

DŁUGOŚĆ PODRÓŻY W PROGNOZOWANIU ZMIAN POTENCJAŁOWEJ DOSTĘPNOŚCI DROGOWEJ NA PRZYKŁADZIE DWÓCH ODCINKÓW AUTOSTRADY A2¹

Piotr Rosik

dr, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, tel. 503 873 291, e-mail: rosik@twarda.pan.pl

Marcin Stępnia

dr, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, e-mail: stepniak@twarda.pan.pl

Streszczenie. *Celem artykułu jest zaprezentowanie rezultatów badań nad dostępnością potencjałową na poziomie gminnym zrealizowanych w 2012r. w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. Wskaźnik drogowej dostępności potencjałowej gmin uzyskano poprzez zsumowanie trzech komponentów: potencjału własnego, potencjału krajowego oraz potencjału zewnętrznego (międzynarodowego). Wskaźnik pozwala na wykonanie symulacji zmian dostępności w wyniku realizacji poszczególnych inwestycji infrastrukturalnych. W artykule symulację wykonano na przykładzie dwóch odcinków autostrady A2 – Łódź Północ-Warszawa oraz Świecko-Nowy Tomysł. Zmiany drogowej dostępności potencjałowej gmin zostały pokazane na poziomie krajowym oraz międzynarodowym. Celem podróży dla wszystkich symulacji była liczba ludności w rejonach komunikacyjnych. Prognozowanie zmian dostępności ma na celu wskazanie priorytetów realizacji poszczególnych odcinków sieci w kontekście ich znaczenia dla zmian dostępności na różnych poziomach analizy. Szczególną rolę pełni również zakładana długość podróży, którą różnicuje się poprzez dobór odpowiednich parametrów funkcji oporu przestrzeni. Dla wykorzystanej w referencji funkcji wykładniczej wykorzystano podział na podróże krótkie ($\beta = 0,02$) i długie ($\beta = 0,005$).*

W artykule wskazano, iż różnice w zmianach dostępności między krótkimi i długimi podróżami są najwyższe w kontekście międzynarodowym po otwarciu odcinka peryferyjnego położonego blisko tzw. europejskiego rdzenia (Świecko-Nowy Tomysł). Jednocześnie odcinek ten nie ma dużego znaczenia dla zmian dostępności w ujęciu krajowym (niezależnie od długości podróży). Z kolei odcinek położony w centralnej Polsce skutkuje generalnie większymi zmianami dostępności na obszarze całego kraju. Jednak różnice między wariantami w zmianach dostępności nie są tak duże, jak przy odcinku peryferyjnym.

Zastosowana w niniejszym artykule metoda badawcza w postaci tzw. dostępności potencjałowej daje ogromne możliwości ewaluacyjne zarówno w formie ewaluacji ex-post jak i ex-ante. Dzięki zastosowaniu modelu potencjału istnieje możliwość porównywania odcinków sieci drogowej pod kątem zmian dostępności w zależności od długości podróży, zasięgu przestrzennego badania, a także, co nie było tematem niniejszego artykułu, z punktu widzenia atrakcyjności celu podróży, a także typu i gałęzi transportu lub motywacji podróży.

Słowa kluczowe: *dostępność potencjałowa, symulacje zmian dostępności, autostrada A2, długość podróży, zasięg przestrzenny badania*

1 Wkład autorów w publikację: Rosik P.: 50%, Stępnia M.: 50%

1. O ewaluacji inwestycji infrastrukturalnych

Jednym z zadań sieci transportowych, w tym sieci TEN-T, jest dostarczenie regionom peryferyjnym lepszego dostępu do centrów ekonomicznych. Jednak efekt w zakresie zmian dostępności i redukcji peryferyjności w wyniku realizacji inwestycji infrastrukturalnych jest często traktowany jako tzw. efekt pozardzeniowy lub też pozostały (Van Excel i in. 2002, Vickerman 2000). W tradycyjnej procedurze CBA (*cost benefit analysis*) wykorzystywanej do celów ewaluacyjnych i rangowania projektów rzadko analizuje się efekty w zakresie inwestycji zmian dostępności, a efekt ogranicza się do oszczędności w czasie podróży (Vickerman 2000).

W szerszym ujęciu efekty inwestycji transportowych mogą być analizowane z punktu widzenia trzech interakcji (Laird i in. 2005):

- 1) interakcje w obrębie systemu transportowego, włączając w to przestrzenne efekty zewnętrzne (*spillovers*), czyli wpływ odcinka sieci na zjawiska sieciowe poza obszarem badań w postaci tzw. transportowych efektów sieciowych,
- 2) interakcje między systemem transportowym a środowiskiem naturalnym,
- 3) interakcje między systemem transportowym a rozwojem społeczno-gospodarczym.

W przypadku interakcji w obrębie systemu transportowego (interakcje nr 1), które są przedmiotem badania w niniejszym opracowaniu, efekt inwestycji infrastrukturalnych powinien być ewaluowany poprzez porównanie wskaźników dostępności z i bez implementacji danego projektu. Dlatego ważnym jest wyznaczenie sytuacji bazowej (*base case*) i sytuacji projektowej (*project case*), a następnie porównanie obu. Ważnym jest również wyznaczenie zasięgu przestrzennego analizowanych efektów projektu infrastrukturalnego, którym może być kontekst europejski lub supranarodowy, narodowy, regionalny, korytarzowy lub sieciowy (Van Excel i in. 2002).

Interakcje w obrębie systemu transportowego na poziomie supranarodowym, w tym przestrzenne efekty zewnętrzne były tematem prac Gutiérrez (2001) i Gutiérrez et. al. (2011). W pierwszej tematem były zmiany dostępności w wyniku budowy linii kolejowej dużej prędkości Madryd-Barcelona-granica hiszpańsko-francuska. W drugiej autorzy wykonując analizę zmian dostępności potencjałowej (*potential accessibility*) w ujęciu międzynarodowym w kontekście realizacji korytarza transportowego TEN-T Priority Project 25 motorway axis Gdansk-Brno/Bratislava-Vienna dochodzą do wniosku, iż projekty o dużej wartości dodanej w kontekście europejskim powinny bardziej zasługiwać na wsparcie finansowe, niż te istotne z punktu widzenia poszczególnych krajów członkowskich (Gutiérrez et. al. 2011). W porównaniu do Gutiérrez et. al. (2011) wartością dodaną w niniejszym artykule jest analiza zmian dostępności w dwóch wymiarach przestrzennych: krajowym i europejskim oraz w podziale na efekty dla krótkich i długich podróży w zależności od postaci oporu przestrzeni (*impedance*).

Najczęstszym podejściem do tematu zmian dostępności w wyniku realizacji inwestycji infrastrukturalnych jest podejście bazujące na wskaźnikach dostępności takich, jak dostępność kumulatywna (*cumulative accessibility*) lub dostępność

potencjałowa (*potential accessibility*) (Linneker i Spence (1996), Gutiérrez i Gómez (1999)). Dostępność potencjałowa jako metoda została wykorzystana również w niniejszym opracowaniu.

2. Dostępność i peryferyjność

Dostępność i peryferyjność (*accessibility and peripherality*) są terminami nieściśleymi i nie można mówić o jednej teorii centrum-peryferie (Copus 2001, Ball 1996). Można jednak wyróżnić trzy grupy elementów składających się na koncept peryferyjności: przyczynowe, warunkowe i powiązane (*causal, contingent and associated*). Do elementów przyczynowych peryferyjności można zaliczyć te związane z systemem transportowym oraz użytkowaniem przestrzeni (*land-use*), tj. transport oraz słabe korzyści aglomeracji, natomiast wśród elementów powiązanych wymienia się m.in. słabą lokalną i wewnątrzregionalną infrastrukturę, a także małą gęstość zaludnienia (Copus 2001).

Większość badań peryferyjności wykorzystuje wskaźniki dostępności potencjałowej jako miarę peryferyjności (Spiekermann i in. 2002, Spiekermann i Aalbu 2004). Przy porównaniu dostępności w ujęciu krajowym z dostępnością w wymiarze europejskim dla krajów Unii Europejskiej, można wnioskować, że generalnie peryferyjność w skali europejskiej idzie w parze z peryferyjnością w skali krajowej. Od tej reguły są jednak wyjątki w postaci niektórych regionów w krajach Beneluxu, wzdłuż zachodniej granicy Niemiec, a także Alzacji i Lotaryngii we Francji, które są relatywnie peryferyjnie położone w skali kraju, ale centralne w kontekście europejskim.

Z kolei na południu Europy oraz w krajach skandynawskich peryferyjność w skali europejskiej oznacza również peryferyjność w skali krajowej. Istnieją jednak duże różnice w zależności od poziomu dezagregacji, ponieważ dla krajów skandynawskich liczba ludności żyjących na obszarach peryferyjnych w skali europejskiej rośnie z 27 % (dla NUTS 3) do 46 % (LAU-2) co potwierdza potrzebę dezagregacji przestrzennej analizy dostępności potencjałowej (Spiekermann i Aalbu 2004).

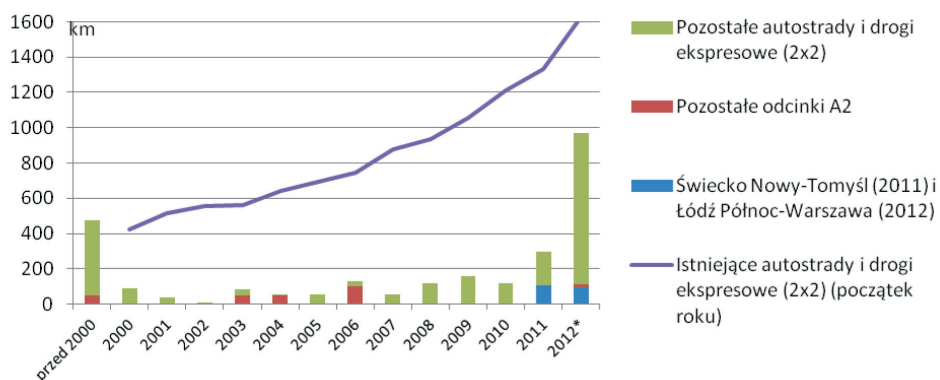
Na obszarze Europy Środkowej również istnieją rejony położone peryferyjnie w skali kraju ale bardziej centralnie w kontekście europejskim. Należą do nich na poziomie NUTS 3: Karlovy Vary w Czechach, Vas na Węgrzech, a także Gorzowski i Zielonogórski w Polsce. Sytuacja województw lubuskiego (podregiony gorzowski i zielonogórski) pod tym względem zmieniła się ze względu na budowę analizowanego w niniejszym artykule odcinka autostrady A2 Świecko-Nowy Tomyśl.

Celem artykułu jest dokonanie ewaluacji znaczenia dla zmian dostępności potencjałowej w kontekście krajowym i międzynarodowym (europejskim) dwóch nowo wybudowanych odcinków autostrady A2 Świecko-Nowy Tomyśl oraz Łódź Północ-Warszawa. Nacisk został położony na lokalizację odcinków w kontekście peryferyjności oraz wymiary dostępności w postaci zasięgu przestrzennego badania i parametrów funkcji oporu przestrzeni utożsamianych z długością podróży.

3. Lokalizacja, gęstość zaludnienia, natężenie ruchu na analizowanych odcinkach autostrady A2

Autostrada A2 przebiega równoleżnikowo przez centralne obszary Polski i należy w całości do tzw. sieci bazowej TEN-T. Ponadto stanowi fragment trasy międzynarodowej E30, prowadzącej z Irlandii, przez Wielką Brytanię, Holandię, Niemcy (w tym Berlin), Polskę, Białoruś do Rosji (Moskwa).

Autostrada A2, podobnie jak większość dróg wyższych klas w okresie PRL-u (1945-1989) była zaniedbywana. W latach 70. podjęto decyzje o budowie dużego odcinka łączącego Poznań z Warszawą. Bezpośrednim powodem decyzji była zbliżająca się olimpiada w Moskwie w 1980r. Przez trzy dekady, do 1989r. ukończono jednak jedynie 48 km autostrady w Wielkopolsce na odcinku między Wrześnią (30 tys. mieszk.) a Koninem (80 tys. mieszk.). Ukończenie tego odcinka jako pierwszego jest decyzją kontrowersyjną, ponieważ autostrada docelowo ma łączyć miasta o znacznie większej liczbie mieszkańców, takie jak Warszawa (1700 tys. mieszk.), Łódź (730 tys. mieszk.), Poznań (550 tys. mieszk.). Realizacja ważnych odcinków z punktu widzenia potrzeb popytowych oraz zmian dostępności dużych miast miała miejsce dopiero w 2003r., gdy oddano do użytkowania 50,8 km odcinek łączący Poznań z Wrześnią, wraz z autostradą południową obwodnicą Poznania. W kolejnym roku oddano 50,4 km trasy od Poznania do Nowego Tomysła, a w 2006r. 102 km odcinek między Koninem, a Strykowem (Łódź Północ). Tym samym w 2011 roku istniał 253 km odcinek autostrady w województwie wielkopolskim oraz łódzkim (rys. 1).



Rys. 1. A2 i inne autostrady oraz drogi ekspresowe według lat oddania do użytkowania

Peryferyjny w Polsce, lecz położony relatywnie blisko europejskiego rdzenia 106 km odcinek autostrady A2 między Świeckiem (granica z Niemcami) a Nowym Tomysłem w woj. wielkopolskim został oddany w grudniu 2011r. Odcinek przebiega przez tereny lesiste (korytarze ekologiczne), charakteryzujące się niską gęstością zaludnienia. Od granicy z Niemcami na odcinku ok. 50 km gęstość zaludnienia wzdłuż odcinka A2 nie przewyższa 20 mieszk./km². Bliżej granicy z woj. wielkopolskim i w samej Wielkopolsce gęstość ludności wzrasta, ale nadal utrzy-

muje się na relatywnie niskim poziomie, tj. poniżej 50 mieszk./km². Najbliższe miasto powyżej 100 tys. mieszk. (Zielona Góra) oddalone jest od analizowanego odcinka o ponad 50 km. Ruch pojazdów ma głównie charakter międzynarodowy. Odcinkiem tym kieruje się ruch ciężarowy z Polski (oraz tranzyt z krajów bałtyckich) w kierunku Niemiec i innych krajów Europy zachodniej.

Centralnie położony w Polsce, a bardziej oddalony od europejskiego rdzenia odcinek Stryków (Łódź Północ) – Konotopa (Warszawa) został oddany w czerwcu 2012r. Gęstość ludności w centralnej Polsce jest relatywnie wysoka i w większości gmin przez które prowadzi odcinek wynosi ponad 50 mieszk./km², a w gminach pod Warszawą sięga 80 mieszk./km². Na odcinku tym ruch tranzytowy miesza się z ruchem lokalnym, przy czym w województwie łódzkim są to głównie dojazdy do miasta Łodzi, a w województwie mazowieckim – dojazdy do Warszawy z gęsto zaludnionych gmin położonych w pasie wzdłuż historycznego szlaku kolei warszawsko-wiedeńskiej od Żyrardowa, przez Grodzisk Mazowiecki i Pruszków do Warszawy.

W świetle badań GUS wysokie wynagrodzenia możliwe do osiągnięcia w Warszawie są czynnikiem, który przyciąga dojeżdżających do pracy nawet z dalszych odległości. Przykładowo w 2012r. dzięki nowemu odcinkowi autostrady czas przejazdu z oddalonego o niecałe 60 km Żyrardowa do Warszawy skrócił się dwukrotnie, tj. z około 80 do 40 minut. Tym samym dzięki redukcji kongestii na wjeździe do Warszawy zmniejsza się poczucie peryferyjności mieszkańców miast takich jak Żyrardów. Wjeżdżający do stolicy Polski z południowego-zachodu autostradą A2 kierują się w 2012r. na węzle Konotopa w stronę północnych i zachodnich dzielnic Warszawy drogą ekspresową S8 a w 2013r. uzyskają możliwość kontynuowania podróży również w kierunku południowych i wschodnich dzielnic drogą ekspresową S2 (Południowa Obwodnica Warszawy) (tab. 1).

Tablica 1. Parametry odcinków A2 Świecko-Nowry Tomysł i Stryków (Łódź Północ) –Konotopa (Warszawa)

| | Świecko (granica polsko-niemiecka)- Nowry Tomysł (woj. wielkopolskie) | Stryków (Łódź Północ) – Konotopa (Warszawa) |
|--------------------------------|--|---|
| Długość (km) | 106 km w tym: 92,5 km – lubuskie 13,4 km - wielkopolskie | 91 km w tym: 46,2 km – łódzkie 44,8 km - mazowieckie |
| Charakterystyka odcinka | Autostrada płatna (zamknięty system pobierania opłat) realizowana w systemie koncesyjnym; koncesjonariusz Autostrada Wielkopolska SA II – umowa koncesyjna do 2037r. | Autostrada docelowo płatna (zamknięty system pobierania opłat) budowana przez państwo |
| Przekrój jezdni | 2x2; nawierzchnia betonowa | 2x2 (docelowo 2x3) z wyjątkiem ostatniego odcinka przed Warszawą Pruszków-Konotopa 2x3 (docelowo 2x4) |
| Liczba węzłów drogowych | 6 (docelowo 8), w tym planowane otwarcie w 2013r. węzła Jordanowo łączącego A2 z drogą ekspresową S3 | 8 (w tym węzeł Stryków (Łódź Północ)) |
| Koszt budowy | 1298 mln €; (12,2 mln za 1 km) | 873 mln €; (9,6 mln za 1 km) |

4. Wymiary dostępności

Wśród ekonomistów, planistów i geografów istnieje duża różnorodność w klasyfikacji metod analizy dostępności. Bruinsma i Rietveld (1998) wyróżniają aż jedenaście alternatywnych sposobów mierzenia dostępności, Song (1996) wyróżnia dziewięć miar dostępności. Baradaran i Ramjerdi (2001) piszą o pięciu podejściach teoretycznych. Geurs i van Wee (2004) identyfikują cztery podstawowe grupy metod, a Geurs i Ritsema van Eck (2001) opisują trzy grupy metod (w tym kilka podgrup). Trzy typy dostępności zostały wyodrębnione również dla wskaźników złożonych przez Spiekermanna i Neubauera (2002).

Część bardziej wyrafinowanych metod badawczych bazuje na znacznym spersonifikowaniu wskaźników dostępności. Jednak przy analizie zmian dostępności w wyniku realizacji inwestycji infrastrukturalnych wykorzystanie tzw. komponentu indywidualnego bez wyczerpujących badań uczestników ruchu na danym odcinku jest znacznie utrudnione. Z tego względu przy analizie zmian dostępności w wyniku oddania do użytkowania nowego odcinka drogi wykorzystuje się znacznie mniejszą liczbę metod badawczych. Linneker i Spence (1996) mierząc efekt zmian dostępności w wyniku realizacji obwodnicy Londynu M25 wykorzystali jako miarę zmian dostępności potencjał rynkowy. Gutiérrez i Gómez (1999) użyli trzech wskaźników do ewaluacji zmian dostępności w wyniku budowy obwodnicy Madrytu M-40. Do miar dostępności należał ważony średni koszt podróży, dostępność kumulatywna oraz potencjał ekonomiczny i demograficzny. W kolejnej publikacji Gutiérrez (2001) szacując zmiany dostępności w następstwie budowy linii kolejowej dużej prędkości Madryd-Barcelona-granica hiszpańsko-francuska wykorzystał ponownie wyżej wymienione trzy wskaźniki dostępności, z tą różnicą, że dla dostępności kumulatywnej limit czasowy dla tak dużej międzyregionalnej inwestycji wynosił w Gutiérrez (2001) 4 godziny (dostępność dzienna), a nie jak w przypadku Gutiérrez i Gómez (1999) jedynie 20 i 30 minut właściwe w transporcie aglomeracyjnym. Warto zauważyć, że Linneker i Spence (1996), Gutiérrez i Gómez (1999) i Gutiérrez (2001) wykorzystywali w analizie dostępność potencjałową (*potential accessibility*) określoną za pomocą ogólnego wskaźnika (Spiekermann, Neubauer 2002):

$$A_i = \sum_j g(M_j) f(c_{ij}) \quad (1)$$

gdzie:

A_i – dostępność transportowa rejonu komunikacyjnego i ,

M_j – masy dostępne w rejonie komunikacyjnym j ,

c_{ij} – łączna odległość fizyczna, czasowa (czas) lub ekonomiczna (koszt) związana z podróżą/przewozem z rejonu komunikacyjnego i do rejonu komunikacyjnego j .

Niezależnie od przyjętej metody badania dostępności można wyróżnić dwa podstawowe komponenty dostępności: **komponent użytkowania przestrzeni**

(*land-use component* - $g(M_i)$) oraz **komponent transportowy** (*transport component* - $f(c_{ij})$), które w szerszym ujęciu uzupełniają również komponent okresowy (*temporal component*) i komponent indywidualny (*individual component*) (Geurs, Ritsema van Eck 2001).

Poszczególne komponenty można interpretować w kontekście tzw. wymiarów dostępności. Listę wymiarów podaje m.in. Spiekermann i Neubauer (2002). Do wymiarów dostępności związanych z komponentem użytkowania przestrzeni należą m.in.: źródła podróży, cele podróży oraz zasięg przestrzenny badania i aspekt spójności terytorialnej.

Do wymiarów dostępności związanych z komponentem transportowym (*transport component*) należą: typy transportu, gałęzie transportu, ograniczenia, bariery, a także tzw. opór przestrzeni (*distance decay*). Wskaźniki dostępności można analizować w ujęciu statycznym oraz dynamicznym.

W niniejszym artykule szczególnie istotne są trzy wymiary dostępności, dwa związane z komponentem użytkowania przestrzeni, tj. zasięg przestrzenny badania i aspekt spójności oraz jeden związany z komponentem transportowym, czyli opór przestrzeni. Analizie poddano zmiany dostępności w dwóch ujęciach przestrzennym: krajowym oraz kontynentalnym (europejskim), a także dla dwóch odinków mających z punktu widzenia spójności charakter peryferyjny lub centralny w zależności od kontekstu przestrzennego.

Zasięg przestrzenny badania. W kontekście europejskim analizy zmian dostępności drogowej prowadzone są od początku lat osiemdziesiątych (Keeble i in. 1982, Schürmann i in. 1997). Powyższe badania dały podstawę do kolejnych cyklicznych badań dostępności potencjałowej przestrzeni europejskiej do ludności oraz PKB na poziomie NUTS 3, w tym wykonanych przez Wegenera i in. (2001). Jako bariery uwzględniony został w tym badaniu czas oczekiwania na granicach państwowych. W dalszych badaniach dostępności potencjałowej przestrzeni europejskiej zespołu prowadzonego przez K. Spiekermanna dokonano aktualizacji wskaźników dostępności drogowej oraz pokazano zmiany jakie były wynikiem rozbudowy sieci transportowych w powiększającej się Unii Europejskiej, w tym o Polskę (Spiekermann, Schürmann 2007). W badaniach dostępności drogowej dla mniejszych jednostek (LAU-1 lub LAU-2) zasięg przestrzenny jest najczęściej ograniczony do terytorium jednego państwa (Bröcker 1989, Geurs i Ritsema van Eck (2001), Holl 2007, Kotavaara (2011)). Niektóre analizy dotyczą grupy państw, czyli dostępności w ujęciu transgranicznym (Spiekermann i Aalbu (2004)). Brakuje analiz dostępności (z wyjątkiem Spiekermann i Aalbu 2004), które z jednej strony łączyłyby wysoki poziom dezagregacji przestrzennej (np. LAU-2) przy jednoczesnym szerokim, np. europejskim zasięgu przestrzennym.

Funkcja oporu przestrzeni. Istotą wskaźników dostępności potencjałowej jest to, iż wraz z rosnącą odległością podróży (odległością fizyczną, czasowa, kosztową lub wygodą podróżowania) maleje atrakcyjność celu podróży. Charakter spadku atrakcyjności celu podróży jest mierzony za pomocą funkcji oporu przestrzeni. Do najczęściej używanych w literaturze przedmiotu form funkcyjnych należą (Geurs i Ritsema van Eck 2001): potęgowa, wykładnicza lub funkcja log-logistyczna.

Wybór formy funkcyjnej oraz wysokości parametrów zależy m.in. od takich czynników jak: gałąź transportu, motywacja podróży, cechy charakterystyczne uczestnika ruchu oraz celu podróży.

Długość podróży. Funkcja wykładnicza jest jedną z tych funkcji, która znajduje zastosowanie w badaniach dostępności na poziomie krajowym lub międzynarodowym oraz w podróżach międzyaglomeracyjnych, podczas gdy na poziomie lokalnym, w podróżach wewnątrzaglomeracyjnych właściwsze jest zastosowanie funkcji potęgowej, charakteryzującej się większą stromizną funkcji (Fotheringham 1983) lub funkcji wykładniczej o relatywnie wysokim wskaźniku β , np. jak u Dalvi i Martin (1976) rzędu 0,17-0,225. W badaniach na poziomie europejskim wskaźnik β jest już znacznie niższy i wynosi dla transportu osobowego np. 0,007 (Schürmann i Talaat 2000) lub 0,005 (Spiekermann i Schürmann 2007). Wrażliwość wyników modelu potencjału na zmiany parametrów funkcji oporu przestrzeni była tematem rozważań m.in. Ingram (1971), Dalvi i Martin (1976), Bröcker (1989), Song (1996) i Geurs i Ritsema van Eck (2001).

5. Założenia analizy empirycznej

Ogólny wskaźnik dostępności potencjałowej został zdefiniowany jako suma trzech elementów, tj. (por. Tóth, Kincses 2011):

- potencjału własnego - $\sum_j M_i \exp(-\beta t_{ij})$
- potencjału krajowego
- potencjału zewnętrznego

$$A_i = M_i \exp(-\beta t_{ii}) + \sum_j M_j \exp(-\beta t_{ij}) + \sum_k M_k \exp(-\beta t_{ik}) \quad (2)$$

gdzie:

M_i – masa własna (liczba ludności) rejonu komunikacyjnego i ,

M_j – masa (liczba ludności) rejonu komunikacyjnego j położonego na terytorium Polski,

M_k – masa (liczba ludności) rejonu komunikacyjnego k leżącego poza terytorium Polski,

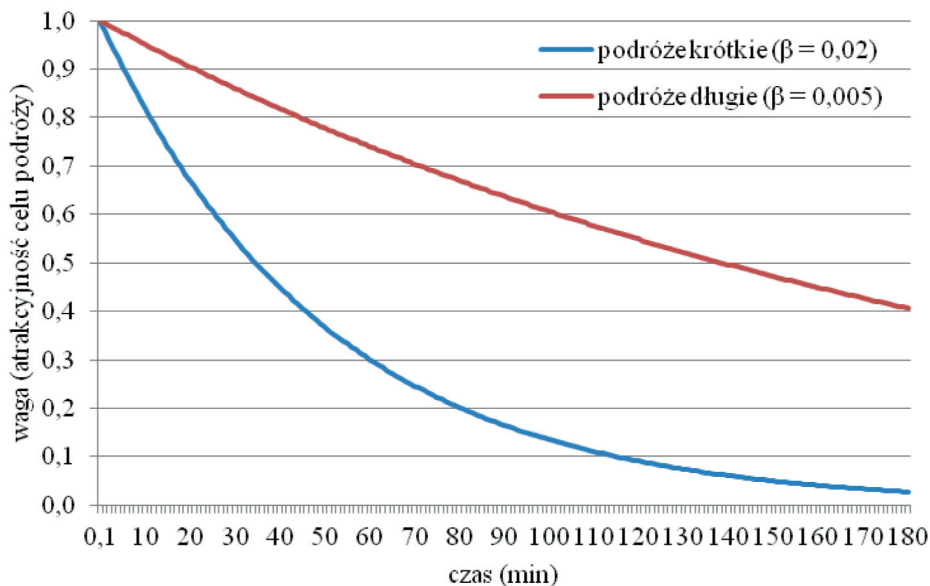
t_{ii} – czas podróży wewnętrznej w rejonie komunikacyjnym i ,

t_{ij} – czas podróży między rejonami komunikacyjnymi i oraz j leżącymi na terytorium Polski,

t_{ik} – czas podróży między rejonami komunikacyjnymi i oraz k , gdzie k jest rejonem komunikacyjnym poza terytorium Polski,

β – parametr beta, dla podróży krótkich założono, że wynosi 0,02, dla podróży długich 0,005.

Parametr *beta* decyduje o stromiznie funkcji oporu przestrzeni (*distance decay*). Dla wykorzystanych w niniejszym artykule wartości parametru *beta* dla podróży krótkich (0,02) i długich (0,005) funkcja oporu przestrzeni obrazująca spadek atrakcyjności celu podróży następujący wraz z wydłużaniem się czasu podróży została przedstawiona na rys. 2.



Rys. 2. Funkcja oporu przestrzeni dla podróży krótkich i długich

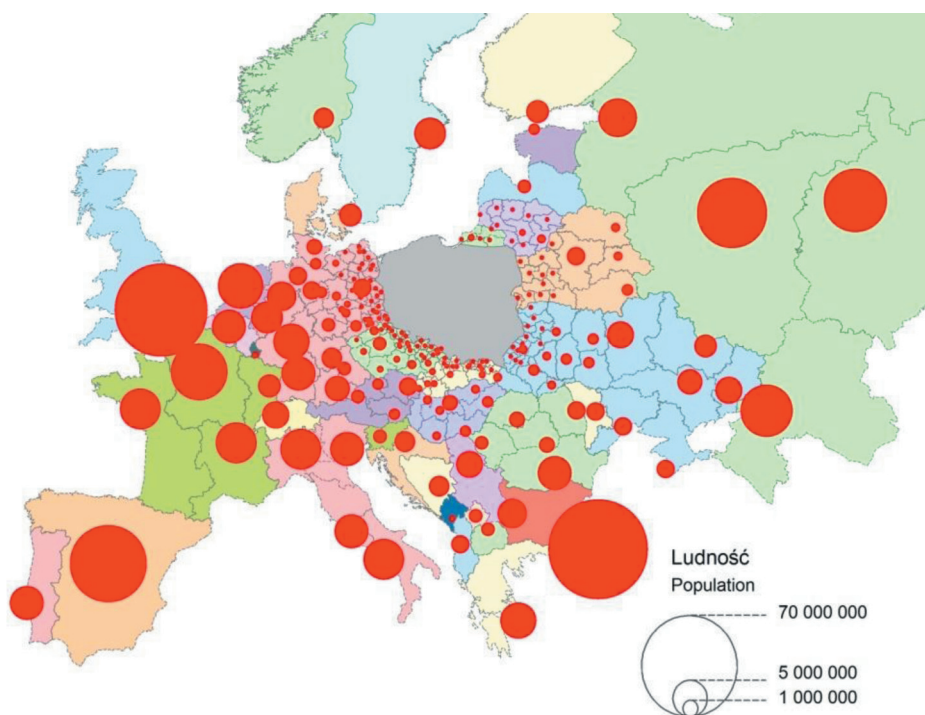
Masy w Polsce. W Polsce wyodrębniono 2321 rejonów komunikacyjnych spośród zbioru 2479 gmin w Polsce w 2010r. wybrano miasta (lub wsie), w których znajduje się siedziba gminy. W każdym z rejonów komunikacyjnych wyodrębniono miejscowość węzłową według siedziby gminy. Liczba ludności 2321 rejonów komunikacyjnych na poziomie gminnym w Polsce została obliczona na podstawie danych GUS z 2008 roku. Założono, że masa rejonu komunikacyjnego jest przypisana do węzła.

Masy poza Polską. Poza Polską wyodrębniono 212 rejonów komunikacyjnych, które swoim zasięgiem pokryły całą Europę kontynentalną, wraz z europejską częścią Rosji oraz Turcją. Ze względu na znaczne oddalenie od Polski oraz utrudnienia związane z przeprawą promową wykluczono z badania wyspy Morza Śródziemnego (państwa Cypr i Malte, oraz części państw, tj. wyspy takie jak Sycylia, Korsyka i inne), a także Irlandię i Islandię. Włączono natomiast możliwość przejazdu samochodem do Wielkiej Brytanii (z wykluczeniem Irlandii Północnej).

Głównym kryterium delimitacji rejonów komunikacyjnych była odległość od polskiej granicy. Liczba rejonów komunikacyjnych była najwyższa w bezpośredniej bliskości granicy z Polską (do ok. 30-50 km), a następnie wraz z oddalaniem się od

granicy ich liczba malała. Im dalej położony od granicy był cel podróży, tym masa rejonu komunikacyjnego mogła być wyższa.

Rejony komunikacyjne położone przy granicy z Polską w Czechach oraz na Słowacji były to jednostki LAU 1 (lub grupy jednostek LAU 1). W Niemczech, gdzie jednostki LAU 1 są znacznie mniejsze wybrano do analizy jednostki NUTS 3 (lub grupy jednostek NUTS 3). Podobnie na Litwie, gdzie cały kraj podzielono na 10 rejonów komunikacyjnych, zgodnie z podziałem według klasyfikacji NUTS 3. Dla krajów nie należących do systemu klasyfikacji jednostek terytorialnych NUTS, tj. Rosji, Białorusi oraz Ukrainy, uwzględniono podział administracyjny obowiązujący w poszczególnych państwach. Na Ukrainie i Białorusi wykorzystano podział na obwody oraz – dla obwodów graniczących z Polską – rejon. Obszar eksklawy Obwodu Kaliningradzkiego podzielono również na grupy rejonów. Pozostały obszar europejskiej części Rosji został włączony w postaci czterech okręgów federalnych. Rejony komunikacyjne położone w dalszej odległości od granicy z Polską, najczęściej odpowiadały w krajach Unii Europejskiej obszarom NUTS 2, NUTS 1 oraz poszczególnym państwom (NUTS 0).



Rys. 3. Liczba ludności w 212 rejonach komunikacyjnych poza Polską

Miasta charakteryzujące się największą liczbą ludności na obszarze danego rejonu komunikacyjnego są jednocześnie miastami węzłowymi, tj. tymi, którym przypisano masę całego rejonu komunikacyjnego. Do tych miast obliczono czas przejazdu transportem drogowym z miast węzłowych w Polsce. Liczba ludności

w rejonach komunikacyjnych położonych w krajach Unii Europejskiej została obliczona na podstawie danych z Eurostat za rok 2008. W przypadku rejonów komunikacyjnych w Czechach oraz na Słowacji obejmujących obszar LAU 1 (lub grupujących LAU 1) źródłem danych dotyczących liczby ludności były odpowiednie urzędy statystyczne w Czechach oraz na Słowacji. W przypadku różnic w danych pomiędzy NUTS 3 (Eurostat), a sumą liczby ludności w poszczególnych LAU 1 należących do tego samego NUTS 3 według urzędów statystycznych Czech i Słowacji, dokonano na poziomie LAU 1 przeszacowania zgodnie z zasadą, iż suma mas jednostek niższego rzędu musi odpowiadać masie jednostki wyższego rzędu. Eurostat był również źródłem danych dotyczących liczby ludności dla następujących krajów europejskich znajdujących się poza Unią Europejską: Bośnia i Hercegowina, Chorwacja, Macedonia, Czarnogóra, Albania, Mołdawia, Norwegia, Serbia, Szwajcaria, Turcja oraz Kosowo. Liczba ludności w rejonach komunikacyjnych w Rosji, na Ukrainie oraz na Białorusi została obliczona na podstawie danych z urzędów statystycznych tych krajów.

Prędkości w Polsce. W Polsce prędkości pojazdów osobowych i ciężarowych zostały określone w ramach modelu prędkości ruchu zbudowanego dla samochodów osobowych. Sieć drogowa zaktualizowana na koniec 2011 r. zawiera wszystkie odcinki istniejących dróg krajowych i wojewódzkich (10,7 tys. rekordów) oraz wybrane odcinki dróg gminnych i powiatowych (2 tys. rekordów). Wszystkie 2321 miejscowości węzłowych w rejonach komunikacyjnych podłączono do sieci. Odcinki zostały ponadto podzielone na pododcinki o długości 100 m w celu obliczenia przeciętnej.

Model prędkości ruchu dla Polski został opracowany przy założeniu wpływu trzech zmiennych na prędkość pojazdów (Komornicki i in. 2010, Rosik 2012):

- liczby ludności w buforze 5 km w otoczeniu każdego 100-metrowego odcinka na podstawie rozmieszczenia ludności w rejonach spisowych w 2008r.,
- odsetka obszaru zabudowanego w buforze 100-metrowego odcinka,
- ukształtowania terenu w postaci odchylenia standardowego różnic wysokości w heksagonie o boku 3 kilometrów na podstawie bazy wysokościowej numerycznego modelu terenu według SRTM-3.

Ludność w otoczeniu odcinka, przejazd przez teren zabudowany oraz ukształtowanie terenu wpływają w różny sposób na prędkość pojazdu w zależności od kategorii drogi oraz jej szerokości. Wyróżniono 14 typów dróg w zależności od kategorii drogi i jej szerokości. Funkcje, które opisują zależności między prędkością pojazdu a zmiennymi ją warunkującymi są funkcjami logitowymi. Zaletą funkcji logitowych jest ich s-kształtny charakter. Redukcja prędkości ma charakter ciągły w zależności od liczby ludności w buforze odcinka, odsetka obszaru zabudowanego lub ukształtowania powierzchni terenu. Ogólny wpływ poszczególnych zmiennych w modelu na prędkość pojazdów na odcinku drogi wyliczono się za pomocą tzw. „zasady najstabszego ogniwa”. Zasada ta polega na tym, że przy obliczaniu średniej prędkości na danym odcinku wybiera się minimalną prędkość, wynikającą z wpływu trzech zmiennych warunkujących prędkość.

Potencjał własny. Przy obliczaniu czasów przejazdu wewnątrz rejonów komunikacyjnych przyjęto stosunkowo prostą zasadę. Przyrównano obszar rejonu komunikacyjnego do koła o powierzchni πr^2 . Założono, że średnia odległość podróży wewnątrz rejonu jest równa połowie promienia r . Podobnie założyli m.in. Stewart (1947), Rich (1978), Keeble i in. (1982) oraz Gutiérrez i in. (2011). Szeroką dyskusję na temat wrażliwości wyników modelu potencjału na długość podróży wewnętrznej w rejonie komunikacyjnym przeprowadzono w Frost i Spence (1995). Czas podróży wewnętrznej wynika ze wzoru:

$$t_{ii} = \frac{0,5 \sqrt{\frac{area}{\pi}}}{v_{ii}} \times 60 \quad (3)$$

gdzie:

- t_{ii} – czas podróży wewnątrz rejonu komunikacyjnego (min),
- v_{ii} – średnia prędkość podróży wewnątrz rejonu komunikacyjnego (km/h),
- $area$ – powierzchnia rejonu komunikacyjnego (km²).

Zdecydowano się jednak na znaczące uproszczenie i założono, że średnia prędkość wewnątrz rejonu komunikacyjnego wyniesie 20 km/h, co jest prędkością dużo niższą niż np. 40 km/h założone dla Finlandii przez Kotaavara (2011), ale przy relatywnie dużej gęstości zaludnienia oraz kiepskim stanie dróg lokalnych w Polsce jest to wysokość racjonalna.

Czasy oczekiwania na granicy. Założono, że na całej granicy wschodniej (granica z Ukrainą, Białorusią i Rosją – Obwodem Kaliningradzkim), która jest zewnętrzną granicą strefy Schengen minimalny czas oczekiwania na przejazd na przejściu granicznym (wraz z odprawą) wynosi 1 godzinę. Pozostałe czasy wynikają ze średniej w wywozie i przywozie dla pojazdów osobowych na podstawie danych Straży Granicznej dla okresu zima 2010-2011 i lato 2011.

Prędkości poza Polską. Prędkości w ruchu poza Polską dla pozostałych krajów europejskich nie były łatwe do ustalenia. Brak odpowiednich danych niezbędnych do skonstruowania modelu prędkości ruchu analogicznego jak w Polsce skutkowało potrzebą arbitralnego wyznaczenia prędkości w zależności od przepisów drogowych obowiązujących w danym kraju. Drogi poza granicami Polski podzielono na cztery kategorie: autostrady, pozostałe drogi dwujezdniowe, drogi główne oraz drogi drugorzędne. Dla dróg głównych i drugorzędnych konieczne było również dostosowanie prędkości, tak by na obszarach przygranicznych nie różniła się ona znacząco, od prędkości wynikającej z modelu prędkości ruchu dla Polski. Założono, że na Ukrainie, ze względu na katastrofalny stan dróg, uzyskiwane prędkości na drogach drugorzędnych są znacznie niższe niż w pozostałych krajach graniczących z Polską. Najwyższe prędkości wśród krajów sąsiednich na drogach drugorzędnych, ze względu na najlepszy stan dróg, przypisano Niemcom. Dla Niemiec ponadto, mimo braku formalnych ograniczeń prędkości, założono w modelu prędkość na autostradach równą 130 km/h. Czasy przejazdu między wszystkimi miastami węzłowymi obliczono na podstawie algorytmu najkrótszej ścieżki podróży.

6. Rezultaty analizy

Rezultaty analizy zmian dostępności transportowej w wyniku realizacji dwóch odcinków autostradowych A2 Świecko-Nowy Tomysł oraz Stryków-Konotopa można przedstawić w formie czterech wariantów. Warianty różnią się między sobą w zależności od:

- zasięgu przestrzennego badania (krajowy oraz międzynarodowy (europejski)),
- długości podróży (podróże krótkie – $\beta = 0,02$ i podróże długie – $\beta = 0,005$).

Dla każdego z wariantów wzór dostępności potencjałowej wygląda nieco inaczej (tab. 2).

Tablica 2. Warianty analizy dostępności w zależności od zasięgu przestrzennego badania oraz długości podróży

| | | Zasięg przestrzenny badania |
|-----------------|-----------------|--|
| | | Dostępność krajowa |
| Długość podróży | Podróże krótkie | $A_{i,natshort} = M_i \exp(-0.02t_{ii}) + \sum_j M_j \exp(-0.02t_{ij})$ |
| | Podróże długie | $A_{i,natlong} = M_i \exp(-0.005t_{ii}) + \sum_j M_j \exp(-0.005t_{ij})$ |
| | | Dostępność międzynarodowa |
| Długość podróży | Podróże krótkie | $A_{i,intshort} = M_i \exp(-0.02t_{ii}) + \sum_j M_j \exp(-0.02t_{ij}) + \sum_k M_k \exp(-0.02t_{ik})$ |
| | Podróże długie | $A_{i,intlong} = M_i \exp(-0.005t_{ii}) + \sum_j M_j \exp(-0.005t_{ij}) + \sum_k M_k \exp(-0.005t_{ik})$ |

Źródło: opracowanie własne

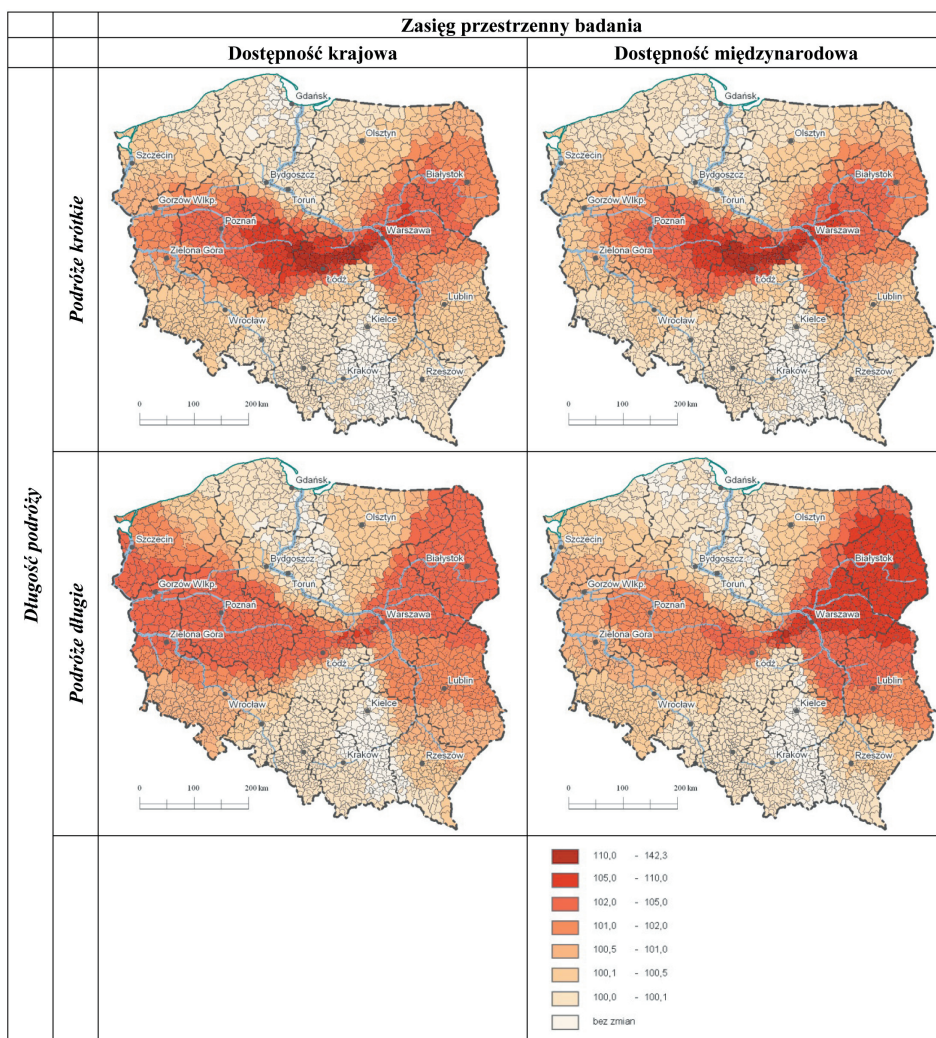
Zmiany dostępności w wyniku ukończenia odcinka autostrady A2 Łódź Północ-Warszawa są bardzo duże i swoim zasięgiem obejmują cały kraj z wyjątkiem południkowego pasma w postaci obszarów wzdłuż autostrady A1 i drogi ekspresowej S7 (mieszkańcy tych obszarów nie wykorzystują odcinka A2 między Łodzią a Warszawą w najkrótszych podróżach samochodem).

Największe zmiany dostępności (powyżej 10%) w podróżach krótkich mają miejsce z oczywistych względów wzdłuż nowo wybudowanego odcinka A2

(w szczególności w gminach położonych wzdłuż węzłów autostradowych) oraz wzdłuż istniejącego odcinka A2 Konin-Łódź. Dostępność wzrasta powyżej 5% na obszarach w kierunku Poznania oraz Warszawy, a także za Warszawą w kierunku północno-wschodnim wzdłuż drogi ekspresowej S8 Radzymin-Wyszaków. Zmiany dostępności powyżej 1% rozciągają się w kierunku zachodnim przez obszar Wielkopolski, aż do granicy polsko-niemieckiej w województwie lubuskim, a także w kierunku północno-wschodnim, na obszar Podlasia, wschodniego i południowego Mazowsza oraz północnych skrajów województwa lubelskiego. Po otwarciu modelu potencjału na całą Europę sytuacja nie zmienia się w sposób znaczący. We wschodniej Polsce zmiany dostępności są niemalże identyczne jak przy dostępności krajowej, co wynika z relatywnie długich czasów oczekiwania na granicy wschodniej. Z kolei w Polsce zachodniej różnica jest widoczna w województwie lubuskim, gdzie w dostępności międzynarodowej otwarcie odcinka A2 Łódź Północ-Warszawa skutkuje zmianami dostępności niższymi niż 1%, czyli znacznie niższymi niż przy dostępności krajowej. Różnica ta wynika z relatywnie niskiego poziomu dostępności krajowej w tym peryferyjnie położonym w skali kraju województwie oraz relatywnie wysokiej dostępności międzynarodowej, która w krótkich podróżach wynika przede wszystkim z bliskości dużej „masy” Berlina.

W **podróżach długich** różnice w dostępności powyżej 5% są charakterystyczne jedynie dla pojedynczych gmin w bezpośredniej bliskości autostrady A2. W porównaniu do podróży krótkich na znacznie większym obszarze kraju (ze względu na znaczne skrócenie czasu podróży do Warszawy i Polski centralnej) zmiany dostępności są w granicach 2% - 5% (po zachodniej stronie kraju województwo wielkopolskie, lubuskie oraz południowa część województwa zachodniopomorskiego). Otwarcie modelu potencjału na Europę skutkuje znacznymi zmianami dostępności (powyżej 5%) głównie w województwie podlaskim (w wachlarzu między Warszawą a przyszłą drogą ekspresową S61 i autostradą A4 w kierunku Kukuryk). W Wielkopolsce zmiany (1% - 2%) są znacznie niższe niż na obszarze północnego lubelskiego oraz południowo-wschodniego Mazowsza. Niewielkie zmiany dostępności w Polsce zachodniej wynikają z jej relatywnie wysokiego wskaźnika dostępności międzynarodowej w podróżach długich (najwyższy poziom w Polsce). Przy wysokiej „bazie” dostępności efekt otwarcia autostrady w centralnej Polsce z tego punktu widzenia nie jest wysoki.

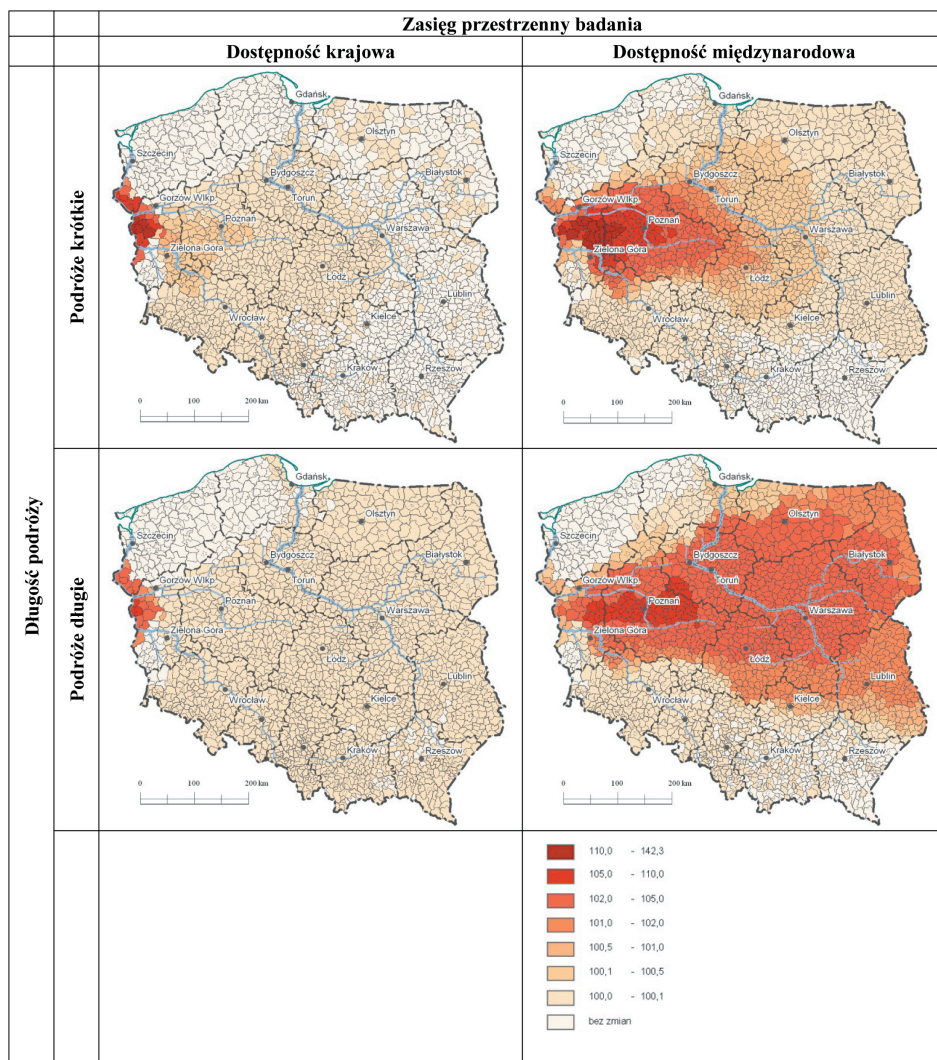
Zmiany dostępności w wyniku oddania do użytkowania odcinaka autostrady **A2 Świecko-Nowy Tomyśl** znacznie różnią się do efektów ukończenia odcinka centralnego A2. W **podróżach krótkich** dostępność krajowa wzrasta znacząco tylko dla mieszkańców obszarów położonych na północ i południe od zachodniego fragmentu odcinka autostrady, dzięki któremu mieszkańcy tych terenów mają możliwość odbywania szybkich podróży w kierunku Poznania. W niewielkim stopniu z nowego odcinaka autostrady korzystają (w sensie poprawy dostępności) mieszkańcy zachodniej Wielkopolski. Przy otwarciu modelu dostępności na poziom europejski w krótkich podróżach zyskują nie tylko mieszkańcy pogranicza, ale również wszystkie gminy położone wzdłuż trasy A2, a poprawa dostępności powyżej 2% jest odczuwalna nawet na wschodzie Wielkopolski.



Rys. 4. Zmiany dostępności potencjałowej w wyniku oddania do użytkowania odcinka A2 Łódź Północ-Warszawa

W podróżach długich efekt zmian dostępności krajowej jest podobny jak przy podróżach krótkich. Zyskują głównie obszary pogranicza polsko-niemieckiego. Zmiany w ujęciu procentowym są znacznie niższe niż przy podróżach krótkich, aczkolwiek mają większy zasięg przestrzenny i w zasadzie mieszkańcy całego kraju (z wyjątkiem Pomorza) w niewielkim stopniu korzystają z odcinka Świecko-Nowy Tomyśl w podróżach długich. Z kolei otwarcie modelu na poziom europejski charakterystycznie wydłuża wachlarz oddziaływania odcinka na obszar całego kraju z wyjątkiem Pomorza i województw Polski południowej. W położonej na drugim końcu Polski Hajnówce zmiana dostępności przekracza dla podróży długich 2%!

Dla obszarów Polski północno-wschodniej odcinek A2 Świecko-Nowy Tomyśl jest bardzo ważny na dłuższych trasach i prawie nieistotny w podróżach krótkich.



Rys. 5. Zmiany dostępności potencjalowej w wyniku oddania do użytkowania odcinka A2 Świecko-Nowy Tomyśl

7. Wnioski

W analizie dostępności bardzo ważnym czynnikiem jest długość podróży. Nie można porównywać efektu zmian dostępności w wyniku realizacji kilku lub więcej odcinków drogowych bez wskazania w metodyce badawczej na długość podróży oraz zasięg przestrzenny badania.

W artykule wskazano, iż różnice w zmianach dostępności między krótkimi i długimi podróżami są najwyższe w kontekście międzynarodowym po otwarciu odcinka peryferyjnego położonego blisko tzw. europejskiego rdzenia (Świecko-Nowy Tomyśl). Jednocześnie odcinek ten nie ma dużego znaczenia dla zmian dostępności w ujęciu krajowym (niezależnie od długości podróży). Z kolei odcinek położony w centralnej Polsce skutkuje generalnie większymi zmianami dostępności na obszarze całego kraju. Jednak różnice między wariantami w zmianach dostępności nie są tak duże jak przy odcinku peryferyjnym.

Przy podróżach długich zmiany dostępności są widoczne również w regionach peryferyjnych, charakteryzujących się niską „bazą” dostępności. Przykładem jest obszar województwa podlaskiego zyskujący w podróżach długich zarówno na odcinku centralnym Łódź-Warszawa, jak i odcinku Świecko-Nowy Tomyśl, co prawda położonym na drugim końcu Polski, ale znacznie „przybliżającym” atrakcyjne cele podróży, takie jak np. Berlin.

Zastosowana w niniejszym artykule metoda badawcza w postaci tzw. dostępności potencjałowej daje ogromne możliwości ewaluacyjne zarówno w formie ewaluacji *ex-post* jak i *ex-ante*. Dzięki zastosowaniu modelu potencjału istnieje możliwość porównywania odcinków sieci drogowej pod kątem zmian dostępności w zależności od długości podróży, zasięgu przestrzennego badania, a także, co nie było tematem niniejszego artykułu, z punktu widzenia atrakcyjności celu podróży, a także typu i gałęzi transportu lub motywacji podróży.

Literatura

- [1] Ball R., 1996, Local sensitivities and the representation of peripherality, *Journal of Transport Geography*, 4 (1), pp. 27-36.
- [2] Baradaran S., Ramjerdi F., 2001, Performance of Accessibility Measures in Europe, *Journal of Transportation and Statistics*, 4, 2-3, pp. 31-48.
- [3] Bröcker J., 1989, How to eliminate certain defects of the potential formula, *Environment and Planning A*, 21, 6, pp. 817-830.
- [4] Bruinsma F.R., Rietveld P., 1998, The Accessibility of European Cities: Theoretical Framework and Comparison of Approaches. *Environment and Planning*, 30, 3, pp. 499-521.
- [5] Copus A.K., 2001, From core-periphery to polycentric development: concepts of spatial and aspatial peripherality, *European Planning Studies*, 9 (4), pp. 539-552.
- [6] Dalvi M.Q., Martin K.M., 1976, The measurement of accessibility: some preliminary results, *Transportation*, 5, pp. 17-42.
- [7] Fotheringham A.S., 1983, A new set of spatial-interaction models: the theory of competing destinations, *Environment and Planning A*, 15, pp. 15-36.

- [8] Frost M. E., Spence N. A., 1995, The Rediscovery of Accessibility and Economic Potential: the Critical Issue of Self-potential. *Environment and Planning A*, 27, pp. 1833-1848.
- [9] Geurs K. T., Ritsema van Eck, 2001, Accessibility Measures: Review and Applications. RIVM report 408505 006, National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven.
- [10] Geurs K. T., van Wee B., 2004, Accessibility Evaluation of Land-use and Transport Strategies: Review and Research Directions. *Journal of Transport Geography*, 12, pp. 127-140.
- [11] Gutiérrez J., 2001, Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border, *Journal of Transport Geography*, 9, pp. 229-242
- [12] Gutiérrez J., Condeco-Melhorado A., López E., Monzón A., 2011, Evaluating the European added value of TEN-T projects: a methodological proposal based on spatial spillovers, accessibility and GIS, *Journal of Transport Geography*.
- [13] Gutiérrez J., Gómez G., 1999, The impact of orbital motorways on intrametropolitan accessibility: the case of Madrid's M-40, *Journal of Transport Geography*, 7, pp. 1-15.
- [14] Ingram D. R., 1971, The Concept of Accessibility: a Search for an Operational Form. *Regional Studies* 5, pp. 101-107.
- [15] Keeble, D., Owens, P.L., Thompson, C., 1982, Regional accessibility and economic potential in the European Community, *Regional Studies* 16, pp. 419-432.
- [16] Komornicki T., Śleszyński P., Rosik P., Pomianowski W., 2010, Dostępność przestrzenna jako przesłanka kształtowania polskiej polityki transportowej, *Biuletyn KPZK PAN*, Warszawa, vol. 241, 165 pp.
- [17] Kotavaara O., Antikainen H., Rusanen J., 2011, Population change and accessibility by road and rail networks: GIS and statistical approach to Finland 1970–2007, *Journal of Transport Geography*, 19, pp. 926-935.
- [18] Laird J.L., Nellthorp J., Mackie P.J., 2005, Network effects and total economic impact in transport appraisal, *Transport Policy*, 12, pp. 537-544.
- [19] Linneker B., Spence N., 1996, Road transport infrastructure and regional economic development. The regional development effects of the M25 London orbital motorway, *Journal of Transport Geography*, 4, 2, pp. 77-92.
- [20] Rich D.C., 1978, Population potential, potential transportation cost and industrial location, *Area*, 10, pp. 222–226.
- [21] Rosik P., 2012, Dostępność lądowa przestrzeni Polski w wymiarze europejskim, *Prace Geograficzne, IGiPZ PAN*, Warszawa, vol. 233, 307 pp.
- [22] Schürmann, C., Spiekermann, K., Wegener, M., 1997, Accessibility Indicators. *Berichte aus dem Institut für Raumplanung* 39, Dortmund: Institute of Spatial Planning, University of Dortmund.

- [23] Schürmann, C., Talaat, A., 2000, Towards a European Peripherality Index. Final Report. Report for General Directorate XVI Regional Policy of the European Commission, Berichte aus dem Institut für Raumplanung 53, Dortmund, IRPUD.
- [24] Song S., 1996, Some tests of alternative accessibility measures: a population density approach, *Land Economics*, 72, 4, pp. 474-482.
- [25] Spiekermann K., Neubauer J., 2002, European Accessibility and Peripherality: Concepts, Models and Indicators. Nordregio Working Paper, Stockholm.
- [26] Spiekermann K., Schürmann C., 2007, Update of selected potential accessibility indicators. Final report, Spiekermann & Wegener, Urban and Regional Research (S&W), RRG Spatial Planning and Geoinformation.
- [27] Spiekermann, K., Aalbu, H., 2004, Nordic Peripherality in Europe. Nordregio Report 2005, 4, Stockholm.
- [28] Spiekermann, K., Wegener M., Copus, A., 2002, Review of Peripherality Indices and Identification of Baseline Indicator, Deliverable 1 of AsPIRE – Aspatial Peripherality, Innovation, and the Rural Economy. Dortmund/Aberdeen: S&W, IRPUD, SAC.
- [29] Stewart J. Q., 1947, Empirical Mathematical Rules Concerning the Distribution and Equilibrium of Population. *Geography Review* 37, pp. 461–485.
- [30] Tóth G., Kincses Á., 2011, Factors of accessibility potential models, *Regional Science Inquiry Journal*, 3 (1), pp. 27-44.
- [31] Van Excel J., Rienstra S., Gommers M., Pearman A., Tsamboulas D., 2002, EU involvement in TEN development: network effects and European value added, *Transport Policy*, 9, pp. 299-311.
- [32] Vickerman R., 2000, Evaluation methodologies for transport projects in the United Kingdom, *Transport Policy*, 7, pp. 7-16.
- [33] Wegener, M., Eskelinen, H., Fürst, F., Schürmann, C., Spiekermann, K., 2001, Criteria for the Spatial Differentiation of the EU Territory: Geographical Position, *Forschungen* 102, 2, Bonn, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.

