

Jacek Brdulak, Piotr Pawlak

# Przedsiębiorstwo w rachunku ekonomicznym skutków inwestycji drogowych

**Spółeczny podział pracy powoduje powszechną wymianę pracy i jej efektów, zarówno produkcyjnych jak i nieprodukcyjnych. Na pogłębienie tej wymiany wpływa przestrzenny (geograficzny) podział pracy i produkcji. W konsekwencji powstają potrzeby przewozowe, a podstawową funkcją systemu transportowego staje się ich zaspokojenie.**

Transport, obok podstawowej funkcji przemieszczania ludzi i dóbr materialnych, spełnia szereg funkcji dodatkowych. Na przykład, aktywizuje obszary słabiej rozwinięte, utrzymuje administracyjną i polityczną zwartość regionów i państw, współkształtuje potencjał obronny państwa, wyrównuje poziom kulturalny regionów [Banak i in., 2014]. Aby spełnić te funkcje potrzebna jest kompletna, nowoczesna gałęziowa infrastruktura techniczna – liniowa oraz punktowa. Jej rozwój nie może być analizowany w oderwaniu od skutków wywieranych na funkcjonowanie przedsiębiorstw produkcyjnych.

## Modele ciężenia i potencjału

Dla zachowania porządku metodologicznego należy zauważyć, iż zakres badań potrzeb przewozowych nie jest obecnie szczególnie popularny wśród ekonomistów i geografów gospodarczych, szczególnie w skali makro. Praktyka gospodarcza sprowadza tego typu roz-

ważania do skali mikro poszczególnych podmiotów gospodarczych, a więc przedsiębiorstw, które analizują indywidualne warunki obsługi transportowej przy podejmowaniu decyzji lokalizacyjnych. Stosunkowo nieskomplikowane metody matematyczno-statystyczne, zwane metodami ciężenia potencjału i wzajemnego oddziaływania w przestrzeni, mogą być stosowane w analizie różnego rodzaju ciężarów między obszarami określonego regionu i jego ośrodkiem (ośrodkami) centralnym. Według W. Isarda [1965], miara ciężarów między ośrodkami przybiera następującą postać:

$$I_{ij} = G \frac{w_j (F_i)^\alpha \times w_i (F_j)^\beta}{d_{ij}^\mu}$$

gdzie:

$I_{ij}$  – miara ciężarów między ośrodkami  $i, j$

$w_i, w_j$  – wagi mas  $F_i, F_j$

$\alpha, \beta$  – wykładniki mas  $F_i, F_j$

$\mu$  – wykładnik odległości

Natomiast wzór potencjału demograficznego, wyznaczający siłę oddziaływania poszczególnych skupisk osadniczych, jest następujący:

$$iV = G \sum_{j=1}^n \frac{w_j (F_j)}{d_{ij}^\mu}$$

gdzie:

$iV$  – potencjał stwarzany w ośrodku  $n$  przez masy zespołu ośrodków

$G$  – stały współczynnik

Modele ciężenia i potencjału są klasycznym narzędziem obliczania potencjalnych potrzeb przewozowych i związków transportowych, wynikających z obsługi regionów węzłowych osadnictwa. Pozwalają przy tym syntetyzować zjawiska przestrzenne, operując istotnymi uproszczeniami. Dokładniejsza analiza, typu „kto przewozi?” „ile?” „skąd?” „dokąd?”, wymaga zastosowania metody programowania liniowego. Minimalizacja szeroko rozumianej odległości transportowej (a więc i kosztu) najczęściej spotykana jest w rachunku lokalizacji konkretnego podmiotu gospodarczego. Przy wykorzystaniu programowania liniowego optymalizowane są wtedy teraźniejsze lub przyszłe zadania przewozowe, wynikające z obsługi poszczególnych składowych procesu produkcji dóbr materialnych lub usług [Buga, Nykowski, 1974]. Rozwój sektora usług, istotne zmiany strukturalne przemysłu, rolnictwa, internacjonalizacja gospodarki związana ze wzrostem znaczenia powiązań komunikacyjnych ze światem, rozwój infrastruktury regionów lub jednostek administracyjnych, badane były w Polsce za pomocą metod czynnikowych [Chojnicki, 1978; Chojnicki, Czyż, 1975].

Istotnym fragmentem badań problematyki transportowej są prace nad kształtowaniem sieci dróg w Polsce, w których szeroko wykorzystywane były metody grafowe [Taylor, 1974]. W rezultacie, postęp w metodologii badań przestrzennych (tu: ilościowych) przyczynił się do intensyfikacji poszukiwań doskonalszych sposobów praktycznego funkcjonowania transportu i kierunków rozwoju infrastruktury technicznej poszczególnych gałęzi transportu, a w ostatnich latach szczególnie samochodowego i kolejowego.

Najczęściej stosowana w badaniach nad potokami przewozowymi w kraju jest obecnie, zdaniem wielu autorów, metoda bilansowa. Polega ona na ilościowym ustaleniu głównych grup ładunkowych w układzie relacji przewozowych, doko-

nywanym na podstawie analiz bilansów przepływów towarowych wewnątrz- i międzyregionalnych. Najogólniej, w postaci znanego modelu matematycznego, taką zależność bilansową można przedstawić następująco:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

przy warunkach:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = a_i \quad (i = 1, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = b_j \quad (i = 1, \dots, n)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

$$a_i > 0 \quad b_j > 0$$

gdzie:

- $z$  – zbilansowane zadanie transportowe
- $x_{ij}$  – szukana wielkość dostawy kierowanej od dostawcy  $D_i$  do odbiorcy  $O_j$
- $a_1, a_2, \dots, a_m$  – odpowiednie ilości zasobu towaru u dostawców  $D_1, D_2, \dots, D_m$
- $b_1, b_2, \dots, b_n$  – odpowiednie zapotrzebowanie na ten towar zgłaszane przez odbiorców  $O_1, O_2, \dots, O_m$
- $c_{ij}$  – współczynniki określające koszt przewozu jednostki towaru między dostawcą  $D_i$  i odbiorcą  $O_j$

W modelu poszukuje się układu dostaw zapewniających najniższy łączny koszt przewozów. Jest to więc zadanie z zakresu programowania liniowego, w którym w trakcie postępowania obliczeniowego, otrzymane w każdej iteracji dane liczbowe zestawiane są w tzw. tablicę transportową. Uzyskujemy ją przez nałożenie na siebie tablicy przepływów

(przemieszczeń) reprezentującej określone dopuszczalne rozwiązania i tablice danych wyjściowych ze współczynnikami  $C_{ij}$  i, w razie potrzeby, z ich wartościami w odpowiedni sposób przekształconymi.

I w tym miejscu powstaje niezwykle ważny, często zaś pomijany w badaniach, problem kompletności i rzetelności współczynników  $A_m$ ,  $B_n$  i  $C_{ij}$ . Przykładowo, R. Domański [1972] zwracał uwagę na konieczność szczegółowej analizy „komunikacyjnego” zachowania się ludności, w postaci funkcji czasu przejazdu, kosztu przejazdu i innych charakterystyk. Muszą one być skonstruowane w poprawny sposób, tym bardziej, że uwzględnienie zależności między regionami wyraża się w funkcji odległości, rozumianej jako ogólne koszty transportu oraz jako tendencja do korzystania z danej gałęzi lub środka transportu. Koszty transportu ulegają ciągłej zmianie, a tendencje popytowe są same w sobie zjawiskami dynamicznymi, kształtowanymi przez zespoły uwarunkowań o różnym charakterze [Brdulak, Pawlak, Krysiuk, 2012].

### Metody wskaźnikowe

Pomijamy w tym miejscu problem kompletności i zakresu badań przestrzennych funkcjonowania transportu w Polsce. Badania te są incydentalne, fragmentaryczne i podejmowane najczęściej przy okazji prac naukowych na stopień lub tytuł naukowy (przykładem dysertacje doktorskie [Brdulak, Pawlak, Krysiuk, 2012; Hoszman, 2014]). Komentowane w niniejszym opracowaniu szersze badania transportowe należą do wyjątków. Należy zwrócić uwagę na tendencję analitycznego poszukiwania wpływu infrastrukturalnych inwestycji transportowych na rozwój społeczno-gospodarczy. Dzieje się tak szczególnie w latach po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej i napływie poważnych środków finansowych przeznaczanych w dużej części na inwestycje infrastrukturalne. Do najciekawszych

metodologicznie należą badania przeprowadzone przez Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN (IGiPZ PAN) dla b. Ministerstwa Rozwoju Regionalnego. Ich syntezę zawiera raport opracowany na potrzeby Programu Operacyjnego Pomocy Technicznej (2007-2013) [Komornicki, 2010].

Celem badań IGiPZ PAN była ocena wpływu inwestycji infrastrukturalnych transportu na wzrost konkurencyjności regionów. Przeprowadzone zostały one na trzech poziomach przestrzennych:

- krajowym (gminy, powiaty),
- regionalnym (województwa),
- lokalnym (studia przypadków).

Studia przypadków dotyczyły dwóch kategorii: inwestycji transportowych w ramach wybranych powiatów, a także średnich i dużych inwestycji liniowych (wkład UE powyżej 20 mln zł). Głównym źródłem informacji pierwotnych na poziomie studiów przypadków były badania społeczne IGiPZ PAN [Komornicki, 2010]. O wyborze przedmiotu badań przesądzały następujące kryteria:

- położenie przestrzenne i społeczno-gospodarcze,
- funkcjonalno-osadnicze,
- rodzaj wsparcia z funduszy strukturalnych,
- gałąź transportu,
- wielkość projektu.

Należy podkreślić w tym miejscu, antycypując niejako wnioski niniejszych rozważań, że propozycja metodologiczna omawianych badań jest niezwykle użyteczna dla specjalistów zajmujących się skutkami inwestycji infrastrukturalnych w transporcie. Dotyczy to szczególnie powszechnej sytuacji ograniczoności środków finansowych na badania, niemożności organizowania liczniejszych zespołów badawczych, krótkiego czasu przeznaczanego na prace badawcze, indywidualizacji

na stopień prac naukowych. Oczywiście, cele, zakres i metody badawcze zawsze będą musiały zostać dostosowane do możliwości wykonawczych. Przykładowo, indywidualnym doktorantom będzie niezwykle trudno zastosować w pełnym wymiarze metody badawcze wykorzystywane przez specjalistów IGiPZ PAN, do których należały [Komornicki, 2010]:

- analizy *desk research*, polegające na badaniu dokumentacji programowej, opracowań o charakterze strategicznym, opracowań statystycznych, ekspertyz, dokumentacji projektowej, studiach literaturowych;
- metody wskaźnikowe (w tym izochronowe);
- jakościowe badania społeczne (wywiady pogłębione/eksperckie, telefoniczne CATI, kwestionariuszowe i panele eksperckie).

Badania o ekonomicznym charakterze wymagają starannego doboru zastosowanych wskaźników. Będą one bowiem ważnym komponentem przeprowadzonego rachunku ekonomicznego.

W omawianych analizach przestrzennych do takich wskaźników należą przykładowo:

- wskaźnik skrócenia czasu przejazdu (WSCP), który jest łatwy do przeliczenia na koszt eksploatacji środków transportu, np. osobowego lub ciężarowego pojazdu samochodowego;
- wskaźnik efektywności czasowo-popytowej (WECP), oparty na uzupełnieniu wskaźnika WSCP o liczbę potencjalnych uczestników ruchu i koszty czasu;
- wskaźnik wąskich gardeł transportowych (WWGT);
- wskaźnik wypadkowości i kolizyjności (WWiK).

Wskaźnik skrócenia czasu przejazdu (WSCP) ma następującą formę matematyczną [Komornicki, 2010]:

$$WSCP = \frac{-(CP_{t_1} - CP_{t_1-t_2})}{CP_{t_1-t_2}}$$

gdzie:

WSCP – wskaźnik skrócenia czasu podróży

$CP_{t_1-t_2}$  – czas przejazdu w roku  $t_1$  bez uwzględnienia inwestycji zakończonych w roku  $t_2$

$CP_{t_1}$  – czas przejazdu w roku  $t_1$

Jest on w połączeniu z modelem prędkości ruchu oryginalną formułą obliczeniową, opracowaną i wdrożoną przez specjalistów Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.

Wskaźnik wąskich gardeł transportowych (WWGT) jest odniesieniem obliczeniowego natężenia ruchu na odcinku drogi do przepustowości tego odcinka drogowego, zgodnie ze wzorem:

$$WWGT_i = \frac{Q_i}{P_i}$$

gdzie:

$WWGT_i$  – wskaźnik wąskiego gardła transportowego na odcinku  $i$

$Q_i$  – obliczeniowe natężenie ruchu na odcinku  $i$

$P_i$  – przepustowość na odcinku  $i$

W analizach IGiPZ PAN przyjęto, że w wąskim gardle drogowym natężenie ruchu jest wyższe od przepustowości drogi. Zgodnie z tym, wskaźnik WWGT przyjmuje wartości wyższe od jedności. Wskaźnik WWGT wyższy od 1,5 oznacza w praktyce naszego drogownictwa stan krytyczny [Komornicki, 2010]. Obliczeniowe natężenie ruchu  $Q$  wyliczane jest według formuły:

$$Q = Q_0 + Q_d f_d + Q_c f_c$$

gdzie:

$Q$  – obliczeniowe natężenie ruchu

$Q_0$  – średniodobowe natężenie ruchu pojazdów osobowych

$Q_d$  – średniodobowe natężenie

- $Q_c$  – ruch pojazdów ciężarowych lekkich (dostawczych) – średniodobowe natężenie ruchu pojazdów ciężarowych (z przyczepami i bez przyczep), autobusów i ciągników  
 $f_d$  – współczynnik wpływu pojazdów ciężarowych lekkich w ruchu  
 $f_c$  – współczynnik wpływu pojazdów ciężkich i ciągników w ruchu

Syntetyczną miarą kolizyjności i wypadkowości ruchu drogowego pozostaje, zgodnie z propozycją specjalistów IGiPZ PAN, wskaźnik wypadkowości i kolizyjności (WWiK):

$$W_{L_i} = \frac{4 W_i + 8 \times Z_i + 2 \times R_i + K_i}{L_i}$$

gdzie:

- $W_{L_i}$  – makrowskaźnik wypadkowości i kolizyjności w roku  $i$   
 $W_i$  – liczba wypadków w powiecie (regionie) w roku  $i$   
 $Z_i$  – liczba zabitych w powiecie (regionie) w roku  $i$   
 $R_i$  – liczba rannych w powiecie (regionie) w roku  $i$   
 $K_i$  – liczba kolizji w powiecie (regionie) w roku  $i$   
 $L_i$  – liczba mieszkańców powiatu (regionu) w roku  $i$

Wykorzystywanie powyższych metod wskaźnikowych pozwala uzyskać obraz kierunku i siły zjawisk związanych ze zmianami sieci drogowej. Otrzymujemy możliwość przeprowadzenia rachunku ekonomicznego poszczególnych projektów, a przy pełniejszym spojrzeniu na rozwój sieci transportowej, także określenia ekonomicznych skutków jej zmian ilościowych i jakościowych. Właściwe przyporządkowanie wskaźników poszczególnemu przedsiębiorstwu (producent lub użytkownik usług) umożliwia wyliczenie

zmian jakościowych infrastruktury drogowej dla konkretnych podmiotów gospodarczych.

### Metody oceny opłacalności inwestycji

W praktyce polskiego drogownictwa i kolejnictwa dominuje obecnie ściśle określony ramowo i proceduralnie rachunek ekonomiczny stosowany we wnioskach o dofinansowanie konkretnych projektów. Wydaje się niezbędnym uzupełnianie tej praktyki niezależnymi, możliwie kompleksowymi studiami problemowymi, związanymi z rozwojem infrastrukturalnym poszczególnych gałęzi transportu oraz przestrzennych sieci infrastrukturalnych. O problemie rzetelności rachunku ekonomicznego we wnioskach o dofinansowanie unijne świadczy, na przykład, praktyka recenzenta takich wniosków – Centrum Unijnych Projektów Transportowych w Warszawie (CUPT). Zwykle wszystkie wnioski przeszacowane są o ok. jedną trzecią i to mimo zakładania 10-procentowej rezerwy kosztowej na nieprzewidziane okoliczności i zdarzenia. Strona polska zgadza się czasami na takie rachunki, gdyż rzetelne dopilnowanie faktur wykonawczych powoduje tworzenie się rezerwy, którą za zgodą instytucji unijnych można wydać jedynie na inne projekty inwestycyjne w transporcie. Jeżeli jednak firmy wyliczają koszt budowy 1 km drogi ekspresowej na ponad 100 mln USD, to może się tym interesować nie ekonomista, a raczej prokurator, co zresztą zdarzyło się już kilkakrotnie.

Wśród metod rachunku ekonomicznego, stosowanych przy ocenie inwestycji infrastrukturalnych w drogownictwie i innych gałęziach transportu, można rozróżnić bezwzględne i względne metody oceny opłacalności przedsięwzięć inwestycyjnych:

- metody bezwzględne – ocena pojedynczych projektów i przedsięwzięć gospodarczych,

- metody względne – wyłonienie spośród wielu możliwych do realizacji wariantów tego przedsięwzięcia, które jest najbardziej efektywne i opłacalne.

Kolejnym kryterium podziału metod rachunku ekonomicznego jest kwestia uwzględnienia w algorytmie zmienności wartości pieniądza w czasie. Wyróżniamy tu [Rogowski, 2006]:

- metody proste, które nie uwzględniają zmiany wartości pieniądza w czasie i oparte są na zysku, jako mierze korzyści netto;
- metody złożone, uwzględniające zmienność wartości pieniądza w czasie, ryzyko, złożoność przedsięwzięć inwestycyjnych.

Proste metody rachunku ekonomicznego są wprawdzie obarczone ryzykiem, ale mają szereg walorów, choćby to, że nie wymagają szczegółowych danych i szybko dostarczają informacji o porównywalnych projektach. Stają się w związku z tym niezwykle użyteczne w regionalnych, punktowych badaniach infrastruktury liniowej na obszarach słabiej zurbanizowanych, gdzie wielkość projektów inwestycyjnych nie musi być duża. Wykorzystywane w tych metodach wielkości roczne są wielkościami nominalnymi, niezdykontowanymi w momencie przeprowadzania oceny, co prowadzi do zrównoważonego traktowania efektów i nakładów, bez względu na moment rzeczywistego ich wystąpienia [Rogowski, 2006]. W praktyce, sugestie te spożytkowane zostały, na przykład, przy ocenie efektywności ekonomicznej powstania Centrum Logistycznego w Małaszewiczach [por. Brdulak, Zakrzewski, 2013a, b, 2008].

W ekonomicznej analizie skutków inwestycji infrastrukturalnych w drogownictwie, proste metody okresu zwrotu mają ograniczone zastosowanie. Są natomiast stosowane w ocenie i porównywaniu

ocen projektów przez inwestora, który wykłada pieniądze na inwestycje. Z tego punktu widzenia, przy prawidłowym i kompleksowym rachunku, mogą być ważną przesłanką decyzyjną w procesie przygotowywania konkretnego projektu inwestycyjnego. Problemem pozostaje, iż inwestorem w zakresie infrastruktury jest zwykle państwo, uwzględniające w swoich decyzjach zwykle szereg uwarunkowań pozaekonomicznych (społeczne, ogólnorozwojowe, integracyjne, regionalne, lokalne, polityczne, prawno-międzynarodowe, obronne i wiele innych). Generalnie, metody badania okresu zwrotu pozwalają na dokonywanie wyboru, spośród wielu projektów inwestycyjnych, wariantu ukierunkowanego na jak najszybsze odzyskanie poniesionych nakładów.

Okresem zwrotu jest liczba lat, w których poniesione nakłady inwestycyjne zwrócą się w formie gospodarczego efektu tych inwestycji. Zaletą metod okresu zwrotu jest prostota i komunikatywność przekazu, a wadami brak obiektywnego kryterium decyzyjnego, wspomniany wyżej brak uwzględnienia wartości pieniądza w czasie, nie uwzględnianie efektów po okresie zwrotu oraz opieranie się na wynikach księgowych, a nie przepływach pieniężnych. Jeżeli dodamy, że inwestycje infrastrukturalne są kapitałochłonne i długotrwałe, a ich długoterminowy efekt można często tylko szacować z określonym prawdopodobieństwem, to przesądza o ograniczoności zastosowania omawianych metod.

Przykładem są tu proste stopy zwrotu nakładów inwestycyjnych:

$$ROI = \frac{Z_o}{I_c} \times 100\%$$

ROI (*Return of Investment*)

gdzie:

- $Z_o$  – zysk operacyjny
- $I_c$  – całkowite nakłady inwestycyjne

$$ROE = \frac{Z_n}{I_{kp}} \times 100\%$$

ROE (*Return of Equity*)

gdzie:

$Z_n$  – zysk netto  
 $I_{kp}$  – całkowite nakłady inwestycyjne finansowane udziałem własnym

Prosta stopa zwrotu nakładów inwestycyjnych ROI wymaga określenia zysku operacyjnego inwestora. Jest to stosunkowo proste przy mniejszych projektach, np. inwestycji w usługi około infrastrukturalne (m.in. stacje benzynowe, gastronomia, usługi hotelarskie). Natomiast wyliczenie to pozostaje niemal nierealne z punktu widzenia inwestującego w duży projekt infrastrukturalny (np. autostradę, linię kolejową) z jego skomplikowanym, długotrwałym, wielopłaszczyznowym wpływem na zagospodarowywaną przestrzeń. Podobnie zysk netto w stopie zwrotu z kapitału własnego ROE można wyodrębnić jedynie incydentalnie na większą skalę przy konkretnych projektach drogowych, gdy zakładamy odpłatność wykorzystania budowanych odcinków autostrad lub dróg ekspresowych i jesteśmy w stanie przewidzieć przyszłe wpływy z tego tytułu do Krajowego Funduszu Drogowego.

Problemy z zapewnieniem kompleksowego i rzetelnego wsadu informacyjnego powstają, oczywiście, także przy dyskontowaniu przyszłej wartości kapitału i stosowaniu złożonych metod rachunku ekonomicznego. Tym niemniej, należy dążyć do zastosowania złożonych metod oceny projektów inwestycyjnych, takich jak metoda zaktualizowanej wartości netto NPV (*Net Present Value*). Metoda NPV wyrażona matematycznie jest sumą wszystkich korzyści netto (przepływów pieniężnych netto) osiąganych w całym ekonomicznym cyklu życia przedsięwzięcia inwestycyjnego, które przed zsumowaniem są dyskontowane, czyli sprowadzane do jednego momentu czasowego w celu

ujednoczenia ich wartości pieniężnej.

W celu wyznaczenia wartości NPV trzeba [Rogowski, 2006]:

- oszacować wartość przepływów pieniężnych netto w całym ekonomicznym cyklu infrastrukturalnego przedsięwzięcia inwestycyjnego,
- oszacować wartość zdyskontowaną dla każdego przepływu pieniężnego netto,
- zsumować zdyskontowane przyprawy pieniężne netto.

Wynik sumowania traktuje się jako skumulowaną korzyść netto z danego przedsięwzięcia inwestycyjnego, czyli poszukiwaną NPV. Powinniśmy uzyskać wartość  $NPV > 0$ .

Inne założenie metodologiczne mówi, że metoda ta opiera się na zdyskontowanych (operacyjnych) przepływach środków pieniężnych, na kalkulacji rachunku w całym okresie trwania projektu inwestycyjnego ( $t = 0, 1, 2, \dots, n-1, n$ ) oraz na przyjęciu ostrożnego założenia dotyczące stopy dyskonta, którą przyjmuje się na poziomie kosztu pozyskania kapitału do realizacji projektu (średni ważony koszt kapitału). Racjonalność ekonomiczna nakazuje, by koszt kapitału był niższy od stopy zwrotu oczekiwanej przez inwestorów [Brdulak, Zakrzewski, 2013 a].

NPV liczymy zgodnie z następującą formułą:

$$NPV = \sum_{t=0}^n NCF_t \times CO_t$$

gdzie:

$NCF_t$  – przepływy pieniężne netto w kolejnych latach okresu obliczeniowego

$CO_t$  – czynnik obecnej wartości (współczynnik dyskontowy) dla kolejnych lat okresu obliczeniowego (właściwy dla przyjętego poziomu stopy procentowej)

$t = 0, 1, 2, \dots, n$  –

kolejny rok okresu obliczeniowego

Jeżeli całość nakładu ponoszona jest w roku  $t = 0$ , o co trudno przy poważniejszych inwestycjach infrastrukturalnych, powyższy wzór przyjmuje postać:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{D_t}{(1+i)^t} - I_t$$

gdzie:

- $D_t$  – przepływy pieniężne netto związane z bieżącym funkcjonowaniem przedsięwzięcia (bez udziałów kapitałowych) w kolejnych latach okresu obliczeniowego
- $I_t$  – nakłady kapitałowe w kolejnych latach okresu obliczeniowego
- $i$  – roczna stopa procentowa
- $t = 0, 1, 2, \dots, n$  – kolejny rok okresu obliczeniowego

Projekty inwestycyjne są uzasadnione w przypadku występowania  $NPV > 0$ . Jedynie względy pozaekonomiczne mogą w wyjątkowych przypadkach usprawiedliwić  $NPV = 0$ . K. Leszczyński uznaje, że jednoznacznym społecznym kryterium w rachunku ekonomicznym w długim okresie (w formule dyskonta) jest maksymalizacja zaktualizowanej wartości netto ( $NPV = \max > 0$ ), przy założeniu, że zostanie prawidłowo wyliczona [Leszczyński, 1997]. Kryterium to jest sumą zaktualizowanych zysków czystych w okresie dyskontowym. Jego spełnienie oznacza, iż każdy nowy podmiot, powstały w wyniku realizacji projektu inwestycyjnego, znajdzie się w dynamicznej równowadze ekonomicznej. Osiągnięcie  $NPV = \max > 0$  świadczy o tym, że dany projekt inwestycyjny jest optymalny (ekonomicznie uzasadniony), gdyż każda złotówka w nakładach inwestycyjnych zapewni w każdym roku okresu dyskontowego zysk nie mniejszy (większy, choć w krańcowym wypadku przyjmuje się także równy) niż wynosi graniczna stopa zysku  $r$ .

Powyższe konstatacje prowadzą do ostatecznej refleksji, że punktowe, ograniczone finansowo badania skutków inwestycji infrastrukturalnych transportu samochodowego powinny ograniczyć się do przemyślanego wyboru analizowanych wskaźników wpływu tych inwestycji na otoczenie społeczno-gospodarcze, zgodnie z możliwie uproszczoną metodologią badawczą. Zastosowane metody badawcze muszą dać szansę sformułowania wniosków, w części nawet intuicyjnych, o charakterze eksperckim. Doświadczenia polskie i zagraniczne wskazują na zasadność takiego kierunku prowadzenia badań przestrzennych. Wydaje się, że tylko w taki sposób, przy występujących ograniczeniach zasobowych, jesteśmy w stanie ocenić pożądaną kierunek i siłę zmian stale komplikującej się przestrzeni społeczno-gospodarczej państw, regionów i przedsiębiorczych środowisk lokalnych.

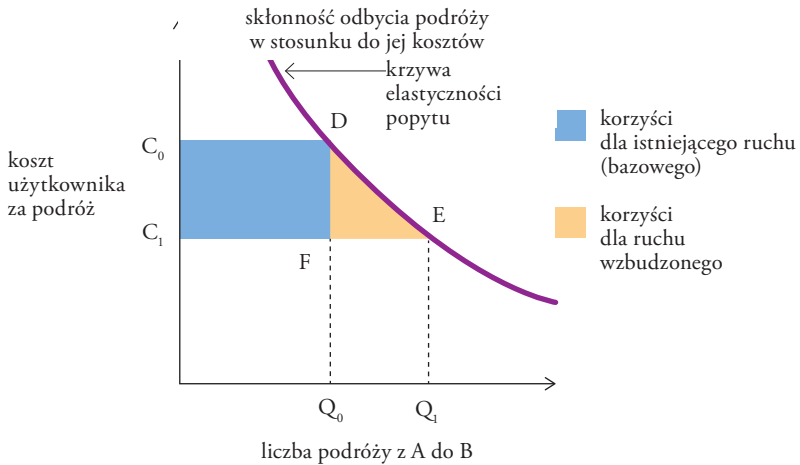
### Zastosowanie modelu ruchu wzbudzonego

Metodologicznym wyjściem, które daje szansę rozwiązania powyższych dyalematów badawczych, jest propozycja polegająca na określaniu tzw. ruchu wzbudzonego pojazdów na budowanych lub modernizowanych odcinkach sieci drogowej, po likwidacji tzw. „wąskich gardeł”, czy też wprowadzaniu istotniejszych zmian w organizacji ruchu. Zagadnienie to wiąże się z modelowaniem przejazdów, które z kolei jest ściśle związane ze zmianą stanu infrastruktury transportowej.

W jednym z ujęć [Szarata, 2013], system transportowy można podzielić na dwa podstawowe komponenty: popyt – liczba przejazdów generowana lub absorbowana przez dany obszar oraz podaż – obiekty budowlane, które służą do realizacji zamierzonych podróży (np. układ drogowy, torowiska tramwajowe czy linie kolejowe). Bardzo istotnym parametrem tego systemu jest czas, ponieważ system



### Rysunek 1 Graficzne ujęcie skłonności użytkowników do realizowania przejazdu w stosunku do jego kosztów



Źródło: opracowanie własne na podstawie: The Department of Transport [1994].

podlega zmianom w czasie, zachowując jednocześnie swoje podstawowe właściwości.

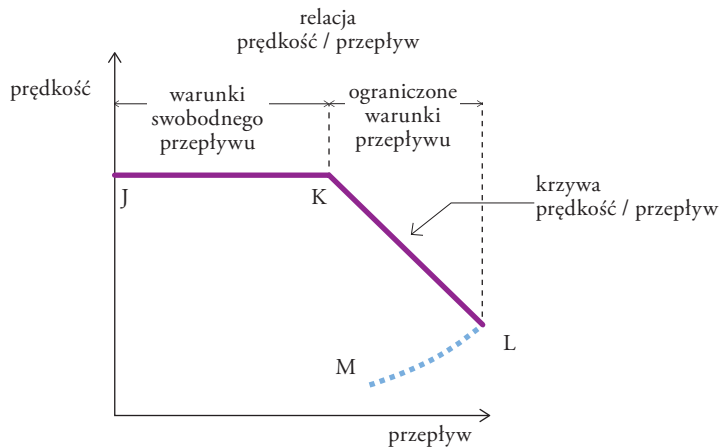
W badaniach przeprowadzonych w Kanadzie (Hamilton w stanie Ontario) [Doherty, et al., 1997], wykorzystano bazę danych dotyczącą przejazdów realizowanych przez użytkowników systemu w dłuższym czasie, żeby określić, kiedy respondenci planowali konkretną aktywność, jak często zmieniali atrybuty przypisane do decyzji związanych z tą aktywnością i z jakiej części aktywności zrezygnowali. Badania te były inspiracją dla podobnych analiz przeprowadzonych w Niemczech i USA. Modele oparte na aktywnościach są bardzo dobrym narzędziem uwzględniającym wpływ różnych czynników zewnętrznych na decyzję o tym, czy realizować daną podróż lub z niej zrezygnować.

W Instytucie Transportu Samochodowego w Warszawie prowadzi się badania wpływu efektów inwestycji infrastrukturalnych na zmianę liczby przejazdów drogowych. Rola tego typu analiz jest istotna nie tylko z punktu widzenia analiz efektywności funkcjonalnej, ale również z pozycji efektywności ekonomicznej danej inwestycji infrastrukturalnej. Obec-

ne podejścia często pomijają w analizach efektywności ekonomicznej ruch wzbudzony, co prowadzi do niedoszacowania/przeszacowania tej wartości. Wiele analiz wykorzystuje prace ze stałym popytem na usługi transportowe, co może wystarczać i nie ma powodu, by komplikować obliczenia przez wprowadzanie zmiennej wartości popytu. Jednak brak uwzględnienia ruchu wzbudzonego może prowadzić do przeszacowania korzyści w sieciach o wysokim stopniu zatłoczenia transportowego. Dla dużych inwestycji w obszarach zurbanizowanych, gdzie poziom zatłoczenia drogowego jest przeważnie wysoki, istotne jest wyznaczenie efektywności ekonomicznej, uwzględniającej udział ruchu wzbudzonego. Na rysunku 1 przedstawiono związek między kosztem podróży a liczbą podróży wzbudzonych.

Rysunek 1 pokazuje liczbę osób chętnych do podróży między punktem A i B. Przy koszcie podróży  $C_0$  wartość ta wynosi  $Q_0$ . Kiedy koszt podróży spada do wartości  $C_1$ , wielkość liczby podróży wzrasta do  $Q_1$ . Zagregowana korzyść dla podróżujących pomiędzy punktem A i B, ze względu na zmniejszenie kosztów podróży, to  $C_0DEC_1$ . Ta korzyść może być rozważana pod kątem dwóch składników.

## Rysunek 2 Relacja prędkości do przepływu



Źródło: opracowanie własne na podstawie: The Department of Transport [1994].

Dla liczby podróży  $Q_0$  są one realizowane po koszcie  $C_0$ . Po ulepszeniu drogi, koszt podróży spada do  $C_1$ . Podróże  $Q_0$  uzyskują zysk, który jest równy pełnej różnicy kosztów ( $C_0 - C_1$ ).

Po drugie, występują podróże, które są wzbudzone obniżką ich kosztów. Otrzymują one korzyść porównywalną do różnicy pomiędzy chęcią poniesienia kosztów podróży, a rzeczywistymi kosztami. Różnicą tą jest obszar DEF. Jeżeli zmiana w kosztach nie jest zbyt duża, rozsądnie jest założyć, że krzywa popytu jest liniowa w odpowiednim kierunku.

W takim przypadku, średnia wzmożona liczba podróży otrzymuje korzyść równą połowie zmian kosztów. Stąd wszelkie korzyści użytkownika mogą być zapisane jako wzór, widoczny na dole strony [The Department of Transport, 1994].

Jest to tak zwana „zasada połowy”. Aby poradzić sobie ze złożonymi sieciami drogowymi, można je rozszerzyć o więcej niż jeden moduł i wiele różnych par destynacji.

Trzeba jednak zaznaczyć, że całkowity zysk użytkownika to nie to samo co zmiana w całkowitym koszcie użytkownika (zmniejszeniu go) związanym z podróżą. Na rysunku 1 widać, że jeżeli koszt użytkownika za podróż spada z  $C_0$  do  $C_1$ , wydajność korzyści wynosi  $C_0/DEC_1$ , to ogólny koszt użytkownika związany z podróżą może spaść lub wzrosnąć w zależności od elastyczności popytu.

By dalej prowadzić analizę, należy rozważyć także stronę podażową, bądź przepustowość (pojemność) sieci drogowej. Dla przykładu, bierzemy punkt rozpoczęcia pojedynczej podróży jako A, a jej cel jako B, podróż wykonywana jest pojedynczą drogą. Rezultaty są uogólnione dla wielu poszczególnych par, destynacji i wielu dróg. Koszt, który ponosi użytkownik kiedy wykonuje podróż, to przede wszystkim koszt czasu i koszt użytkownika pojazdu. Koszt podróży pomiędzy A i B zależy od dystansu, fizycznej charakterystyki drogi i gęstości ruchu jaki napotkano. Ostatnie dwa z tych czynników są zamknięte wokół relacji prędkość / przepływ.

$$(C_0 - C_1)Q_0 + \frac{1}{2} (C_0 - C_1)(Q_1 - Q_0) = \frac{1}{2}(C_0 - C_1)(Q_0 + Q_1)$$

- $C$  – koszt przejazdu wykonanego przez użytkownika  
 $Q$  – liczba przejazdów z punktu A do punktu B

Prosta relacja prędkość/przepływ zawiera taki komponent jak prędkość w ruchu swobodnym, ustalona przez fizyczne charakterystyki drogi, niezależnie od wielkości ruchu (zatłoczenia). Dotyczy to zasięgu przepływu (warunki swobodnego przepływu), tj. odcinek JK na rysunku 2, gdzie K jest maksymalnym swobodnym przepływem. Wyższe przepływy niż K mogą występować, ale kosztem zmniejszonej szybkości – odcinek KL na krzywej. Na tym odcinku indywidualne prędkości pojazdów wymuszone są przez obecność innych pojazdów, mimo iż przepływ jest nadal płynny i nieprzerwany. Odcinek KL, w odniesieniu do relacji prędkość/przepływ, jest referowany jako ograniczony przepływ, z pewnymi opóźnieniami nakładanymi na użytkowników pojazdów, kiedy wzrośnie zatłoczenie (poziom ruch, przepływ).

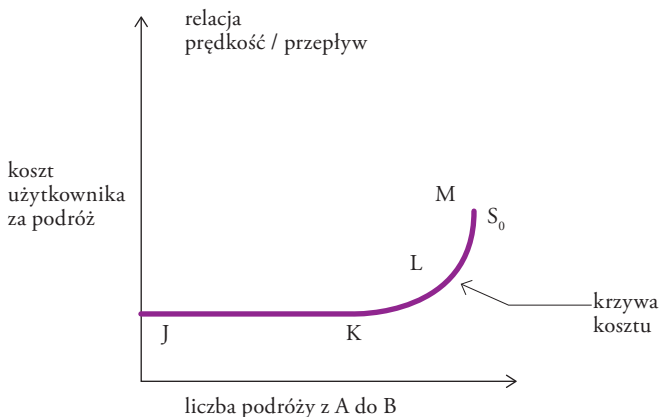
W rzeczywistości występuje kolejny element, trudniejszy do zdefiniowania, który pojawia się wtedy, gdy ruch rośnie, tymczasowo zwiększając zatłoczenie, które przekracza pojemność danej trasy. Konsekwencją tego jest rozstrojenie stabilności przepływów, czasami charakteryzowane jako „szokująca fala podróżujących”, prowadząca do zakłócenia swobodnego przepływu. Jest to odcinek LM z niestabilnymi warunkami zatłoczenia, kiedy zarówno prędkość jak i przepływy spadają. W tej sytuacji występują częste postoje,

formułując się długie kolejki, a opóźnienie szybko się akumuluje.

Na rysunku 3 przedstawiona została uproszczona wersja krzywej obrazującej relacje prędkości do przepływów. Przy wiedzy na temat wartości czasu (pieniężnej) i relacji pomiędzy prędkością a kosztami operacyjnymi, można tę krzywą (JKL) przedstawić jako krzywą kosztu. Krzywa kosztu oznaczona  $S_0$  określa poziom kosztów użytkownika, które ponosi za podróż przy każdym możliwym natężeniu ruchu. W obszarze swobodnego przepływu JK krzywa jest pozioma, ponieważ prędkość, czas i koszty przejazdu za podróż nie będą zależne od poziomu ruchu. Przy innym wymuszonym przepływie na odcinku KL, koszt podróży rośnie z intensywnością ruchu, ponieważ dodatkowe natężenie ruchu jest związane z mniejszą prędkością i dłuższym czasem podróży. W obszarze niestabilnego przepływu (zakorkowanie) na odcinku LM, wzrastają znaczne opóźnienia, występują kolejki, koszt podróży rośnie, a liczba podróży jest praktycznie taka sama. Przedstawione na wykresach zależności graficznie pokazują zachowanie pasażerów, ich skłonność do odbycia podróży w stosunku do jej kosztów oraz w relacji prędkości do przepływu.

Uproszczona formuła pozwalająca wyznaczyć całkowite koszty użytkowników związane z daną inwestycją to:

Rysunek 3 Relacja prędkości do przepływu w wersji uproszczonej



$$K_{cal.} = \frac{(K_0 - K_1) \times (G_0 + G_1)}{2}$$

gdzie:

$K_0, K_1$  – koszt uogólniony przejazdu,  
odpowiednio przed  
i po inwestycji

$G_0, G_1$  – liczba przejazdów,  
odpowiednio przed  
i po inwestycji

Oczywiście, wyznaczenie wartości  $G_0, G_1$  nie jest łatwe, ale sam fakt dostrzeżenia problemu jest istotny. Analizy podróży wzbudzonych z uwzględnieniem modeli symulacyjnych prowadzone były dla takich aglomeracji jak m.in.: Belfast, Cardiff, Londyn i Norwich [Shiftan, et al., 2002]. W Polsce zbadano skutki powstania nowych inwestycji drogowych (istniejących i planowanych) dla przedsiębiorstw transportu samochodowego, w ramach kompleksowych badań efektywności ekonomicznej tych projektów.

### Infrastruktura, a redukcja kosztów przedsiębiorstwa

Rozwój infrastruktury wpływa na obniżenie kosztów transportu. Jest to znaczący czynnik wpływający zarówno na stronę podażową, jak również popytową produkcji. Zyskują zarówno przedsiębiorstwa produkcyjne, dzięki obniżeniu kosz-

tów transportu, jak również same przedsiębiorstwa transportowe, które obniżają koszty własne i mogą być bardziej konkurencyjne na rynku usług. Cała ta sytuacja może prowadzić również do obniżenia kosztów samego produktu. Obniżanie kosztów transportu jest istotne, zwłaszcza dla przewoźników. Konkurencja cenowa na rynku samochodowych przewozów ładunków wymaga od przewoźników znajomości kształtowania się jednostkowych kosztów przewozów. Jest to warunkiem umacniania pozycji konkurencyjnej firmy, co daje szansę dalszego funkcjonowania na rynku usług transportu samochodowego. Wiedza o kształtowaniu się poziomu kosztów jednostkowych i struktury rodzajowej kosztów jest potrzebna do kształtowania cen na usługi przewozowe, z jednoczesnym zachowaniem wysokiej jakości obsługi przez przedsiębiorstwa przewozowe. Średni koszt 1 wozokilometra dla innych rynków krajowych UE wynosi 3,85 zł, a dla rynków wschodnich 3,64 zł. Mediana tej wartości osiąga wysokość 3,74 zł za 1 wozokilometr.

Analizując udział poszczególnych kategorii w strukturze kosztów 1 wozokilometra (tablica 1), największa wartość to grupa materiałów pędnych i eksploatacyjnych, następnie wynagrodzenie i delegacje

**Tablica 1 Udział poszczególnych kategorii w strukturze kosztów 1 wozokilometra na rynkach krajów UE oraz na rynkach wschodnich**

wyszczególnienie	ryunki krajów UE	ryunki wschodnie
<b>średni koszt 1 wozokilometra przebiegu w złotych, w tym:</b>	<b>3,85</b>	<b>3,64</b>
materiały pędne i eksploatacyjne	1,54	1,28
usługi remontowe, naprawy i ogumienie	0,18	0,18
amortyzacja lub utrata wartości rynkowej taboru	0,17	0,17
pozostałe koszty kapitału (leasing, kredyt)	0,08	0,08
wynagrodzenia i delegacje kierowców oraz ubezpieczenia społeczne obciążające pracodawcę	0,92	0,95
ubezpieczenie środków transportu oraz podatek od środków transportu	0,29	0,29
opłaty drogowe	0,56	0,42
pozostałe koszty działalności przewozowej przedsiębiorstwa	0,10	0,28
liczba zbadanych przedsiębiorstw	43	49

kierowców, opłaty drogowe, ubezpieczenia, usługi remontowe, naprawy, amortyzacja, pozostałe koszty, czyli kredyty i leasing. W przypadku rynków wschodnich stosunkowo duży udział mają pozostałe koszty działalności przewozowej przedsiębiorstwa (7,7 proc. w porównaniu z 2,7 proc. dla krajów UE).

Rozbudowa infrastruktury pozwala osiągać korzyści związane ze zmniejszoną kongestią, mniejszym zanieczyszczeniem powietrza, hałasem czy mniejszą wypadkowością. Korzyści te nie dotyczą tylko środowiska naturalnego człowieka, lecz również wpływają na zmniejszenie kosztów transportu. Ruch na autostradzie cechuje o wiele większa płynność jazdy, co z kolei wpływa na zmniejszone zużycie paliwa. Jest to tzw. jazda w stylu „eco”, tj. płynna i bezpieczna, zapewniająca wymierne korzyści w postaci średniej oszczędności do 15 proc. zużywanego paliwa, bez wydłużenia czasu jazdy. Posługując się przykładem pojazdu, który średnio zużywa 35 l/100 km i przejeżdża rocznie 100 tys. km, to na każdych stu kilometrach można oszczędzać 2 litry paliwa [Zbyszynski, Krupiński, 2012]. Przyjmując poziom 15 proc. oszczędności związanej z płynną jazdą, zgodnie z danymi z tablicy 1, na 1 wozokilometrze można oszczędzić średnio 0,21 zł. Istotne jest także zjawisko tzw. „kieszeni powietrznej”, często wykorzystywane przez pojazdy ciężarowe, zwłaszcza na autostradach oraz drogach szybkiego ruchu, gdzie pojazdy ciężarowe mogą jechać bezpośrednio za sobą w grupach różnej liczebności i nie utrudnia to znacznie ruchu innym pojazdom. Kolejnym czynnikiem jest kwestia kongestii. Zmiana z jazdy płynnej na jazdę przerywaną przymusowymi postojami może przyczynić się do zwiększenia spalania z 20 do 40 proc. Mały i średni ruch nie wpływa na zużycie paliwa tak jak zatory, a z tymi mamy często do czynienia w aglomeracjach miejskich, które

nie mają obwodnicy, a znajdują się przy istotnych arteriach transportowych. Szybszy przejazd danego odcinka, to również lepsza efektywność wykorzystania czasu pracy kierowcy, jak i czasu samego przejazdu, co także obniża koszty transportu. Zarówno kwestia zatorów, jak również efektywności wykorzystania kierowcy, są bardziej indywidualne i w celu przytoczenia przykładów należałoby dokonać szczegółowych, konkretnych wyliczeń. Jednak kwestia ekonomicznych korzyści związanych z redukcją kosztów transportu jest oczywista.

Poniżej zostaną opisane korzyści, które osiągnięto dzięki budowie 21-kilometrowej, autostradowej obwodnicy Mińska Mazowieckiego. Ogółem, w 2014 roku średni dobowy ruch na obwodnicy Mińska Mazowieckiego we wszystkie dni wynosił 12 424 pojazdów na dobę. Zyski wynikające ze zmniejszenia wypadkowości oszacowano na podstawie kosztów jednostkowych wypadków i kolizji drogowych. Według danych Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, w 2013 roku koszty związane z bezpieczeństwem ruchu drogowego wyniosły:

- koszt jednostkowy ofiary śmiertelnej – 1,97 mln zł,
- koszt jednostkowy ofiary ciężko rannej – 2,21 mln zł,
- koszt jednostkowy ofiary lekko rannej – 30,4 tys. zł,
- koszt jednostkowy wypadku drogowego – 953 tys. zł,
- koszt jednostkowy kolizji drogowej – 41,8 tys. zł.

Z danych Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad wynika, że spośród 352 wypadków w 2014 r., 5,4 proc. to wypadki na autostradach. Obliczając różnice pomiędzy autostradą oraz drogą ekspresową, a innymi drogami dla wszystkich wyżej wymienionych kategorii, uzyskujemy korzyści wynikające ze

zmniejszonej wypadkowości na autostradzie A2, z uwzględnieniem obwodnicy Mińska Mazowieckiego, rzędu 5,96 mln zł na rok.

W raporcie przygotowanym na zlecenie Komisji Europejskiej *Update of the Handbook on External Costs of Transport*, "DG Mobility and Transport" z 2014 roku, zamieszczono kalkulację kosztów związanych z kongestią, zanieczyszczeniem powietrza, hałasem oraz utrzymaniem infrastruktury. Na podstawie tych danych można wyliczyć korzyści, jakie osiąga się na autostradzie, a nie na drodze krajowej innego typu. Dane liczbowe są przygotowane w podziale na wszystkie kraje członkowskie Unii Europejskiej i różnią się w zależności od kraju, typu drogi i klasy pojazdu. Wyliczenia dla kosztów kongestii są związane ze zmniejszeniem kosztów wynikających z mniejszego zatłoczenia na autostradzie. W przypadku obwodnicy Mińska Mazowieckiego trzeba porównać autostradę z drogą główną, która wcześniej prowadziła przez miasto. W raporcie znajdujemy podział na koszty kongestii w obszarze metropolitalnym, miejskim oraz wiejskim. Dla tego odcinka przyjęte zostały obliczenia dla obszaru metropolitalnego, ponieważ Mińsk Mazowiecki jest częścią Obszaru Metropolitalnego Warszawy. Zyski, wynikające z budowy obwodnicy Mińska Mazowie-

ckiego i zmniejszonego zatłoczenia dla samochodów osobowych, wynoszą 140,53 mln zł rocznie. Dla pojazdów ciężkich (dostawcze, ciężarowe, autobusy), zyski ze zmniejszenia zatłoczenia wynoszą 146,55 mln zł rocznie. Korzyści związane ze zmniejszonym zanieczyszczeniem powietrza wynoszą 2,86 mln zł dla samochodów osobowych i 10,07 mln dla pojazdów ciężkich. Mniejszy hałas to korzyści 3,77 mln zł dla samochodów osobowych i 10,39 mln dla pojazdów ciężkich. W kalkulacji uwzględnić należy także koszty zużycia nawierzchni wybudowanego odcinka autostrady, jego utrzymania, napraw itp. Łącznie, dla samochodów osobowych i pojazdów ciężkich koszty te wynoszą 3,14 mln zł rocznie.

Wyliczając korzyści z budowy 21-kilometrowego odcinka autostrady będącego obwodnicą Mińska Mazowieckiego, rocznie otrzymujemy korzyści rzędu 317 mln zł. Cała inwestycja kosztowała 765 mln zł. Jak łatwo policzyć, zwrot nastąpił w niecałe 2,5 roku. Jest to wręcz nieprawdopodobny wynik, który zdecydowanie odbiega od norm zachodnioeuropejskich, gdzie czas zwrotu tego typu inwestycji to kilkanaście do kilkudziesięciu lat. Dowodzi to, iż w przypadku Mińska Mazowieckiego mieliśmy do czynienia z tzw. „katastrofą wąskiego gardła”, której efektem był paraliż komunikacyjny.

### Bibliografia:

1. Banak M., Brdulak J., Krysiuk C., Pawlak P. [2014], *Kierunki rozwoju infrastruktury transportu samochodowego w Polsce*, Warszawa, Wydawnictwo Instytutu Transportu Samochodowego.
2. Bentkowska-Senator K., Kordel Z., Waśkiewicz J. [2015], *Małe i średnie przedsiębiorstwa w transporcie samochodowym. Stan – strategia*, Warszawa, ITS.
3. Brdulak J., Krysiuk C., Nowacki G., Pawlak P. [2014], *Rozwój infrastruktury drogowej w Polsce, sieć autostrad i dróg szybkiego ruchu*, „Logistyka”, nr 3, Instytut Magazynowania i Logistyki.
4. Brdulak J., Pawlak P., Krysiuk C. [2012], *Rozwój gałęziowy transportu w Europie – priorytetowe osie sieci TEN-T*, Warszawa, Instytut Transportu Samochodowego.
5. Brdulak J., Pawlak P., Krysiuk C., Zakrzewski B. [2014], *Domykanie sieci dróg ekspresowych i autostrad czynnikiem mnożnikowym gospodarczego rozwoju regionów*, „Logistyka”, nr 3, Instytut Magazynowania i Logistyki.

6. Brdulak J., Zakrzewski B. [2013 a], *Efektywność centrum logistycznego na Południowym Podlasiu*, Warszawa, ITS.
7. Brdulak J., Zakrzewski B. [2013 b], *Methods of Calculating the Efficiency of Logistics Centres*, "Archives of Transport", issue 3-4.
8. Brdulak J., Zakrzewski B. [2008], *Ocena ekonomicznej efektywności funkcjonowania Centrum Logistycznego w Malaszewiczach – założenia teoretyczne*, "Transport Samochodowy", nr 4.
9. Buga J., Nykowski I. [1974], *Zagadnienia transportowe w programowaniu liniowym*, Warszawa, PWN.
10. Busłowska A. [2012], *Wpływ infrastruktury kolejowej na zrównoważony rozwój regionu (na przykładzie Województwa Podlaskiego)*, Białystok, Uniwersytet w Białymstoku.
11. Chojnicki Z. i in. [1978], *Badania przestrzennej struktury społeczno-ekonomicznej Polski metodami czynnikowymi*, PWN, PAN-Poznań, Seria „Geografia”, t. II.
12. Chojnicki Z., Czyż T. [1975], *Problemy metodologiczne zastosowania analizy czynnikowej w geografii*, „Przegląd Geograficzny”, t. XLVII, z. 3.
13. Doherty S., Miller E., Axhausen W., Garling T. [1997], *A conceptual model of the weekly household activity-travel scheduling process*, *Travel Behavior, Patterns, Implications and Modeling*, UK, Edward Elgar.
14. Domański R. [1972], *Kształtowanie otwartych regionów ekonomicznych*, Warszawa, PWE.
15. Hoszman A. [2014], *Dostępność transportowa: determinanty, pomiar i efekty społeczno-gospodarcze*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza SGH.
16. Isard W. i in. [1965], *Metody analizy regionalnej. Wprowadzenie do nauki o regionach*, Warszawa, PWN.
17. Komornicki T. (red.) [2010], *Ocena wpływu inwestycji infrastruktury transportowej realizowanych w ramach polityki spójności na wzrost konkurencyjności regionów (w ramach ewaluacji ex post NPR 2004-2006)*, Min. Rozwoju Regionalnego, Warszawa.
18. KRBRD [2012], [www.krbrd.gov.pl](http://www.krbrd.gov.pl).
19. Leszczyński K. [1997], *Ekonomiczne kryterium rachunku w długim i krótkim okresie*, Warszawa.
20. Pawlak P. [2015], *Modelowanie podróży związane ze zmianą stanu infrastruktury transportowej*, „Logistyka”, nr 3, Wydawnictwo Instytut Magazynowania i Logistyki.
21. Rogowski W. [2006], *Rachunek efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych*, Kraków, Oficyna Ekonomiczna.
22. Shiftan Y., Ben-Akiva M., de Jong G., Hakkert S., Simmonds D. [2002], *Evaluation of externalities in transport projects*, Institute of Transport Studies, University of Leeds.
23. Szarata A. [2013], *Modelowanie podróży wzbudzonych oraz tłumionych zmianą stanu infrastruktury transportowej*, Seria Inżynieria Lądowa, Monografia 439, Politechnika Krakowska.
24. Szarata A., Żygłowicz J., *Dynamiczne modele podróży*, cz. I, <http://edroga.pl/inzynieria-ruchu/dynamiczne-modele-podrozy-cz-i-20025431/statyczne-metody-rozkladu>, dostęp 25/09/2016.
25. Taylor Z. [1974], *Zastosowanie metod grafowych w badaniach ekonomiczno-przestrzennych*, „Czasopismo Geograficzne”, t. XLV, z. 3.
26. The Department of Transport [1994], *The Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment, Trunk roads and the generation of traffic*, Chairman: Mr D. A. Wood QC, December, London, HMSO.
27. Wilk T., Pawlak P. [2014], *Kongestia transportowa*, „Logistyka”, nr 6, Instytut Magazynowania i Logistyki.
28. Zbyszyński M., Krupiński M. [2012], *Badania ITS przy współpracy ze Szkołą Jazdy Scania oraz Grupą IMAGE*, Biuletyn Informacyjny Instytutu Transportu Samochodowego, Zeszyt 5(53).

---

Dr hab. **Jacek Brdulak**, prof. nadz., Kolegium Nauk o Przedsiębiorstwie, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie.

Mgr **Piotr Pawlak**, Instytut Transportu Samochodowego.