 500-800 poj./godz. w przekroju – szczególnie można zauważyć, że wciąż wysokie jest natężenie ruchu wzdłuż II obwodnicy, gdzie oscyluje ono w przedziale 3000-3800 poj./godz., a oprócz tego w porównaniu z scenariuszem W1 (PŁ) poprawia się wykorzystanie Mostu Zwierzynieckiego w podróżach samochodowych.

Podsumowanie

Wyniki uzyskane w przeprowadzonych pracach symulacyjnych wydają się być zbliżone z oczekiwaniami związane z realizacją zachodniej części III obwodnicy na obszarze Krakowa. Budowa drogi wprowadzi zasadnicze zmiany w warunkach podróżowania w sieci drogowej miasta, a jej skutkami będą coraz bardziej wyraźne w miarę oddawania kolejnych etapów inwestycji do użytku. Jak pokazują prognozy, realizacja koncepcji III obwodnicy przyniesie zarówno widoczne korzyści w skali całego Krakowa, ale co ważne – może skutkować także pewnymi negatywnymi efektami. Spośród wniosków płynących z prac symulacyjnych warto w tym kontekście podkreślić następujące aspekty:

- Realizacja pierwszych 2 etapów III obwodnicy, czyli Trasy Łagiewnickiej i Trasy Pychowickiej, przyniesie co prawda pewną poprawę



5. Wariant W1 (PŁ) – prognozowane zmiany w przepływie potoków ruchu w sieci drogowej po realizacji 2. etapu (Trasy Pychowickiej), w odniesieniu do wariantu bezinwestycyjnego W0



6. Wariant W1 (ZPŁ) – prognozowany rozkład potoków ruchu drogowego w sieci drogowej Krakowa po oddaniu całej zachodniej części III obwodnicy do użytku

warunków podróżowania w sieci, ale korzyści te będą stosunkowo niewielkie w skali miasta: przykładowo, prognozowany wzrost średniej prędkości podróży samochodem wynosi ok. 0,3-0,5 km/h. Efekt sieciowy nowych odcinków III obwodnicy będzie ograniczony do południowych i południowo-zachodnich obszarów miasta, gdzie

układ drogowy jest stosunkowo dobrze rozwinięty – a ponieważ będą one „konkurować” z istniejącymi połączeniami drogowymi o dobrych poziomach swobody ruchu (np. odpływ ruchu z Mostu Zwierzynieckiego i ul. Kapelan-ka na rzecz Trasy Pychowickiej w scenariuszu W1 (PŁ)). Bez dalszej kontynuacji trasy w kierunku pół-

nocnym niemożliwe jednak będzie rozwiązanie kluczowych problemów sieci transportowej miasta, tj. wyczerpania przepustowości na neuralgicznych korytarzach drogowych (II obwodnica, przejście przez Wisłę) oraz bariery komunikacyjnej w zachodniej części Krakowa (brak przejścia przez Pasma Sowińca i Wzgórze Św. Bronisławy).

- Realizacja koncepcji w etapie docelowym, czyli po ukończeniu Trasy Zwierzynieckiej, wprowadza za to fundamentalne zmiany w sieci transportowej miasta i znacząco zwiększa korzyści z realizacji koncepcji III obwodnicy. Wyższy jest wzrost średniej prędkości podróży w docelowym wariantcie W1 (ZPŁ), tj. o prawie 1,5 km/h w porównaniu z wariantem bezinwestycyjnym W0, a pomimo przyrostu liczby podróży samochodowych maleje łączny czas spędzony w podróży (o ok. 600 tzw. pojazd-godzin w skali modelu). Potwierdza to, że ukończenie całego zachodniego ciągu III obwodnicy jest konieczne dla wypełnienia zakładanych postulatów – pozwala na utworzenie podstawowej osi komunikacyjnej w zachodniej części Krakowa, która widocznie wpływa na poprawę dostępności i parametrów podróży w wielu relacjach podróży pomiędzy północnymi i południowymi obszarami miasta. Jak pokazują wyniki symulacji, oddanie Trasy Zwierzynieckiej ma synergiczny efekt w kontekście wzrostu wykorzystania pozostałych 2 odcinków III obwodnicy, a w konsekwencji cały ciąg staje się on także jednym z najbardziej obciążonych ruchowo odcinków w sieci drogowo-ulicznej Krakowa.
- Na podstawie przeprowadzonych analiz symulacyjnych można wstępnie powiedzieć, że ukończenie całej III obwodnicy jest kluczowe dla zwiększenia (i uzyskania właściwego stopnia) efektywności realizowanych odcinków inwestycji. Jak pokazują wyniki symulacji w scenariuszach pośrednich W1 (Ł) i W1 (PŁ), wykorzystanie nowych odcinków III obwodnicy (mierzony natężeniem ruchu) kształtuje

się na poziomie widocznie niższym niż zakładane możliwości przewozowe, a ich wykorzystanie w podróżach wykonywanych na terenie Krakowa jest dość ograniczone – i dopiero dalsze połączenie w kierunku północnym wzmacnia znaczenie tych odcinków w sieci drogowej. Dla przykładu, prognozowane natężenie ruchu na Moście Pychowickim wzrasta z 1600 poj./godz. 3900 poj./godz. zaraz po wybudowaniu Trasy Zwierzynieckiej, co przy założonej parametryzacji modelu oznacza wzrost jego wykorzystania z poziomu ok. 35% do ponad 80%. Należy jednak zaznaczyć, że dokonanie dokładniejszej oceny efektywności inwestycji możliwe byłoby po przeprowadzeniu bardziej szczegółowej analizy ekonomicznej i finansowej

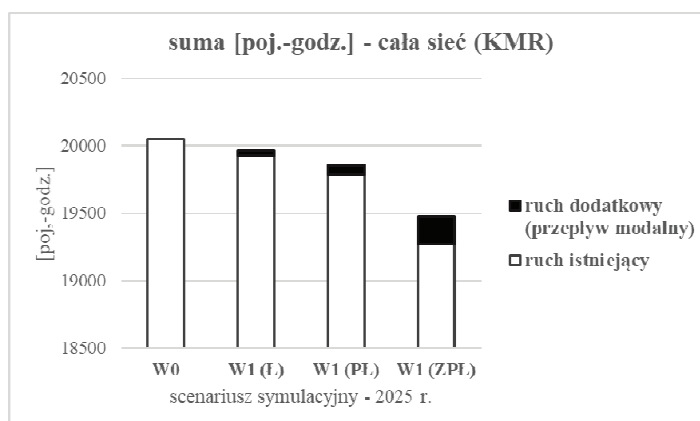
- Wyniki prognoz dostarczają jednak innych istotnych przesłanek dla dalszych kierunków rozwoju układu transportowego Krakowa, które powinny mieć na celu ograniczenie pewnych negatywnych aspektów (efektów) realizacji nowych odcinków III obwodnicy. O ile trasa ta rzeczywiście pozwoli na stworzenie alternatywnego połączenia drogowego z pominięciem centrum, to w scenariuszu W1 (ZPŁ) można zaobserwować, że redukcja natężenia ruchu na II obwodnicy jest tak naprawdę niewielka w odniesieniu do wariantu W0, a w godzinie szczytu maleje ono o nie więcej niż 500-800 poj./godz. w przekroju. Oznacza to, że w obliczu pozostawienia znaczących rezerw układu drogowego wewnątrz III obwodnicy zostaną one ponownie wypełnione przez dodatkowe (wzbudzone) podróże samochodowe wynikające z przesunięcia aktywności ruchowej z innych tras podróży, pór czasowych oraz środków transportu. Należy przy tym zauważyć, że wpływ inwestycji na podział zadań przewozowych w skali Krakowa będzie dużo wyższy po ukończeniu budowy całego ciągu III obwodnicy: o ile dla scenariuszy pośrednich W1 (Ł) i W1 (PŁ) prognozowane przejęcie podróży od transportu zbiorowego do transportu indywidualnego kształtuje się na poziomie odpowiednio 0,1% i 0,2% podróży miejskich, to w scenariuszu docelowym W1 (ZPŁ) przepływ modalny wzrasta już do ok. 0,6% wszystkich podróży w mieście. Z dużym prawdopodobieństwem można zatem powiedzieć, że w efekcie niewielka będzie poprawa jakości podróży i poziom kongestii drogowej w



7. Wariant W1 (ZPŁ) – spektrum (wiązka) ruchu drogowego w przekroju Mostu Pychowickiego po ukończeniu 3. etapu III obwodnicy (Trasy Zwierzynieckiej)

Tab. 2. Wyniki symulacji – podsumowanie parametrów funkcjonowania sieci drogowej w analizowanych scenariuszach

scenariusze symulacyjne- 2025 r.	liczba podróży miejskich - transport indywidualny (PrT)	modal split – udział PrT w podróżach miejskich zmotoryzowanych		parametry eksploatacyjne sieci drogowej- cała sieć (KMR)		prędkość średnia- KMR	średni czas podróży- KMR
	[poj./godz.]	[%]	[poj.-km]	[poj.-godz.]	[km/h]	[min]	
W0	bezinwestycyjny	78760	48,2%	962215	20050	48,0	15,3
W1 (Ł)	inwestycyjny- etap 1.	78910	48,3%	963464	19967	48,3	15,2
W1 (PŁ)	inwestycyjny- etap 2.	79055	48,4%	963926	19857	48,5	15,1
W1 (ZPŁ)	inwestycyjny- etap 3.	79630	48,8%	962283	19477	49,4	14,7



8. Wyniki symulacji – zmiany całkowitego czasu spędzonego w podróży w całej sieci drogowej objętej modelem KMR (tj. suma pojazdów-godzin)

alnego kształtuje się na poziomie odpowiednio 0,1% i 0,2% podróży miejskich, to w scenariuszu docelowym W1 (ZPŁ) przepływ modalny wzrasta już do ok. 0,6% wszystkich

podróży w mieście. Z dużym prawdopodobieństwem można zatem powiedzieć, że w efekcie niewielka będzie poprawa jakości podróży i poziom kongestii drogowej w

śródmieściu utrzyma się na podobnym poziomie jak dotychczas, co stanowić będzie odzwierciedlenie dobrze znanego paradoksu tzw. Lewis'a-Mogridge'a [2], [3].

- Powyżej opisane zależności wskazują na to, że konieczne będzie dalsze podjęcie działań mających na celu ograniczenie przepustowości układu drogowego w obszarze wewnątrz III obwodnicy oraz postawienie na rozwój bardziej wydajnych form transportu w tym obszarze – w tym zwłaszcza środków transportu zbiorowego (np. zwężenie II obwodnicy i budowę linii tramwajowej w jej korytarzu). Dopiero podjęcie takich działań, w powiązaniu z budową III obwodnicy, pozwoli na osiągnięcie trwałej i skutecznej redukcji uciążliwości ruchu samochodowego w śródmieściu Krakowa. Będzie to także wpisywać się w postulat długofalowego kształtowania systemu transportowego Krakowa w sposób zrównoważony i możliwie efektywne.
- Ważne mogą być także wnioski w kontekście wydolności okolicznego układu drogowego Krakowa oraz identyfikacji potencjalnych punktów krytycznych i tzw. wąskich gardeł. O ile sam przekrój nowych odcinków III obwodnicy może nie stwarzać ryzyka w kontekście wyczerpania przepustowości, o tyle jego zdolność przewozowa – oraz ogólny poziom swobody ruchu w sieci drogowej – warunkowane będą głównie przepustowością okolicznych węzłów i skrzyżowań oraz dróg dojazdowych. Prognozowane zmiany w przepływie potoków ruchu wskazują m. in. na przyrost natężenia ruchu na dalszych odcinkach III obwodnicy (Witosa, Opolska) - gdzie mogą tworzyć się zatory drogowe ze względu na niższą wydajność zlokalizowanych tam skrzyżowań z sygnalizacją świetlną - a także na (już obecnie wysoce obciążonych ruchowo) relacjach skrzyżnych w obrębie Ronda Ofiar Katynia. Nasileniu ulegnie aktywność ruchowa na drogach wylotowych na zewnętrznym obszarze III obwodnicy (m. in. Radzikowskiego,

Grota-Roweckiego, Zakopiańska, Herberta), co wskazuje, że innym krytycznym czynnikiem może być zdolność przewozowa w relacjach skrzyżnych pomiędzy tymi odcinkami dróg a III obwodnicą. Ważną rolę będzie także odgrywać zjawisko przeplatania potoków ruchu na odcinkach międzywęzłowych III obwodnicy, które w godzinach szczytu może skutkować wyraźnym pogorszeniem prędkości podróży i poziomu swobody ruchu (dotyczy to głównie Trasy Łagiewnickiej).

- Należy także podkreślić, że przedstawione powyżej wyniki analiz należy traktować jako pewien „dolny” przedział prognozowanych natężeń ruchu, a po pewnym czasie rzeczywiste natężenia ruchu drogowego na III obwodnicy z dużym prawdopodobieństwem mogą się okazać się być jeszcze wyższe. Wynika to m. in. ze stosunkowo krótkiego horyzontu czasowego analizy (2025 r.), jednak – co jest typowym zjawiskiem dla projektów inwestycyjnych w obszarach miejskich – w kolejnych latach po oddaniu inwestycji do użytku początkowa poprawa warunków ruchu może skutkować dalszym wzrostem generacji ruchu i pojawieniem się tzw. ruchu wzbudzonego [11]. Jak pokazują doświadczenia analogicznych projektów inwestycyjnych (np. Trasa Siekierska w Warszawie [12]), dodatkowy przyrost natężenia ruchu tylko w pierwszych kilku latach może wynieść nawet 50-100% pierwotnego natężenia ruchu. Konieczne jest zatem rozszerzenie analiz o długoterminową prognozę skutków inwestycji, która ostatecznie może wykazać dość zróżnicowane wyniki pod kątem oceny efektywności po uwzględnieniu długofalowych zmian w modelu podróży. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Katalog Inwestycji Strategicznych Układu Transportowego Miasta Krakowa. Urząd Miasta Krakowa, 2010 r. Dostęp z dn. 22.07.2018 r.: https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=44166

- [2] Lewis D.: Estimating the influence of public policy on road traffic levels in Greater London. *Journal of Transport Economics and Policy* (155-168), 1977.
- [3] Mogridge M. J. H.: *Travel in towns: jam yesterday, jam today and jam tomorrow?* Springer Verlag, 1990.
- [4] PTV AG. *Visum 17 – User Manual*. Karlsruhe (Niemcy), 2017 r.
- [5] Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przemysłowego Miasta Krakowa (Dokument ujednolicony uchwałą Nr CXII/1700/14 z dnia 9 lipca 2014 r.). Tom II – Zasady i kierunki polityki przestrzennej. Urząd Miasta Krakowa, 2014 r. Dostęp z dn. 22.07.2018 r.: <https://www.bip.krakow.pl/?id=48>
- [6] Szarata A. i inni. *Krakowski Model Ruchu*. Politechnika Krakowska, 2014 r.
- [7] Szarata A. i inni. *Praca badawcza: Badania zachowań komunikacyjnych mieszkańców Krakowskiego Obszaru Metropolitalnego. Zadanie 2: Raport końcowy z badań ankietowych wraz z syntezą wyników i szczegółowymi wnioskami*. Politechnika Krakowska, 2014 r. Dostęp z dn. 22.07.2018 r.: https://www.bip.krakow.pl/?sub_dok_id=96964
- [8] Trasa Łagiewnicka S.A. w Krakowie – strona internetowa: <http://www.trasalagiewnicka.krakow.pl> (dostęp z dn. 22.07.2018 r.)
- [9] Wieloletni Program Inwestycyjny (WPI) Krakowa na lata 2018-2030 r. Część B1 – Inwestycje strategiczne – stan na 30.06.2018 r. Urząd Miasta Krakowa, 2018 r. Dostęp z dn. 22.07.2018 r.: https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=95098
- [10] http://krakow.wyborcza.pl/krakow/1,44425,18182848,Trasa_Zwierzywiecka_i_Pychowicka__Przygotowania_do.html. Dostęp z dn. 22.07.2018 r.
- [11] Szarata A. *Modelowanie podróży wzbudzonych oraz tłumionych zmianą stanu infrastruktury transportowej*. Monografia habilitacyjna, Politechnika Krakowska, 2013.
- [12] <http://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/warszawa-jak-wzroszl-ruch-dzieki-mostowi-siekierskiemu-2148.html>. Dostęp z dn. 22.07.2018 r.