

Katarzyna Iwaszko-Niziałkowska

EFEKTYWNOŚĆ SIECI TRANSPORTOWEJ W POLSCE ROZBUDOWYWANEJ ZE WSPARCIEM ŚRODKÓW UE W LATACH 2007–2013

Streszczenie: W pracy przebadano wzrost efektywności sieci dróg kołowych Polski rozbudowywanej w ramach funduszy unijnych. Wprawdzie inwestycje drogowe podniosły ogólną efektywność całej sieci kraju, ale w trakcie tego procesu spowodowały wzrost zróżnicowania poziomów skomunikowania pomiędzy poszczególnymi obszarami. Wykazano, że mniejsze inwestycje drogowe, subregionalne mogą przynieść w tym względzie większe korzyści.

Słowa kluczowe: sieć transportowa, dostępność transportowa, struktura sieci transportowych.

1. Wstęp

Wraz z przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej pojawiły się możliwości rozbudowy i modernizacji kraju. Celem owych przekształceń jest stworzenie optymalnych warunków dla obecnego i przyszłego rozwoju. W każdym przypadku wstępnym warunkiem rozwoju kraju jest jego dobre skomunikowanie (Porter 2000). Niezależnie od sieci kontaktów wirtualnych, sieć fizycznych połączeń transportowych odgrywa tu rolę kluczową (Healy, Morgan 2012), dlatego na rozwój infrastruktury drogowej przeznaczane są największe nakłady krajowe i unijne.

Inwestycje drogowe na lata determinują szanse rozwoju poszczególnych obszarów. Projekt rozwoju sieci transportowej dostosowywany jest do wizji rozwoju kraju. W Polsce do *Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 (KPZK 2030)* (2013), ta zaś oparta jest o policentryczną metropolię sieciową, której rdzeń stanowi 25 najważniejszych polskich miast mających tworzyć „lokomotywę” rozwoju kraju. Dlatego też połączenia pomiędzy głównymi ośrodkami krajowymi uzyskują priorytet w strategii rozwoju transportu (*Strategia Rozwoju Transportu...* 2012).

Jednak związek pomiędzy zwiększeniem dostępności komunikacyjnej głównych ośrodków a wzrostem gospodarczym regionów jest nie do końca określony

(Harrigan, McGregor 1989). Wynika to z podstawowego problemu dostępności danych i braku miar skomunikowania (De Almeida i in. 2010). Dodatkową trudnością jest planowanie–tworzenie modeli transportowych w dynamicznie zmiennym środowisku. Modele te działają wtedy, gdy jesteśmy w stanie określić przyszły rozkład źródeł i celów kontaktów. Rozkłady zaś tworzymy wykorzystując analogi systemów istniejących. W odniesieniu do przyszłości mają one charakter hipotetyczny. Jeszcze kilkanaście lat temu nikt nie przewidywał globalnego kryzysu gospodarczego, olbrzymich migracji itd., a więc przyszłego układu potencjałów. Główną konstrukcją badań jest przyjęcie założenia, że skoro nie można badać poprawności przyjętych w rozbudowywanej sieci transportowej rozwiązań pod kątem dopasowania ich do prognozowanych kontaktów (przepływów), bo są one w dłuższej perspektywie nieznane, to można zastosować podejście odmienne. Upraszczając zagadnienie: rozmieszczenie źródeł i celów generuje konkretną sieć, ale i odwrotnie – konkretna sieć wpływa na rozkład źródeł i celów. Sieć połączeń infrastrukturalnych jest integralną częścią systemu osadniczego. Może wpływać na dalszy rozwój struktury systemu. Przyjęcie jej rozwoju od strony rozmieszczenia ośrodków (o różnej randze i funkcji) może być mało realistyczne, ponieważ oparte jest na dotychczasowym modelu zachowań ludzkich.

Sieci transportowe mają zwykle większą bezwładność niż zmiany potencjałów. Obszary dobrze skomunikowane mają większe szanse na rozwój istniejących lub nowych działalności niż obszary o słabym skomunikowaniu. Zapewnienie lepszego skomunikowania nie prowadzi automatycznie do rozwoju obszaru. Zwiększa jednak potencjał do jego powstania (Brenner, Schlump 2011).

Zmienne warunki gospodarcze wymuszają stałe monitorowanie efektywności wdrażanych programów budowy dróg oraz zmian priorytetów wyboru, często o charakterze politycznym. Sieć transportowa jest systemem, w którym wprowadzenie lub zaniechanie budowy określonych połączeń prowadzi do zupełnie innych charakterystyk ilościowych i jakościowych całej sieci. Dokonywane wybory mają kolosalny wymiar finansowy i długofalowe skutki. Dlatego też, w dynamicznie zmiennej sytuacji istotne jest wypracowanie szybkich i obiektywnych instrumentów planistycznych, co jest metodologicznym celem pracy.

Wykorzystując autorską metodę pomiaru efektywności sieci oraz oparty o nią model decyzyjny zbadano efektywność podejmowanych rozwiązań infrastrukturalnych. Wykazano, że mniejsze inwestycje drogowe, subregionalne mogą przynieść w tym względzie duże korzyści.

Celem pracy jest wskazanie metody pozwalającej na wykrywanie, niewidocznych w innych technikach, potencjalnych możliwości usprawnienia krajowej sieci transportowej przy relatywnie niskich nakładach inwestycyjnych. Lokalizacje tych inwestycji wiążą się z małymi miastami. Ich realizacja przynosi nie tylko znaczące korzyści dla całego kraju, ale diametralnie zwiększa szanse rozwoju małych ośrodków.

2. Struktura pracy

W pierwszym etapie pracy przeprowadzono diagnozę efektywności sieci kołowej rozbudowanej w ramach *Programu Budowy Dróg Krajowych na lata 2008–2012* realizowanego w oparciu o Program Operacyjny *Infrastruktura i Środowisko* na lata 2007–2013. Obliczono i porównano ze sobą efektywność skomunikowania Polski po sieci drogowej w stanie z roku 2004 i 2012. Efektywność sieci liczono w aspekcie geometrycznym i czasowym dla 335 rejonów obliczeniowych – zagregowanych powiatów. Porównano wyniki otrzymane w postaci liczbowej jako charakterystykę całej sieci oraz cechy jakościowe w postaci graficznej, gdzie za pomocą koloru przedstawione są poziomy skomunikowania poszczególnych powiatów w latach 2004 i 2012. Rozkłady poziomów skomunikowania powiatów ukazują obszary o różnym stopniu deformacji sieci tworząc przestrzenną charakterystykę skomunikowania kraju drogami kołowymi.

Następnie porównano rozkład zmian poziomów skomunikowania rejonów z nakładami finansowymi na inwestycje drogowe w tych rejonach. Nakłady finansowe na modernizację i rozbudowę dróg dla poszczególnych rejonów obliczano według gęstości powierzchniowej – odnosząc je do powierzchni i liczby mieszkańców. Porównania dokonano poprzez nałożenie obu charakterystyk wobec średniej. W ten sposób otrzymano przestrzenny rozkład efektywności wydawanych środków w stosunku do otrzymanej poprawy stanu skomunikowania.

W drugiej części pracy wykazano, że mniejsze w wymiarze finansowym inwestycje mogą przynieść większe skutki komunikacyjne, jeśli są prawidłowo zlokalizowane. Przykładowo przedstawiono i omówiono dwa przypadki celowości podejmowania inwestycji związanych z małymi miastami położonymi na Dolnym Śląsku.

3. Założenia, metoda i obszar badań

Użyta w badaniach autorska metoda pomiaru efektywności sieci (Iwaszko-Niziałkowska 1994, 2010) oparta jest na badaniu stopnia jej deformacji w stosunku do idealnej sieci połączeń euklidesowych. W odróżnieniu jednak od metody projekcji sferycznej T. Zipsera (1980), z której się wywodzi, nie jest badaniem stopnia „wydłużenia” odcinków sieci rzeczywistej w stosunku do połączeń prostych, ale badaniem deformacji całej struktury na gruncie topologicznym. Podejście topologiczne (Robin, Wilson 1998) umożliwiło nie tylko stworzenie miary układów sieciowych (Iwaszko-Niziałkowska 1994), ale również zachowania najbardziej istotnych cech sieci – anizotropowości (Iwaszko-

-Niziałkowska 2012). Istotnym bowiem czynnikiem jest kierunek zachodzących w przestrzeni interakcji (Bowman, Ben-Akiva 2001; Lee i in. 2007). Dla projekcji układów sieciowych parametr r charakteryzujący miarę efektywności ich połączeń otrzymuje postać:

$$r = \sin \beta + \cos \beta,$$

gdzie:

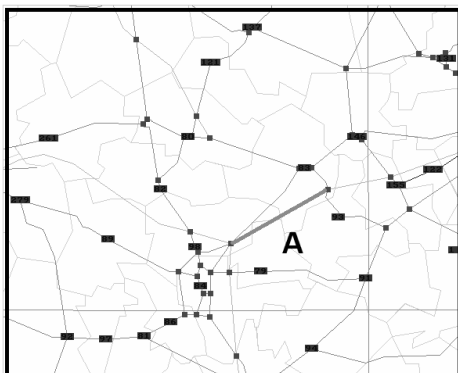
r – promień sfery odwzorowujący efektywność połączeń sieciowych,

β – kąt odchylenia odcinków rzeczywistych sieci od połączeń prostoliniowych (w metrykach przestrzennych).

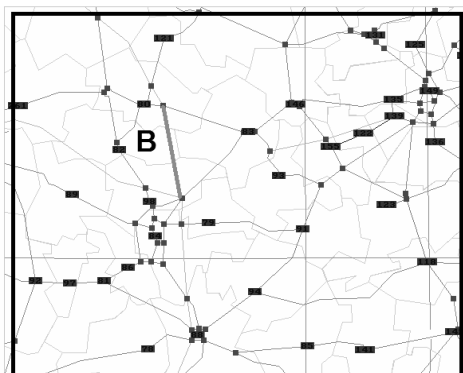
Funkcja $r = \sin \beta + \cos \beta$ osiąga wartość maksymalną dla kąta $\beta = 45^\circ$, gdzie $r_{max} = 1,4142$, co stanowi teoretyczną wartość graniczną deformacji sieci teoretycznych. Wartość r dla kąta β zawartego pomiędzy 0° a 45° rośnie od 1 do 1,4142 i dalszy wzrost kąta β nie powoduje wzrostu wartości r ze względu na charakter funkcji. Praktycznie większe wartości r odzwierciedlają zaistnienie poważnych deformacji sieci lub występowanie ruchów wstecznych (tj. takich, w których występują nawroty o kierunkach zgodnych lub zbliżonych do kierunku prostoliniowego, lecz o przeciwnym zwrocie). Wartość $\beta = 22,5^\circ$ stanowi medianę (środek) zakresu funkcji, stanowiąc granicę pomiędzy połączeniami nisko i wysoko efektywnymi.

Przyjęty w dalszej części pracy podział na dwa główne obszary nasilenia zjawisk wydaje się wystarczającym do przeprowadzanych badań. Duża liczba założonych klas prowadziłaby do obniżenia sumy przypadków do nich zaklasyfikowanych i w konsekwencji do małej reprezentatywności tak otrzymanych klas (Brooks 1949). Dzięki temu zastosowane w pracy nakładania na siebie projekcji: efektywności sieci drogowej i nakładów finansowych na jej modernizację, spełniają warunki standaryzacji (Caliński, Dyczkowski, Kaczmarek 1976; Parysek 1982).

W badaniach geometrii sieci współczynnik efektywności jest pomiarem obiektywnym dla każdego rodzaju sieci. Pozwala to na porównania różnych struktur sieciowych pomiędzy sobą. Można porównywać ogólną efektywność różnych wariantów tej samej sieci. Na rys. 1ab pokazano dwa warianty tej samej sieci transportowej Polski. Rys. 1a przedstawia wariant sieci z realizacją odcinka A, natomiast rys. 1b przedstawia wariant sieci z realizacją odcinka B, którego długość odpowiada długości odcinka A, lecz odcinek B jest inaczej położony w strukturze.



Rys. 1a. Porównanie efektywności sieci przy wariacie realizacji odcinka A



Rys. 1b. Porównanie efektywności sieci przy wariacie realizacji odcinka B

Współczynnik efektywności całej sieci w wariacie A wynosi 1,2977. Natomiast w wariacie B ma wartość 1,2932. Wynika z tego, że realizacja wariantu sieci z odcinkiem B daje więcej korzyści (ma niższą wartość współczynnika efektywności, co oznacza lepsze skomunikowanie wszystkich 335 rejonów), niż realizacja sieci z wariantową inwestycją A, gdyż:

$$rs A = 1,2977 > rs B = 1,2932,$$

gdzie: rs – oznacza współczynnik efektywności całej sieci połączeń.

Wprowadzenie powyższej metody w wymiarze analizy przestrzennej pozwala na ocenę jakościową badanych struktur. Ogólna charakterystyka liczbową całości układu nie oddaje bowiem najważniejszej cechy układów sieciowych – ich anizotropowości. Natomiast ujęcie przestrzenne pokazuje jak kształtują się deformacje (a więc i efektywność skomunikowania) poszczególnych połączeń całej struktury. Ma to ogromne znaczenie w interpretacji otrzymywanych wyników.

W pracy wykorzystano również badania zmian efektywności sieci transportowej w ujęciu czasowym. Oznacza to, że w obliczeniach uwzględniono wymiar czasowy poszczególnych odcinków sieci jako wagę wynikającą z prędkości przypisywanej określonym odcinkom i klasom dróg. Dlatego wyniki wymiaru czasowego (w odróżnieniu od geometrycznego) mają charakter poglądowy i nie są w pełni obiektywne.

Obszarem badań objęto Polskę w podziale na 335 zagregowanych powiatów – rejonów obliczeniowych. Badana sieć kołowa obejmowała wszystkie odcinki dróg o znaczeniu ponadlokalnym. Środki ciężkości rejonów stanowiły środki miast powiatowych. W przypadku braku skomunikowania miasta drogą ponadlokalną podwiązywano je do sieci ogólnopolskiej odcinkami dróg powiatowych lub gminnych.

W pracy zrezygnowano z zestawień kosztów inwestycji drogowych, ze względu na brak kompletnych danych.

4. Wyniki i przebieg badań

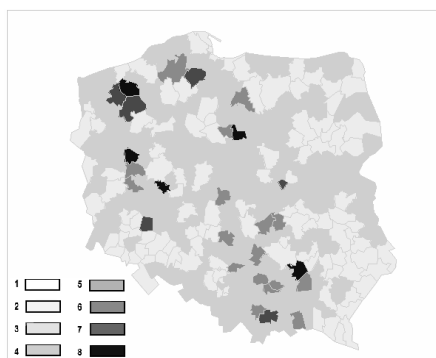
4.1. Diagnoza zmian efektywności sieci kołowej rozbudowanej w ramach Programu Budowy Dróg Krajowych na lata 2008–2012 realizowanego w oparciu o Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko na lata 2007–2013

W pierwszym etapie badań obliczono zmianę współczynników efektywności sieci kołowej Polski w latach 2004–2012, jaka nastąpiła na skutek budowy i modernizacji sieci infrastruktury transportowej.

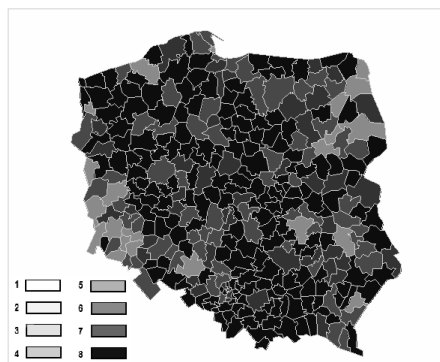
Obliczenia przeprowadzono w aspekcie geometrycznym i czasowym sieci. Wyniki obliczeń przedstawiono na rys. 2ab–3ab w podziale na osiem klas efektywności. Celem prezentacji rysunków było ukazanie: stopnia nasilenia, rozkładu, wielkości, kierunków i ukształtowania zmian badanego zjawiska, a więc cech jakościowych trudnych do uchwycenia w zestawieniach liczbowych. Poszczególnym powiatom przypisano jeden z ośmiu kolorów oznaczających średnią wartość efektywności skomunikowania r w podziale na osiem klas według zakresu funkcji r dla kąta β zawartego pomiędzy 0° a 45° (co $7,5^\circ$). Poczynając od najjaśniejszego koloru odpowiadającemu pierwszej klasie skomunikowania, do najciemniejszego oznaczającego klasę ósmą – braku efektywności (wartość funkcji r dla kąta $\beta > 45^\circ$), zgodnie z podziałem:

1. Klasa efektywności dla $r \leq 1,0001$;
2. Klasa efektywności dla $1,0001 < r < 1,1220$;
3. Klasa efektywności dla $1,1220 \leq r < 1,2248$;
4. Klasa efektywności dla $1,2248 \leq r < 1,3066$;
5. Klasa efektywności dla $1,3066 \leq r < 1,3661$;
6. Klasa efektywności dla $1,3661 \leq r < 1,4021$;
7. Klasa efektywności dla $1,4021 \leq r < 1,4143$;
8. Klasa – nieefektywność dla $r \geq 1,4143$.

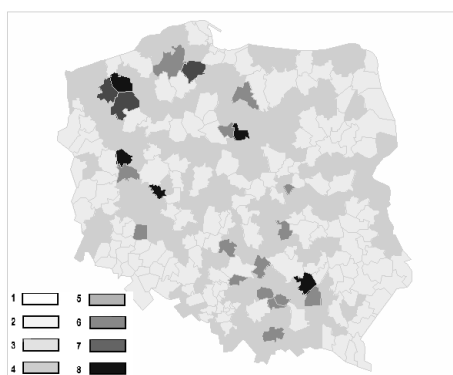
Ogólna efektywność całej sieci kraju w wymiarze geometrycznym podniosła się w latach 2004–2012 o wartość 0,009 (wartość współczynnika spadła z 1,2474 dla sieci z 2004 r. – rys. 2a do poziomu 1,2384 dla sieci z 2012 r. – rys. 3a). Efektywność sieci w wymiarze czasowym podniosła się w tym czasie o 0,1344 (wartość współczynnika spadła z 1,4354 dla sieci z 2004 r. – rys. 2b do poziomu 1,3010 dla sieci z 2012 r. – rys. 3b). Należy zaznaczyć, że w roku 2004 cała sieć w wymiarze czasowym była nieefektywna ($rs = 1,4354 > 1,4142$), natomiast w roku 2012 większość połączeń międzyrejonowych była już efektywna.



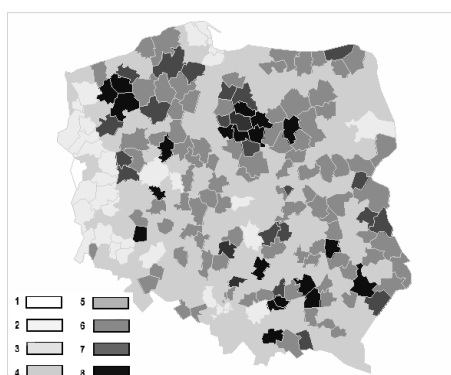
Rys. 2a. Przestrzenny rozkład poziomów efektywności połączeń sieci w stanie na rok 2004. Aspekt geometryczny. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



Rys. 2b. Przestrzenny rozkład poziomów efektywności połączeń sieci w stanie na rok 2004. Aspekt czasowy. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



Rys. 3a. Przestrzenny rozkład poziomów efektywności połączeń sieci w stanie na rok 2012. Aspekt geometryczny. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



Rys. 3b. Przestrzenny rozkład poziomów efektywności połączeń sieci w stanie na rok 2012. Aspekt czasowy. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie

Trudną sytuację komunikacyjną w roku 2012 zachowały jedynie powiaty: świdwiński, łobeski, drawski, gołubsko-dobrzyński, rypiński, zuromiński, działdowski, nowomiejski, przesnycki, śremski, wągrowiecki, wołowski, biłgorajski, opolski (woj. lubelskie), proszowicki, kazimierski, limanowski i włoszczowski – oznaczone najciemniejszym kolorem na rys. 3b (oznaczenie 8). Są to obszary obejmujące ośrodki o znaczeniu regionalnym. Natomiast najlepiej

skomunikowanymi rejonami były obszary położone wzdłuż zachodniej granicy Polski oraz obszary obejmujące ośrodki o znaczeniu ogólnokrajowym, jak: Wrocław, Poznań, Kraków, Katowice, Gdańsk itd. (rys. 3b – oznaczenie 1).

Obserwowane zmiany stanu skomunikowania siecią drogową, przynajmniej w założeniach odnoszących się do ośrodków ogólnokrajowych, są zgodne z *KPZK 2030*. Natomiast w kontekście założeń pracy pozostaje pytanie o efektywność wydatkowanych środków inwestycyjnych pod kątem uzyskiwanych dla sieci drogowej kraju korzyści.

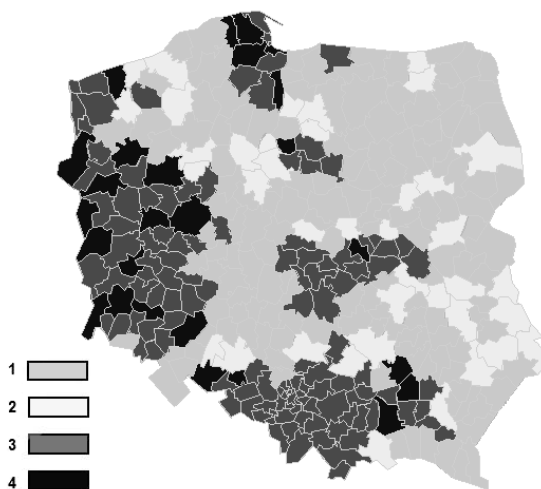
Dzięki zastosowaniu tego samego instrumentu pomiaru wygenerowano łączny rozkład zmian poziomów efektywności sieci drogowej w aspekcie geometrycznym i czasowym. Następnie otrzymany rozkład porównano wobec średniej z rozkładem nakładów finansowych. Pomimo niekompletności danych dotyczących funduszy inwestycyjnych, rys. 4 stanowi odpowiedź na pytanie: w jakich obszarach kraju inwestycje infrastrukturalne przyniosły największe korzyści dla całego systemu sieci kołowej?

Przedstawione na rys. 4 oznaczenie 2 i 4, najjaśniejsze i najciemniejsze obszary – to powiaty, które dysponowały wysokimi (w stosunku do średniej krajowej) funduszami. Obszary te obejmują większość ośrodków o znaczeniu ogólnokrajowym. Wydatkowały one fundusze w sposób zróżnicowany.

Ogólnie lepsze wykorzystanie środków unijnych widoczne jest w Polsce zachodniej i wzdłuż osi centralnej kraju (oznaczenie 3 i 4 na rys. 4). Na terenach tych, pomimo czasem mniejszych od średniej nakładów (rys. 4 – oznaczenie 3), uzyskano wzrost efektywności sieci transportowej (Wielkopolska, Dolny Śląsk, Górny Śląsk, Małopolska). Natomiast w Polsce wschodniej i północno-wschodniej efekty inwestowania były mniejsze (rys. 4, oznaczenie 1 i 2), niezależnie od wysokości funduszy. Na przykład rejon Warszawy, przy wysokich funduszach, uzyskał niższe od średnich wyniki. Dlatego też w dalszej części pracy przedstawiono przykłady mniejszych miast, które pomimo niższych od średniej krajowej funduszy prowadzą racjonalne dla siebie, ale i z korzyścią dla całej sieci inwestycje drogowe.

4.2. Potencjał rejonów o znaczeniu subregionalnym związanych z małymi miastami. Przykłady rezerw w usprawnieniu sieci regionalnej i krajowej

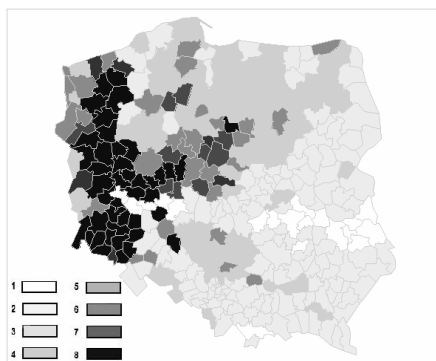
Jednymi ze słabo skomunikowanych powiatów (rys. 3b) są powiaty: Góra (5 klasa efektywności skomunikowania) i Wołów (8 klasa, brak efektywnego skomunikowania) w województwie dolnośląskim. Powiaty te nie dysponowały wysokimi funduszami inwestycyjnymi, jednak podejmują inwestycje drogowe poprawiając swoją dostępność komunikacyjną (rys. 4, oznaczenie 3). Co więcej, w ten sposób przyczyniły się do usprawnienia sieci krajowej.



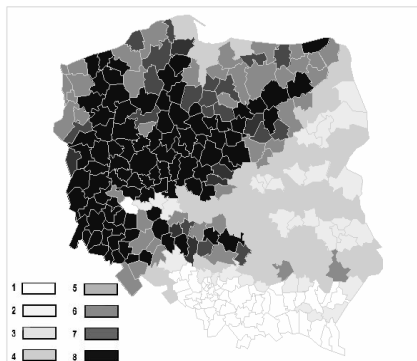
Rys. 4. Analiza łączna (nałożenie wg średniej) wzrostu efektywności skomunikowania (aspekt geometryczny i czasowy) oraz nakładów inwestycyjnych z Programu *Infrastruktura i Środowisko*. Oznaczenia: 1 – obszary o małych zmianach (poniżej średniej) efektywności skomunikowania i niskich nakładach inwestycyjnych (poniżej średniej), 2 – obszary o małych zmianach efektywności skomunikowania oraz wysokich nakładach inwestycyjnych, 3 – obszary o dużych wzrostach efektywności skomunikowania, pomimo niskich nakładów, 4 – obszary o dużych wzrostach efektywności skomunikowania i dużych nakładach inwestycyjnych

W ramach ogólnego programu rozbudowy transportowej w latach 1990–2012 współczynnik skomunikowania dla Góry spadł (a więc zwiększyła się efektywność sieci połączeń) z poziomu: 1,2853 do 1,2777 (aspekt geometryczny) i z 1,5532 do 1,3480 (aspekt czasowy). Dla Wołowa, z 1,3801 do 1,3644 (aspekt geometryczny) oraz z 1,6249 do 1,4221 (aspekt czasowy). Pomimo tego, obydwie powiaty miały nadal niski poziom skomunikowania wynikający z położenia przy rzece Odrze na odcinku pozbawionym mostów. Bariera Odry od południowo-zachodu od dawna kształtowała kontakty Dolnego Śląska i oddzielała oba obszary od zagłębia legnicko-głogowskiego oraz ograniczała przepływy prostopadłe do rzeki o kierunku: południowy-zachód–północny-wschód (rys. 7, ciemne smugi oznaczające potoki ruchu kołowego w 2005 roku wg Wojewódzkiego Biura Urbanistycznego).

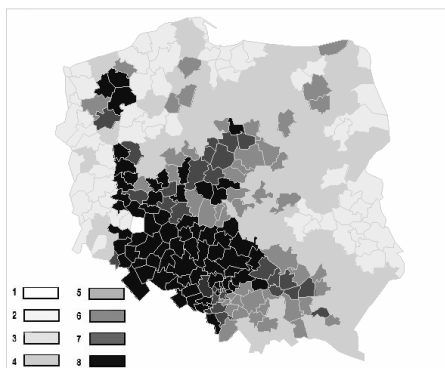
Zasięg i kierunek „oporu przestrzeni” dla źródeł zlokalizowanych w powiatach Góra i Wołów przedstawiono na rys. 5ab–6ab.



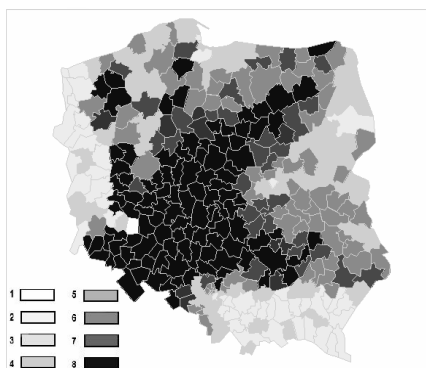
Rys. 5a. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania pow. Góra ($r = 1,2777$). Aspekt geometryczny dla sieci z 2012 roku. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



Rys. 5b. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania pow. Góra ($r = 1,3480$). Aspekt czasowy dla sieci z 2012 roku. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



Rys. 6a. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania pow. Wołów ($r = 1,3644$). Aspekt geometryczny dla sieci z 2012 roku. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



Rys. 6b. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania pow. Wołów ($r = 1,4221$). Aspekt czasowy dla sieci z 2012 roku. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie

Zasięg i znaczenie braku mostów dla małych miast w tych powiatach, ale także dla regionu i kraju jest widoczny w postaci ciemnych smug (oznaczenie 8). Owe ciemne smugi tworzone są przez wszystkie powiaty używające połączeń na tych kierunkach, a które z braku mostów muszą dokonywać objazdów, przez co połączenia te są nieefektywne.

W zamyśle polityki przestrzennej (KPZK 2030) rozwój sieci transportowej ma sprzyjać powstawaniu sieci klastrowych. Jednakże obydwie powiaty zawierające małe miasta przemysłowe wykazują bardzo trudną sytuację komunikacyjną, na co mogą sobie pozwolić jedynie ośrodki bardzo wysoko wyspecjalizowane (Romer 1990; Barber, Scherngell 2013). Trudna sytuacja komunikacyjna – brak dostępności komunikacyjnej względem innych ośrodków regionalnych i krajowych jest mało istotna w przypadku ośrodków wysoko wyspecjalizowanych, unikalnych (np. „Dolina Krzemowa”). Natomiast w przypadku miast o niskim wskaźniku specjalizacji dobra dostępność komunikacyjna jest warunkiem wstępnym do powstawania sieci klastrowych, a przez to do rozwoju gospodarczego. Góra jest praktycznie odcięta od zachodu, a Brzeg Dolny – ośrodek przemysłu chemicznego (pow. Wołów) „odgrodzony” jest od całego kraju obszarami nieciągłości sieci, z wąską smugą efektywnych połączeń w stronę Berlina (rys. 6ab). Istniejąca sieć połączeń drogowych powodowała brak możliwości rozwoju gospodarczego miasta. W literaturze spotyka się wiele koncepcji mechanizmów prowadzących do powstawania klastrów. Jednakże brak dostępności komunikacyjnej minimalizuje możliwości ich powstawania (Brenner, Schlump 2011).

Dlatego też podjęte zostały, w oparciu o środki unijne, decyzje inwestycyjne o budowie mostów w Ciechanowie/Radoczychach (rys. 7, oznaczenie 1) i Brzegu Dolnym (rys. 7, oznaczenie 2).

Inwestycje realizowane są w ramach projektów:

1. Budowa mostu na rzece Odrze w ciągu drogi wojewódzkiej nr 323 (nr projektu: UDA-RPDS.03.01.00-02-016/08-00). Wartość projektu wynosi ponad 74 mln zł, kwota dofinansowania z EFRR prawie 31 mln zł.

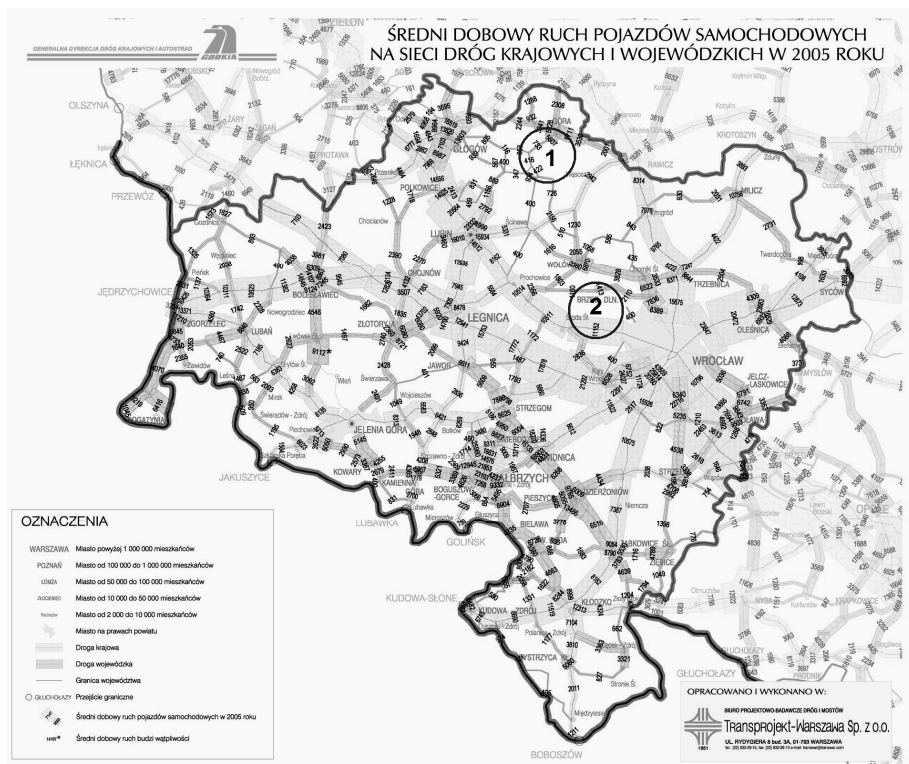
2. Budowa mostu na rzece Odrze w m. Brzeg Dolny wraz z drogami dojazdowymi (nr projektu: UDA-RPDS.03.01.00-02-003/11). Wartość projektu wynosi około 170 mln zł, kwota dofinansowania z EFRR ponad 70 mln zł.

Realizacja mostów przyniesie efekty widoczne na rys. 8ab i rys. 9ab w postaci ograniczenia obszarów, z którymi miejscowości położone w powiatach Góra i Wołów skomunikowane są nieefektywnie (oznaczenie 8 na rys. 8ab–9ab).

Porównanie rys. 8 i 9 (stan z mostami) z rys. 5 i 6 (czyli stanem bez mostów) już na pierwszy rzut oka obrazuje skokowy wymiar poprawy skomunikowania omawianych miast. Co więcej, wpłynie też na konfigurację i efektywność całej struktury transportowej kraju (rys. 10ab–11ab). Sieć transportowa jest bowiem systemem dynamicznym, czyli takim, gdzie zmiana w jednej części wpływa na pozostałe.

Rys. 10ab obrazuje przestrzenny rozkład efektywności skomunikowania wszystkich powiatów Polski (w aspekcie geometrycznym) po realizacji mostu w Ciechanowie/Radoczychach (pow. Góra). Podobnie, rys. 11ab po realizacji mostu w Brzegu Dolnym (pow. Wołów). Budowa mostu w Ciechanowie/Rado-

czycach powoduje zwiększenie efektywności ruchów długich¹ skierowanych na Pomorze (widoczna na rys. 10a zmiana efektywności rejonu Bytowa) oraz Mazury. Natomiast w przypadku budowy mostu w Brzegu Dolnym efektywnymi stają się wszystkie połączenia regionalne. Wyniki liczbowe skutków budowy mostów na zwiększenie sprawności sieci krajowej zamieszczono w tab. 1 i 2.



Rys. 7. Lokalizacja inwestycji na tle dobowego ruchu kołowego Dolnego Śląska.

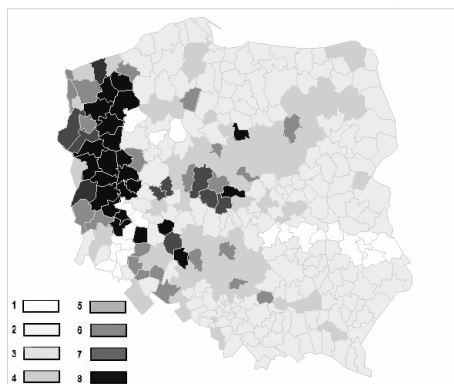
Oznaczenia: 1 – budowa mostu na Odrze w ciągu drogi wojewódzkiej nr 323 pow. Góra, 2 – budowa mostu na rzece Odrze w m. Brzeg Dolny

Źródło: Biuro Projektowo-Badawcze Dróg i Mostów „Transprojekt-Warszawa”, za WBU Wrocław, oznaczenie lokalizacji – opracowanie własne

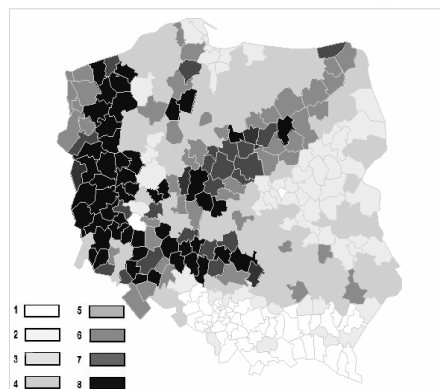
Wyniki wskazują na większe korzyści związane z inwestycją w Brzegu Dolnym. Choć inwestycja w Ciechanowie/Radoczychach daje lepsze wyniki usprawniając geometrię sieci krajowej, to jednak w pozostałych trzech wymiarach korzystniejsza jest realizacja mostu w Brzegu Dolnym. Zmienia ona znacząco

¹ Ruchy długie to ruchy-kontakty na dystansach większych od promienia koła wpisanego w badany obszar. Ruchy krótkie to ruchy pomiędzy sąsiadującymi bezpośrednio ze sobą rejonami. Ruchy średnie to ruchy na dystansach dłuższych od ruchów krótkich i mniejszych, bądź równych promieniowi koła wpisanego w badany obszar.

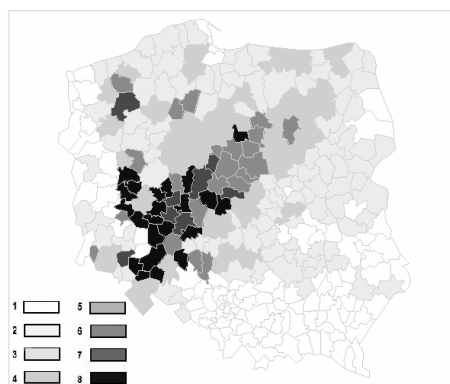
stan skomunikowania powiatu, a w aspekcie czasowym przynosi większe korzyści sieci krajowej niż most w Ciechanowie/Radoczycach. Należy przy tym pamiętać, że obydwa powiaty dysponowały środkami inwestycyjnymi poniżej średniej krajowej.



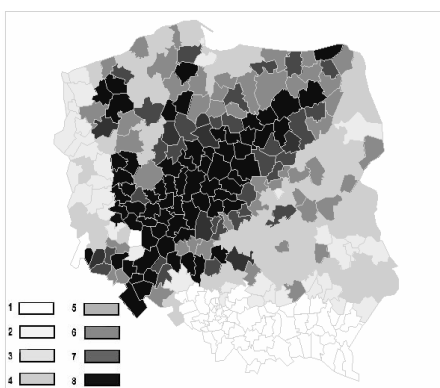
Rys. 8a. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania pow. Góra po zbudowaniu mostu. Aspekt geometryczny dla sieci z 2012 roku $r = 1,2364$. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



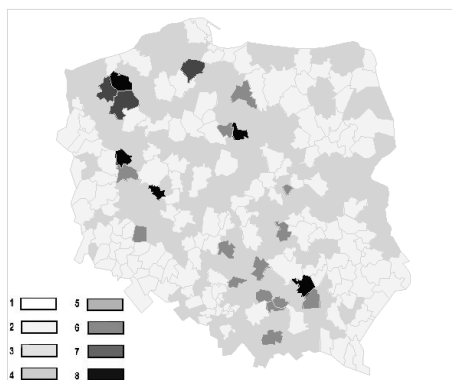
Rys. 8b. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania pow. Góra po zbudowaniu mostu. Aspekt czasowy dla sieci z 2012 roku $r = 1,2923$. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



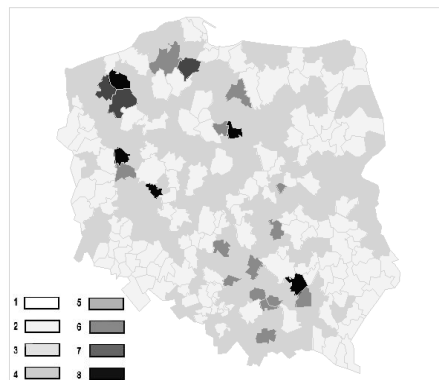
Rys. 9a. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania pow. Wołów po zbudowaniu mostu. Aspekt geometryczny dla sieci z 2012 roku $r = 1,1685$. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



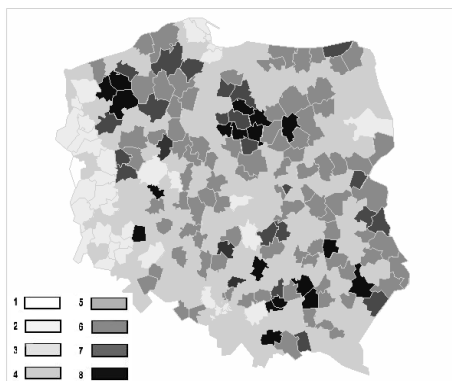
Rys. 9b. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania pow. Wołów po zbudowaniu mostu. Aspekt czasowy dla sieci z 2012 roku $r = 1,2572$. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



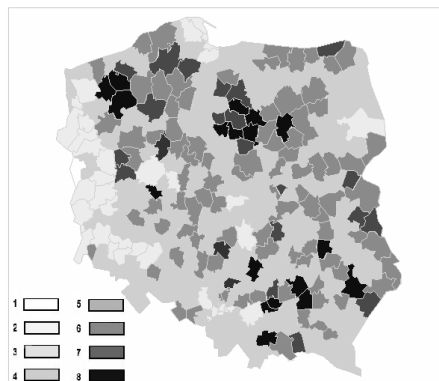
Rys. 10a. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania Polski z realizacją mostu w pow. Góra. Aspekt geometryczny dla sieci z 2012 roku $rs = 1,2373$. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



Rys. 10b. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania Polski z realizacją mostu w pow. Wołów. Aspekt geometryczny dla sieci z 2012 roku $rs = 1,2374$. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



Rys. 11a. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania pow. Góra. Aspekt czasowy dla sieci z 2012 roku z mostem, $rs = 1,3004$. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie



Rys. 11b. Rozkład poziomów efektywności skomunikowania pow. Wołów. Aspekt czasowy dla sieci z 2012 roku z mostem, $rs = 1,3001$. Oznaczenia: 1–7 wg klas efektywności r , 8 – obszary skomunikowane nieefektywnie

Tabela 1

Zmiany efektywności sieci transportowej – aspekt geometryczny,
związane z realizacją inwestycji 1 i 2

Powiaty	Współczynnik efektywności geometrycznej sieci dla powiatu	Współczynnik efektywności geometrycznej sieci dla kraju
Powiat górowski bez mostu w Ciechanowie/Radoczycach	1,2777	1,2384
Powiat górowski z mostem w Ciechanowie/Radoczycach	1,2364	1,2373
Wzrost efektywności sieci po realizacji inwestycji 1	0,0413	0,0011
Powiat wołowski bez mostu w Brzegu Dolnym	1,3644	1,2384
Powiat wołowski z mostem w Brzegu Dolnym	1,1685	1,2374
Wzrost efektywności sieci po realizacji inwestycji 2	0,1959	0,0010

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2

Zmiany efektywności sieci transportowej – aspekt czasowy,
związane z realizacją inwestycji 1 i 2

Powiaty	Współczynnik efektywności czasowej sieci dla powiatu	Współczynnik efektywności czasowej sieci dla kraju
Powiat górowski bez mostu w Ciechanowie/Radoczycach	1,3480	1,3010
Powiat górowski z mostem w Ciechanowie/Radoczycach	1,2923	1,3004
Wzrost efektywności sieci po realizacji inwestycji 1	0,0557	0,0006
Powiat wołowski bez mostu w Brzegu Dolnym	1,4221	1,301
Powiat wołowski z mostem w Brzegu Dolnym	1,2572	1,3001
Wzrost efektywności sieci po realizacji inwestycji 2	0,1649	0,0009

Źródło: opracowanie własne.

5. Wnioski

W pracy przedstawiono wyniki badań ujawniających najsłabsze obszary struktury sieci transportowej Polski w 2012 roku. Zastosowany instrument pomiarowy pozwala wskazać jednoznacznie te miejsca w strukturze sieci, w których istnieją rażące zaniechania, jakie nie mogą zdarzać się w lepiej lub gorzej zaprojektowanej sieci teoretycznej. Wyznaczenie ostrej granicy pomiędzy efektywnością i nieefektywnością struktur sieciowych oznacza, że tam, gdzie występuje nieefektywność połączeń musi istnieć co najmniej jedno rozwiązanie pozwalające na szybką „naprawę” struktury. Owe miejsca nie są zwykle obszarami z ośrodkami o znaczeniu ogólnokrajowym. Natomiast z punktu widzenia całego systemu transportowego właśnie tam kryje się największy potencjał podniesienia sprawności układu. Zwłaszcza, że chodzi tu o budowę stosunkowo krótkich, a więc tanich połączeń. Ich realizacja ma kluczowe znaczenie dla całej sieci, gdyż system transportowy jest systemem dynamicznym, gdzie zmiana w jednej części wpływa na funkcjonowanie całej struktury. W analizowanej sieci drogowej, jej „słabe ogniwa” stanowiły rejony 18 powiatów wymienionych w rozdziale 4.1 i pokazanych na rys. 3ab. Jedynie do pięciu z nich skierowane były dodatkowe środki unijne (rys. 4). Pomimo tego, niektóre z tych powiatów potrafiły gospodarować efektywnie i skutecznie poprawiały swoją dostępność komunikacyjną (rys. 4). Przykładem takiego rejonu jest powiat wołowski, który w latach 1990–2012 zwiększył swoją czasową efektywność skomunikowania z poziomu $r = 1,6249$ do $r = 1,4221^2$ i ostatnio przystąpił do realizacji mostu w Brzegu Dolnym (po budowie mostu r wyniesie 1,2572). Inwestycja ta, realizowana przy udziale funduszy unijnych, pozwoli miastu – ośrodkowi przemysłu chemicznego na kontakt z innymi ośrodkami przemysłowymi, jak LGOM³ i stolicą regionu – Wrocławiem. Zwiększa to szanse rozwoju miasta w zawiązywaniu układu sieciowego, w których kluczową rolę odgrywają powiązania pomiędzy wchodzącymi w jego skład jednostkami, oparte na współzależności i kooperacji (Olesiuk 2009). Drugorzędną rolę odgrywa tu koncentracja przestrzenna.

Dodatkowo, realizacja inwestycji – budowa mostu na Odrze w Brzegu Dolnym, przełamuje kierunki ugruntowanych od dawna przepływów równoległych do rzeki, usprawnia cały system transportowy Polski, co wykazano w rozdziale 4.2. W tym świetle zwraca uwagę relatywnie duży zwrot z mniejszych inwestycji drogowych. Ich opłacalność lub wybór przedstawiono na przykładach mostów w Ciechanowie/Radoczycach i Brzegu Dolnym. Z punktu widzenia wielkości nakładów inwestycyjnych przeznaczanych na rozbudowę systemu transportowego Polski są to inwestycje stosunkowo tanie. Przynoszą jednak

² Im niższy współczynnik efektywności, tym lepsze, bardziej efektywne skomunikowanie – patrz rozdział 2.

³ Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy.

wysokie korzyści w podnoszeniu efektywności całego systemu transportowego. O ile cała modernizacja sieci Polski w badanym okresie w aspekcie połączeń czasowych przynosi korzyści poprawy poziomu skomunikowania o $\Delta r = 0,1344$, o tyle sama realizacja mostu w Brzegu Dolnym daje $\Delta r = 0,0009$. Natomiast w wymiarze efektywności geometrycznej most w Brzegu Dolnym usprawnia sieć krajową aż o $\Delta r = 0,001$ wobec ogólnego usprawnienia na skutek wszystkich inwestycji rzędu $\Delta r = 0,009$ (tab. 1–2).

Zwiększenie dostępności komunikacyjnej małych miast, bez konieczności drastycznych cięć inwestycji priorytetowych, daje podwójne korzyści. Po pierwsze, miasta te z obejmującym je regionem tworzą nową silniejszą strukturę międzynarodowej konkurencji międzyregionalnej (Parr 2004). Po drugie, otrzymujemy usprawnienie całej struktury sieci transportowej kraju. To zaś zwiększa szansę decentralizacji systemu. W obecnej literaturze poświęca się wiele miejsca koncepcji policentrycznych struktur regionalnych. Policentryczną strukturę może tworzyć układ miast sieciowych na poziomie regionalnym lub krajowym. Systemy te nie wykluczają się wzajemnie.

Wykrywanie i diagnozowanie „słabych ogniw łańcucha” w sieci transportowej może stać się metodą racjonalizowania nakładów przy ograniczonych środkach finansowych. Zwłaszcza w czasach, w których jedyną pewną rzeczą jest zmiana.

LITERATURA

- Barber M.J., Scherngell T., 2013, *Is the European R & D Network Homogeneous? Distinguishing Relevant Network Communities Using Graph Theoretic and Spatial Interaction Modelling Approaches*, „Regional Studies”, 8, s. 1283–1298.
- Bowman J.L., Ben-Akiva M.E., 2001, *Activity-based disaggregate travel demand model system with activity Schedule*, „Transportation Research”, 35, część A, s. 1–28.
- Brenner T., Schlump Ch., 2011, *Policy Measures and their Effects in the Different Phases of the Cluster Life Cycle*, „Regional Studies”, 10, s. 1363–1386.
- Brooks C.E.P., 1949, *Metody statystyczne w klimatologii*, „Przegląd Meteorologiczny”, 1/49, Warszawa.
- Caliński T., Dyczkowski A., Kaczmarek Z., 1976, *Testowanie hipotez w wielozmianowej analizie wariancji i kowariancji*, „Roczniki Akademii Rolniczej”, Poznań, s. 77–114.
- De Almeida E.S., Haddad E.A., Hewings G.J.D., 2010, *Transport – Regional Equity Issue Revisited*, „Regional Studies”, 10, s. 1387–1400.
- Harrigan F., McGregor P.G., 1989, *Neoclassical and Keynesian perspectives on the regional macro-economy: a computable general equilibrium approach*, „Regional Studies”, 29, s. 555–573.
- Healy A., Morgan K., 2012, *Spaces of Innovation: Learning, Proximity and the Ecological Turn*, „Regional Studies”, 8, s. 1041–1054.

- Iwaszko-Niziałkowska K., 1994, *Sferyczna metoda oceny sieci komunikacyjnej w analizach układów przestrzennych*, [w:] Bagiński E. (red.), *Planowanie przestrzenne. Zarys metod i technik badawczych*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, s. 67–80.
- Iwaszko-Niziałkowska K., 2010, *Powiązania funkcjonalne i relacje z miastem; Migracje*, [w:] *Modele rozwoju dla terenów urbanizujących się w obrębie wielofunkcyjnych terenów wiejskich w regionie*, Analizy, badania i prognozy na rzecz Strategii Rozwoju Województwa Dolnośląskiego, t. 5, Wrocław, s. 111–196.
- Iwaszko-Niziałkowska K., 2012, *Sieć transportowa – Geografia a szanse rozwoju regionów*, [w:] Ilnicki D., Janec K. (red.), *Badania regionalnych i lokalnych struktur przestrzennych*, Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego, 29, Wrocław, s. 101–110.
- Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030*, http://www.mir.gov.pl/rozwoj_regionalny/Polityka_przestrzenna/KPZK/Strony/Koncepcja_Przestrzennego_Zagospodarowania_Kraju.aspx (dostęp: 19.09.2013).
- Lee Y., Hickman M., Washington S., 2007, *Household type and structure, time-use pattern, and trip – chaining behaviour*, „Transportation Research”, 41, część A, s. 1004–1020.
- Olesiuk A., 2009, *Konkurencyjność regionów a parki technologiczne i klastry przemysłowe*, Oficyna Wydawnicza Branta, Bydgoszcz–Warszawa, s. 79–91.
- Parr J.B., 2004, *The policentric urban region: a closer inspection*, „Regional Studies”, 38, s. 231–240.
- Parysek J., 1982, *Modele klasyfikacji w geografii*, „Seria Geografia”, 31, Poznań.
- Porter M.E., 2000, *Location, competition, and economic development: Local clusters in a global economy*, „Economic Development Quarterly”, 14, s. 15–34.
- Romer P.M., 1990, *Endogenous technological change*, „Journal of Political Economy”, 98, s. 71–102.
- Strategia Rozwoju Transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku)*, http://www.mir.gov.pl/Transport/Zrownowazony_transport/SRT/Documents/Strategia_a_Rozwoju_Transportu_do_2020_roku.pdf (dostęp: 14.04.2013).
- Wilson R.J., 1998, *Wprowadzenie do teorii grafów*, (tłum. W. Guzicki), PWN, Warszawa.
- Zipser T. i in., 1980, *Analiza i ocena alternatywnych modeli docelowych systemu osadniczego, zagadnienia projekcji przestrzeni społeczno-ekonomicznej, Etap III*, Raport Instytutu Architektury i Urbanistyki Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

EFFECTIVENESS OF THE TRANSPORTATION NETWORK IN POLAND DEVELOPED WITHIN THE 2007–2013 EU INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT FRAMEWORK

Abstract: The paper examines the efficiency of the road transportation network in Poland, developed with the use of EU funds. The examined infrastructure investments increased the overall efficiency of the national transportation network, but in the process, they also increased the differences/inequalities in the level of spatial accessibility of

various areas. It has been proved that smaller road infrastructure developments at a sub-regional level would have led to greater efficiencies in the overall efficiency of the national network.

Key words: transport network, transport accessibility, structure of transport system.

Dr inż. arch. Katarzyna Iwaszko-Niziałkowska
Katedra Planowania Przestrzennego
Wydział Architektury, Politechnika Wrocławska