

Załącznik nr 3
do wniosku z dnia 13 stycznia 2022 r.
w postępowaniu habilitacyjnym
Szymon Wiśniewskiego

Autoreferat
przedstawiający
opis dorobku i osiągnięć naukowych
(w języku polskim)

Szymon Wiśniewski

Łódź, styczeń 2022

Spis treści

1. Imię i nazwisko	4
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	4
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	4
4. Omówienie osiągnięcia ze wskazaniem dorobku z okresu całej kariery zawodowej	7
4.1. Omówienie osiągnięcia	7
4.1.1. Uzasadnienie podjęcia badania i jego problematyka.....	7
4.1.2. Cele badania.....	9
4.1.3. Przedmiot oraz zakres czasowy i przestrzenny badania	11
4.1.4. Plan procedury badawczej i struktura monografii	15
4.1.5. Źródła danych wykorzystywane w badaniu	17
4.1.6. Synteza wyników badania	19
4.1.7. Główne wnioski i rekomendacje	31
4.2. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych	38
4.2.1. Działalność badawcza przed obroną pracy doktorskiej.....	39
4.2.2. Dostępność transportowa.....	39
4.2.3. Miejskie systemy transportowe	41
4.2.4. Mobilność miejska.....	43
4.2.5. Funkcjonowania transportu drogowego w obliczu wystąpienia powodzi	46
4.3. Spis literatury i materiałów źródłowych	49
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej	55

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę	61
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne	61
6.2. Osiągnięcia organizacyjne	62
6.3. Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki	63
7. Inne informacje dotyczące kariery zawodowej	65
7.1. Dorobek publikacyjny – ujęcie syntetyczne	65
7.2. Udział i rola w projektach badawczych – ujęcie syntetyczne	65
7.3. Udział w konferencjach naukowych – ujęcie syntetyczne	66
7.4. Współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym – ujęcie syntetyczne	66
7.5. Odbyte szkolenia i kursy	66
7.6. Otrzymane nagrody i wyróżnienia	67

1. Imię i nazwisko

Szymon Wiśniewski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- Licencjat gospodarki przestrzennej – Wydział Nauk Geograficznych i Wydział Zarządzania, Uniwersytet Łódzki, 2009 r., tytuł pracy dyplomowej: *Zagospodarowanie wsi Praga w gminie Poddębice, pow. poddębicki*,
- Licencjat logistyki – Wydział Zarządzania, Uniwersytet Łódzki, 2011 r., tytuł pracy dyplomowej: *System wózków Automated Guided Vehicle jako narzędzie optymalizacji transportu wewnętrznego w gospodarce magazynowej*,
- Magister gospodarki przestrzennej – Wydział Nauk Geograficznych i Wydział Zarządzania, Uniwersytet Łódzki, 2011 r., tytuł pracy dyplomowej: *Centra logistyczne a zagospodarowanie gminy Stryków*,
- Dyplom ukończenia studium doktoranckiego Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Geografii Fizycznej – Wydział Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego, 2014 r.
- Doktor nauk o Ziemi w zakresie geografii – geografia społeczno-ekonomiczna – Rada Wydziału Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki, 2014 r., tytuł rozprawy doktorskiej: *Zróżnicowanie dostępności transportowej miast w województwie łódzkim*,
- Dyplom ukończenia studiów podyplomowych pod nazwą Inżynieria Ruchu i Planowanie Transportu, Zakład Systemów Transportowych, Instytut Transportu, Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu, Politechnika Poznańska, 2019 r.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- Od 01.10.2012 r. do 30.09.2014 r. – asystent w Katedrze Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej, Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki,
- Od 01.10.2014 r. do dziś – adiunkt w Katedrze/Instytucie Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej, Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki

Dalsza struktura autoreferatu stanowi wynik połączenia formalnych wymogów dotyczących układu dokumentu i zapisu ścieżki kariery zawodowej, której uwieńczeniem jest osiągnięcie naukowe, zaprezentowane w poszczególnych częściach podrozdziału 4.1. Charakterystyka pozostałych osiągnięć naukowych (znajdująca się w kolejnych fragmentach podrozdziału 4.2.) przyjęła formę mającą na celu wskazanie zasadniczych punktów ścieżki kariery zawodowej na drodze do postawienia pytań badawczych dotyczących wpływu zdarzenia nietypowego (powodzi) na funkcjonowanie transportu drogowego w zakresie zmian dostępności i obciążenia sieci drogowej. Prowadzone, już w okresie studiów, badania związane z geografią transportu, ukierunkowane na dalszym etapie kariery zawodowej na zagadnienia dostępności transportowej i mobilności przestrzennej, doprowadziły finalnie do realizacji szeregu analiz dotyczących ich zmienności przestrzennej i czasowej w obliczu wystąpienia jednej z form klęsk żywiołowych. Za najważniejsze rezultaty owych badań (omówione szczegółowo w dalszej części autoreferatu) uznać można:

- określenie charakteru i skali zmian dostępności czasowej – izochronowej/kumulatywnej i potencjałowej (w ujęciu gminnym) – towarzyszących wystąpieniu powodzi,
- zidentyfikowanie cech zmian wielkości potoków ruchu (związanych z motywacjami obligatoryjnymi) wynikających z wyłączeń zalanych odcinków sieci i redukcji wielkości potencjałów ruchotwórczych,
- zbudowanie modeli sieci drogowej i prędkości osobowego ruchu drogowego w Polsce o gęstości sieci umożliwiającej analizy wewnątrzgminne,
- opracowanie metodyki wyznaczania odcinków sieci drogowej wyłączonej z użytkowania podczas powodzi,
- przygotowanie oprogramowania komputerowego (noszącego nazwę RoadLoad) umożliwiającego realizację procesu rozmieszczenia popytu na sieć systemu transportowego, którego wyniki działania pozwalają na skuteczne badanie i wizualizowanie wpływu zmian rozkładu ruchu na sieć towarzyszących wystąpieniu zjawisk nietypowych,
- sformułowanie rekomendacji odnośnie do polityki transportowej i przestrzennej dla obszarów narażonych na zalanie,
- opracowanie optymalizacji procesu ewakuacji realizowanej indywidualnym transportem samochodowym, w zakresie wyznaczania najkorzystniejszych, ze względu na całkowity czas procesu, przebiegów ścieżek ewakuacji,

- przygotowanie zestawu wzorców w zakresie planowania procesu ewakuacji w związku z wystąpieniem powodzi, ze szczególnym naciskiem na aspekt dostępności przestrzennej poszczególnych uczestników tego działania,
- powiązanie analiz zmian dostępności transportowej z symulacyjnymi modelami ruchu, dającymi możliwość określenia zmian w ruchliwości towarzyszącej ingerencjom w integralność sieci drogowej związanym z powodzią,
- zdefiniowanie wzorców czasoprzestrzennych w zakresie zagospodarowania terenów zagrożonych powodzią w Polsce w okresie ostatnich blisko 30 lat,
- przeanalizowanie zmian dostępności transportowej wynikających z realizacji planów inwestycyjnych w zakresie drogowej infrastruktury technicznej – np. odcinków autostrad lub dróg ekspresowych,
- zidentyfikowanie różnic w poziomie dostępności transportowej wynikających z bazowania na odmiennych założeniach (bazujących na odmiennych bazach danych źródłowych) dotyczących prędkości poruszania się po sieci drogowej,
- określenie zmian zachowań komunikacyjnych mieszkańców dużego ośrodka miejskiego na skutek wprowadzenia ustawowego ograniczenia handlu w niedziele,
- przeanalizowanie wpływu obiektów handlowych na funkcjonowanie miejskiego systemu transportowego.

4. Omówienie osiągnięcia (o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.) **ze wskazaniem dorobku z okresu całej kariery zawodowej**

Osiągnięciem naukowym jest monografia pt. *Dostępność transportowa i obciążenie sieci drogowej w Polsce w świetle zagrożeń powodziowych* (Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2021, ISBN 978-83-8220-526-8, 456 s.; **A.1.**¹), która jest zwięźczeniem kilkuletnich studiów literaturowych oraz badań empirycznych dotyczących wpływu zdarzenia nietypowego (powodzi) na funkcjonowanie transportu drogowego w zakresie zmian dostępności i obciążenia sieci drogowej.

4.1. Omówienie osiągnięcia

4.1.1. Uzasadnienie podjęcia badania i jego problematyka

Analiza literatury poświęconej zagadnieniom wpływu zdarzeń nietypowych na funkcjonowanie transportu drogowego wskazuje, że w Polsce jest to obszar tematyczny, który jak dotąd nie zyskał kompleksowego zainteresowania wśród badaczy, również tych, którzy rozpatrywaliby te zjawiska z perspektywy subdyscypliny geografii transportu. O ile dostępne są niezbyt liczne badania stanowiące rozważania nad wpływem czynników antropogenicznych (w tym przede wszystkim tych związanych z samą siecią transportową) na stan równowagi systemu transportowego (rozpatrywanych głównie z punktu widzenia inżynierii ruchu), o tyle niemalże nie występują analizy poświęcone oddziaływaniu czynników przyrodniczych na funkcjonowanie transportu. Tutaj właśnie uwidoczniła się luka badawcza i aby ją zapełnić należało skupić się w pierwszej kolejności na usystematyzowaniu relacji na styku transportu drogowego i zjawisk nietypowych determinujących jego efektywność (ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk naturalnych), opracowaniu metodyki badania siły i zakresu przestrzennego tego oddziaływania oraz syntetycznemu wnioskowaniu na temat ich roli w polskich realiach.

Przegląd krajowego dorobku naukowego z zakresu tematyki podejmowanej w monografii wyraźnie uwidocznił również brak badań realizowanych kompleksowo w rozumieniu przestrzennym. Chodzi o prowadzenie analiz zarówno w różnych skalach

¹ Każdy z przywoływanych w autoreferacie elementów dorobku został opatrzony indywidualną sygnaturą, składającą się z oznaczenia literowego i liczbowego. Oznaczenie literowe odpowiada kolejnym folderom w załącznikach a oznaczenie liczbowe kolejnym elementom w poszczególnych folderach. Ten sam system sygnatur został wykorzystany w wykazie osiągnięć naukowych, stanowiących załącznik nr 4 do wniosku w postępowaniu habilitacyjnym.

przestrzennych (lokalnych, regionalnych i ponadregionalnych), jak i w zakresie umożliwiającym uniknięcie lub daleko idące zmniejszenie efektu granicy. Gwarantuje to uchwycenie prawidłowości typowych dla systemów transportowych o różnych skalach oraz zaobserwowanie zjawisk, które ujawniają się dopiero przy badaniu na tyle obszernym przestrzennie, aby umożliwić współwystępowanie zjawisk (np. ich jednoczesne wystąpienie w różnych obszarach systemu transportowego). Przedstawiana monografia wydaje się wypełniać również tę lukę badawczą. Potrzebę realizacji badań nad zmianami dostępności transportowej i obciążenia sieci drogowej na skutek wystąpienia powodzi w Polsce uzasadnia też aktualność tej tematyki na arenie międzynarodowej, gdzie wciąż dynamicznie przyrasta liczba publikacji, specjalistycznych konferencji naukowych czy też podejmujących tę tematykę czasopism. Zasadne wydaje się więc, aby i w krajowym dorobku naukowym pojawiały się publikacje z tego zakresu, opierające się na materiałach źródłowych obrazujących polskie uwarunkowania tychże zjawisk. Podejmowana w prezentowanej monografii tematyka wskazuje na jej interdyscyplinarny charakter i położenie na styku kilku zagadnień badawczych, z których każde z osobna (dostępność transportowa, mobilność przestrzenna, zarządzanie kryzysowe itd.) jest już w mniejszym lub większym stopniu ugruntowane w literaturze. W krajowej skali monografię można więc umiejscawiać brzegowo wobec głównych nurtów badawczych geografii transportu. Natomiast w perspektywie międzynarodowej, cechującej się licznymi publikacjami o pokrewnej tematyce, wydaje się ona być bliżej jednego z istotnych kierunków poznawczych.

Istotności prowadzenia badań dotyczących wpływu klęsk naturalnych na transport drogowy należy upatrywać w systematycznie wzrastającym wpływie obu tych elementów na życie ludzi. Nawet nie zagłębiając się w rozważania naukowe, a pozostając jedynie przy doniesieniach medialnych czy własnych obserwacjach, dostrzec można intensyfikację ekstremalnych zjawisk pogodowych, które przy zaistnieniu odpowiednich okoliczności mogą wywołać sytuację kryzysową, zagrażającą stabilnemu funkcjonowaniu transportu drogowego.

Dotychczasowy stan wiedzy wskazuje, że powodzie są najczęstszymi katastrofami naturalnymi występującymi na świecie, wywołującymi do tego ogromne szkody (Jonkman 2005, Okazawa i in. 2011). Niestety badacze są zdania, że ekstremalne zjawiska powodziowe będą występować coraz częściej ze względu na zmiany klimatu i formy użytkowania terenu (Brown i Damery 2002, Posthumus i in. 2008 za Reynard i in. 2001). Z drugiej zaś strony XXI wiek przyniósł w Polsce niezwykle dynamiczny wzrost poziomu motoryzacji i rozrost oraz poprawę jakości infrastruktury drogowej. Niewspółmierność przestrzenna i czasowa obu tych przyrostów nie pozostaje bez wpływu na obciążenie sieci drogowej. To zaś skutkuje tym, że

zarządcy sieci, jak i jej projektanci odczuwają coraz większą presję, by sprostać przyrastającemu popytowi. Presja ta staje się szczególnie silna, gdy w wyniku wystąpienia zdarzeń nietypowych (np. powodzi) zarządzanie systemem transportowym jest wyjątkowo trudne. Wymagane jest wtedy wysoce racjonalne i efektywne dysponowanie infrastrukturą, tak aby wobec wyłączeń wybranych jej odcinków, spadków poziomu dostępności i zmian w obciążeniu sieci nie dopuścić do wykluczenia transportowego rzutującego na bezpieczeństwo ludności i stan gospodarki. Wystąpienie zjawisk nietypowych, jak np. zniszczenie odcinka drogi przez wody powodziowe, może również skutkować swoistym zestawem zachowań użytkowników sieci transportowej, które zdają się stanowić problematykę na tyle ciekawą i odmienną od przebadanych już zachowań transportowych, że także jej należy się gruntowna analiza (Pregolato i in. 2017). Ujawnia to żywotną potrzebę prowadzenia tego rodzaju badań, tak aby w przyszłości mogły się one przyczynić do bardziej efektywnego reagowania w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowych.

Tym samym istotności badań o problematyce zmian dostępności transportowej i obciążenia sieci drogowej w sytuacji wystąpienia powodzi upatrywać należy w dwóch sferach. Poza znaczeniem praktycznym, związanym z zarządzaniem infrastrukturą krytyczną (do której należy infrastruktura transportowa) w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowej oraz ograniczaniem potencjalnych negatywnych skutków szczególnie w zakresie życia i zdrowia ludzi oraz działalności gospodarczej (nadrzędny cel zarządzania ryzykiem powodziowym), badania te mają również ważny wymiar poznawczy. Dzięki nim możliwa staje się ocena wrażliwości polskiej sieci drogowej oraz funkcjonującego w oparciu o nią transportu drogowego na niszczące działanie wód powodziowych mogących wystąpić w poszczególnych regionach kraju w scenariuszu o określonym prawdopodobieństwie. Badania pozwalają ponadto wskazać obszary szczególnie narażone na negatywne konsekwencje powodzi w sferze sprawności systemu transportowego. Tym samym, poza syntezą przestrzenno-środowiskową uznawaną za podstawową ideę badań geograficznych (Suliborski 2018), użyteczna natura prowadzonych w monografii rozważań czy też ich ukierunkowanie na relacje pomiędzy przejawami działalności człowieka a elementami naturalnymi środowiska wskazuje, że wkraczają one również w zakres przedmiotowy gospodarki przestrzennej (Domański 2002, Parysek 2006).

4.1.2. Cele badania

W monografii podjęto próbę określenia wpływu wystąpienia zdarzenia nietypowego w postaci powodzi (w różnych scenariuszach prawdopodobieństwa) na obszarach

poszczególnych regionów wodnych w Polsce na dostępność transportową i obciążenie sieci drogowej kraju. Badania prowadzono głównie w oparciu o wtórne dane dotyczące zasięgów obszarów zagrożonych powodzią w Polsce i ich zagospodarowania oraz sieci drogowej wraz z zagospodarowaniem jej sąsiedztwa.

Celem badania było więc określenie wrażliwości osobowego transportu drogowego w Polsce poprzez identyfikację charakteru i skali zmian dostępności transportowej oraz zmian obciążenia sieci osobowym ruchem drogowym w sytuacji powodzi². Z tak sformułowanego celu głównego monografii wynika grupa szczegółowych celów o charakterze poznawczym, metodycznym oraz aplikacyjnym:

- W zakresie zadań poznawczych należy wskazać określenie uwarunkowań (między innymi przyrodniczych i prawno-administracyjnych) funkcjonowania i rozwoju sieci drogowej na terenach zagrożonych powodzią. Realizacja tego celu pozwoliła między innymi na opracowanie metodyki wyznaczania odcinków sieci drogowej wyłączanej z użytkowania podczas powodzi (jeden z celów metodycznych) oraz umożliwiła sformułowanie rekomendacji odnośnie do polityki transportowej i przestrzennej dla obszarów narażonych na zalanie. Kluczowymi celami szczegółowymi o znaczeniu poznawczym były natomiast: określenie charakteru i skali zmian dostępności czasowej – izochronowej/kumulatywnej i potencjałowej (w ujęciu gminnym) – towarzyszących wystąpieniu powodzi oraz zidentyfikowanie cech zmian wielkości potoków ruchu (związanych z motywacjami obligatoryjnymi) wynikających z wyłączeń zalanych odcinków sieci i redukcji wielkości potencjałów ruchotwórczych;
- Pierwszym z celów o charakterze metodycznym było opracowanie postępowania służącego identyfikowaniu odcinków sieci drogowej zagrożonych zalaniem w wyniku wystąpienia powodzi o wysokim i średnim prawdopodobieństwie oraz w związku z całkowitym zniszczeniem obwałowań lub budowli ochronnych pasa technicznego. Drugi natomiast dotyczył budowy modeli sieci drogowej i prędkości osobowego ruchu drogowego w Polsce o gęstości sieci umożliwiającej analizy wewnątrzgminne. Jest to narzędzie niezbędne do prowadzenia analiz dostępności transportowej, umożliwiające urealnianie uzyskiwanych wyników. Duża szczegółowość modelu jest niezbędna, aby mógł on w akceptowalny sposób odzwierciedlać nawet lokalne zmiany w systemie transportowym wywołane powodzią. Ostatnie zadanie z tej grupy celów koncentrowało się na przygotowaniu oprogramowania

² O wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia (10%), średnim prawdopodobieństwie wystąpienia (1%) od strony rzeki lub morza oraz na terenach zagrożonych powodzią w wyniku całkowitego zniszczenia obwałowania lub budowli ochronnej pasa technicznego w Polsce.

komputerowego (noszącego nazwę RoadLoad) umożliwiającego realizację procesu rozmieszczenia popytu na sieć systemu transportowego, którego wyniki działania pozwalają na skuteczne badanie i wizualizowanie wpływu zmian rozkładu ruchu na sieć towarzyszących wystąpieniu zjawisk nietypowych;

- Był to jednocześnie cel aplikacyjny, ponieważ oprogramowanie wraz z licznymi jego funkcjonalnościami pozwalającymi na modelowanie rozkładu ruchu na sieć drogową może posłużyć do kolejnych analiz tego rodzaju, chociażby uwzględniających kolejne grupy zdarzeń nietypowych. Zbiór celów szczegółowych zamyka ostatnie zadanie o charakterze aplikacyjnym, jakim było sformułowanie rekomendacji na potrzeby polityki przestrzennej w zakresie racjonalizacji systemu osobowego transportu drogowego w sytuacji zagrożeń powodziowych. Płynące z badania wnioski zostały przełożone na zbiór rekomendacji skierowanych do decydentów odpowiedzialnych za prowadzenie polityki w zakresie zarządzania ryzykiem powodziowym czy rozwojem infrastruktury transportowej.

4.1.3. Przedmiot oraz zakres czasowy i przestrzenny badania

Prezentowane w monografii analizy odnoszą się do trzech obszarów tematycznych: zagospodarowania terenów zagrożonych powodziami, dostępności transportowej oraz mobilności przestrzennej (ujmowanej tutaj w formie jednego z jej produktów, jakim jest ruch drogowy). Badanie zostało przeprowadzone przy założeniu, że potencjalne przemieszczenia odbywają się za pomocą indywidualnego transportu samochodowego.

Wzajemne relacje pomiędzy wskazanymi powyżej obszarami tematycznymi przełożyły się w pierwszej kolejności na badania wpływu powodzi na dostępność transportową w ujęciu czasowym. Chodzi tutaj o identyfikację tych odcinków sieci drogowej, które podczas powodzi znajdują się pod wodą. Na bazie sieci drogowej pozbawionej zalanych odcinków skonstruowane zostały między innymi izochrony dojazdu do przyjętych punktów referencyjnych (np. centroidów miast wojewódzkich). Zestawienie przebiegu izolinii w okresie bez powodzi i podczas jej wystąpienia pozwoliło na wymierną ocenę poziomu zmian czasów przejazdu na skutek zalania. Wyznacznikiem zmian dostępności były również liczba ludności i elementy zagospodarowania przestrzeni Polski znajdujące się w zasięgu poszczególnych izochron w sytuacji „normalnej” i podczas powodzi. Drugi z poruszonych problemów dotyczy między innymi identyfikacji przepływów pojazdów w obrębie sieci drogowej w sytuacji bez powodzi i w czasie klęski żywiołowej, przy czym uwzględnionych było kilka wariantów badawczych. Dla zobrazowania przejazdów konieczne było przyjęcie danych o źródłach i celach podróży oraz wolumenie pojazdów, które się pomiędzy nimi przemieszczają. W opracowaniu

przeanalizowano i zobrazowano przejazdy związane z motywacjami obligatoryjnymi – względnie stałymi nawet w obliczu wystąpienia zdarzeń nietypowych (dojazdy do pracy i podróże biznesowe). Dokonano analizy przepływów pojazdów: obciążenia sieci drogowej w sytuacji „normalnej” i podczas powodzi pod kątem między innymi zmian w obciążeniu poszczególnych odcinków sieci czy struktury zróżnicowania obciążenia sieci według kategorii drogi.

Skutki powodzi są przedmiotem interdyscyplinarnych rozważań. Jej konsekwencje można rozpatrywać biorąc pod uwagę takie aspekty jak przyrodniczy, gospodarczy czy społeczny (Kowalczak 2008, Piepiora i Brzywczy 2017). W przypadku tematyki podejmowanej w monografii szczególnie istotne były komponenty ekonomiczne, jak na przykład szkody w infrastrukturze transportowej. Zaliczyć do nich należy również nakłady poniesione na odtworzenie stanu sieci drogowej po ewentualnych zniszczeniach oraz jej zabezpieczenie przed kolejnymi powodziąmi (Kryk 2003). I choć prezentowane badanie nie odnosi się do nich bezpośrednio, to wspomnieć należy o stratach w sferze społecznej. Chociażby konieczność ewakuacji (zorganizowanej czy samodzielnej) z terenów zagrożonych może być odczuwana jako pogorszenie się jakości życia człowieka. Co do konsekwencji przestrzennych, to przejawiają się one często w zmianie formy zagospodarowania obszaru zagrożonego zalaniem czy też ingerencji w politykę przestrzenną (Piepiora 2019), której komponent transportowy jest integralną częścią.

Zakres badań podejmowanych w monografii odpowiada tym samym dwóm głównym celom zarządzania ryzykiem powodziowym, którymi są obniżenie istniejącego ryzyka i poprawa systemu zarządzania nim, a w ich zakresie: ograniczenie wrażliwości obiektów (w tym przypadku infrastruktury transportowej) i społeczności (które można wprost postrzegać jako użytkowników infrastruktury transportowej) na zagrożenia powodziowe, doskonalenie skuteczności odbudowy (sieci drogowej) i powrotu (systemu transportowego) do stanu sprzed powodzi oraz budowa programów edukacyjnych zwiększających świadomość i wiedzę na temat źródeł zagrożenia i ryzyka powodziowego (np. podczas samoewakuacji ludności z terenów zagrożonych).

Jest to szczególnie ważne wobec zapisów planów zarządzania ryzykiem powodziowym dla każdego z obszarów dorzeczy, które wskazują na konieczność wyeliminowania lub unikania wzrostu zagospodarowania na obszarach szczególnego zagrożenia powodzią (od strony rzeki lub morza) poprzez zakaz budowy obiektów infrastrukturalnych oraz likwidację lub zmianę sposobu ich użytkowania.

Zarządzanie systemem transportowym na obszarach zagrożonych powodzią można więc rozpatrywać w dwóch perspektywach czasowych. Okres po wystąpieniu tego zjawiska jest przecież jednocześnie czasem oczekiwania na jego kolejne wystąpienie. Tym samym okres warunków „normalnych” to dla zarządców sieci drogowej etap jej przygotowywania, zapobiegania i odtwarzania. W czasie powodzi przychodzi natomiast konieczność reagowania – np. wyłączania mostów z użytkowania czy wyznaczania objazdów. Należy w tym miejscu podkreślić, że działania dotyczące bezpośredniej ochrony infrastruktury drogowej (infrastruktury krytycznej) przed powodzią przestają przyjmować charakter zarządzania powodziowego, a stają się zarządzaniem kryzysowym (Fox 2003, Piepiora 2019).

Zakres czasowy badania został w znacznej mierze zdeterminowany przez dostępność kluczowych źródłowych baz danych wykorzystywanych w monografii. Chodzi tutaj przede wszystkim o produkty projektu ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju), a w szczególności te, za których opracowanie odpowiedzialny był GUGiK (Główny Urząd Geodezji i Kartografii). Pozyskanie danych wysokościowych w technologii lotniczego skanowania laserowego i opracowanie na ich podstawie numerycznego modelu terenu (NMT) oraz numerycznego modelu pokrycia terenu (NMPT) miało miejsce pomiędzy IV kwartałem 2010 r. a I kwartałem 2015 roku. Elementy BDOT (Bazy Danych Obiektów Topograficznych) przygotowano natomiast między IV kwartałem 2011 r. a IV kwartałem 2013 roku. Mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego (MZP i MRP), których wektorowe bazy danych były ważnym elementem procedury badawczej, zostały opracowane w latach 2008–2013 (a następnie aktualizowane), a plany zarządzania ryzykiem powodziowym przygotowywano o dwa lata dłużej. Tak duże rozpiętości czasowe ujawniające się podczas przygotowywania wymienionych powyżej danych wynikają z jednej strony ze złożoności metodyki pracy nad nimi, z drugiej zaś - z rozległości obszaru, z którego musiały zostać zebrane, a następnie opracowane. Rodzi to problem zróżnicowania przestrzennego aktualności tychże danych źródłowych, którego rozwiązanie stanowiło istotne wyzwanie metodyczne. Konieczne było wypracowanie sposobu postępowania (zostało ono szczegółowo opisane w rozdziale 4. monografii), które pozwoliło na usunięcie luki czasowej pomiędzy rokiem ich aktualności a okresem, dla którego został wykonany model sieci drogowej kraju wraz z modelem prędkości osobowego ruchu drogowego. Sięgnięto w tym zakresie między innymi do danych poświęconych inwestycjom drogowym na poziomie gminnym i powiatowym, wojewódzkim i krajowym, obejmujących przedsięwzięcia z lat 2011–2019. Modele sieci i prędkości przedstawiają stan na III kwartał 2019 r. i okres ten należy przyjąć jako generalny zakres

czasowy opracowania. Uwzględniono go również, dokonując przeglądu i interpretacji prawodawstwa z zakresu podejmowanej tematyki. Część materiału statystycznego w zakresie danych w układzie produkcja-atrakcja dla motywacji dotyczącej dojazdów do pracy oraz podróży biznesowych odnosi się do roku 2018. W przypadku danych macierzowych uzyskanych dla dojazdów do pracy ich dostępność również wymagała pewnego przesunięcia czasowego, ponieważ najnowsze zestawienie tego typu obejmuje 2016 rok.

Zakres przestrzenny badania jest ściśle związany z siecią drogową, której model objął cały obszar Polski oraz kilkudziesięciokilometrowy bufor wokół jej granic. Sieć obejmuje wszystkie autostrady, drogi ekspresowe, krajowe, wojewódzkie, powiatowe oraz znaczny udział dróg gminnych i lokalnych. Zastosowany bufor miał za zadanie urealnić wyniki symulacji i umożliwić pojazdom omijającym wyłączone z sieci odcinki dróg (na skutek zniszczenia przez powódź) wykorzystywanie infrastruktury położonej poza granicami Polski. Granice administracyjne nie stanowią bowiem bariery podczas wyboru ścieżki przejazdu. Bufor określono w taki sposób, aby w żadnym z wariantów badania „sztuczna” granica analizy nie zaważyła na wynikach badania. W przypadku granicy z Białorusią, Ukrainą i Rosją zastosowano metodykę odzwierciedlającą ograniczenia związane z odprawą.

Badania przeprowadzono z uwzględnieniem trzech scenariuszy wystąpienia powodzi: na terenach zagrożonych powodzią o wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia (10%), na terenach zagrożonych powodzią o średnim prawdopodobieństwie wystąpienia (1%) (w tym od strony morza 1% M) oraz na terenach zagrożonych powodzią w wyniku całkowitego zniszczenia obwałowania (WZ) lub budowli ochronnej pasa technicznego (PZ). Symulacje wystąpienia powodzi wykonywano dla każdego z 13 regionów wodnych w Polsce w obszarach dorzeczy Wisły, Odry i Pregocy oraz dla trzech największych polskich rzek: Wisły, Odry i Warty. Każda próba wyznaczenia jakichkolwiek granic tak złożonego zjawiska, jakim jest powódź, zawsze będzie dyskusyjna. Ze względu jednak na konieczność odnotowania jego zmienności przestrzennej niezbędne było przyjęcie jakiejś delimitacji. Odwołano się do regionów wodnych (rezygnując np. z jednostek podziału administracyjnego), ponieważ jako jednostki wyodrębnione na podstawie kryterium hydrograficznego wydają się odpowiadać realizowanemu celowi opracowania, a ich liczba i rozkład przestrzenny umożliwiają przeprowadzenie symulacji pozwalających uchwycić, jak tego rodzaju sytuacje nietypowe wpływają na system transportu drogowego w polskich realiach. Zgodnie z tak opracowanym planem symulacji powodzi badania zmian dostępności transportowej prowadzono na poziomie regionalnym i gminnym, natomiast analizy zmian obciążenia sieci drogowej przyjęły międzygminną skalę precyzji.

4.1.4. Plan procedury badawczej i struktura monografii

Przyjęta struktura monografii jest rezultatem realizacji głównego i szczegółowych celów opracowania. Praca składa się z dziewięciu rozdziałów, w tym części wstępnej i wnioskowej. Po wprowadzeniu w problem badawczy i cele pracy, jej problematykę oraz określeniu zakresów czasowego, przestrzennego, zasobu materiałów źródłowych i zarysu pojęciowego w opracowaniu zaczynają być realizowane kolejne założenia badawcze.

Procedura badawcza rozpoczyna się od rozważań dotyczących wpływu różnego rodzaju zdarzeń nietypowych na transport drogowy. Następnie z szerokiej grupy zdarzeń uwaga przenosi się już ściśle na zjawisko powodzi. W dalszej kolejności omawiana jest metodyka badania relacji w zakresie dostępności i obciążenia sieci drogowej. Przy wykorzystaniu przedstawionych metod zrealizowana zostaje zasadnicza empiryczna część pracy. Na podstawie uzyskanych szczegółowych rezultatów przeprowadzona zostaje synteza wyników oraz możliwe ich uogólnienie z uwzględnieniem m.in. czynnika spójności przestrzennej i przy włączeniu do rozważań zmian w systemie transportowym związanych z realizacją inwestycji infrastrukturalnych. Zwieńczeniem postępowania badawczego są sformułowane wnioski i rekomendacje dla polityki transportowej, zarówno szczegółowo odnoszące się do przeprowadzonych symulacji, jak i o charakterze uniwersalnym. Zawarty w pracy przegląd literatury nie przyjmuje klasycznej, zwartej formy, lecz dokonywany jest etapowo, w kilku częściach monografii, w których podejmowane są rozważania na temat stanowiący przedmiot przeglądu.

Tak sformułowana procedura badawcza przełożyła się na układ i zawartość poszczególnych części opracowania. W rozdziale drugim podejmowany jest problem funkcjonowania transportu drogowego w okolicznościach wystąpienia zdarzeń nietypowych, przechodząc przez zagadnienia wprowadzające w problematykę ich oddziaływania na ofertę i funkcjonalność systemu transportowego. W tej części pracy omawiane są poszczególne rodzaje zdarzeń nietypowych oraz formy ich wpływu na funkcjonowanie transportu. Na tym tle szczegółowo omówiono zjawisko powodzi oraz jej oddziaływanie jako bariery transportowej. Przedstawiono rodzaje i cechy powodzi, dokonano syntetycznej charakterystyki powodzi historycznych ze szczególnym uwzględnieniem wątków transportowych, a przede wszystkim szczegółowo przeanalizowano badania dotyczące oddziaływania powodzi na transport drogowy, w tym w związku z procesem ewakuacji.

W rozdziale trzecim omówiono funkcjonowanie i rozwój sieci drogowej na terenach zagrożonych powodzią. Uwzględniono uwarunkowania przyrodnicze, wskazując dla każdego

z regionów wodnych kluczowe cechy ich środowiska naturalnego oraz występujących na ich terenach powodzi. Kolejny z podrozdziałów koncentruje się na rozmieszczeniu ludności i zagospodarowaniu terenu (obszarów zagrożonych powodzią). Podawane są informacje na temat form zagospodarowania terenów zagrożonych powodzią ze szczególnym uwzględnieniem tych związanych z infrastrukturą transportową oraz wysokości powiązanych z nimi strat. Analizie poddawane jest również rozmieszczenie ludności na terenach mogących ulec zalaniu wraz z uwzględnieniem ich znaczenia pod kątem organizacji ewakuacji i jej wpływu na warunki ruchowe. W zakresie rozważanych uwarunkowań omówione zostają również zagadnienia prawno-administracyjne, odnoszące się zarówno do kwestii ogólnego zagospodarowania na terenach zagrożonych, jak i do szczegółowych zagadnień wiążących się bezpośrednio z infrastrukturą drogową.

Rozdział czwarty obejmuje rozważania nad wpływem powodzi na infrastrukturę. W tej części monografii zaprezentowano zagrożone odcinki sieci drogowej, a także omówiono metodykę wyznaczania odcinków sieci drogowej zalanych przez wody powodziowe (w tym weryfikację konieczności wyłączenia z użytkowania mostów). Poruszana jest w związku z tym między innymi tematyka modelowania hydrodynamicznego, wykorzystywania produktów LiDAR czy baz danych o inwestycjach infrastrukturalnych wykonywanych przez poszczególnych zarządców sieci.

W rozdziale piątym omówiono mierniki wrażliwości osobowego transportu drogowego na wystąpienie powodzi. W pierwszej kolejności zdefiniowano pojęcie dostępności transportowej, jak i dokonano przeglądu metod jej badania z naciskiem na założenia, które przyjęto w tej konkretnej procedurze badawczej. Przedstawiono tutaj również założenia modelu prędkości osobowego ruchu drogowego. Druga część rozdziału stanowi natomiast wprowadzenie w problematykę mobilności, obciążenia sieci drogowej oraz metod pomiaru, symulacji i modelowania ruchu. Rozdział piąty kończy opis funkcjonowania narzędzia służącego modelowaniu rozkładu ruchu na sieć.

W empirycznych rozdziałach szóstym i siódmym znalazły się wyniki zastosowania przedstawionej wcześniej metodyki względem tak dostępności transportowej, jak i obciążenia sieci. W przedostatniej części monografii (rozdziale ósmym) dokonano syntezy uzyskanych rezultatów, wprowadzając dodatkowo do rozważań element prognostyczny, uwzględniający planowany rozwój infrastruktury drogowej. Monografię (w rozdziale dziewiątym) wieńczą wnioski o charakterze empirycznym i metodycznym, a także rekomendacje dla polityki transportowej służące obniżeniu wrażliwości systemu transportu drogowego na wystąpienie powodzi.

4.1.5. Źródła danych wykorzystywane w badaniu

Na potrzeby realizacji założeń badawczych przyjętych w monografii sięgnięto do materiałów źródłowych z sześciu zasadniczych grup:

- danych obejmujących treść numerycznych map zagrożenia i ryzyka powodziowego (powstałych w wyniku realizacji projektu ISOK),
- danych sieciowych służących do budowy modelu sieci drogowej i modelu prędkości osobowego ruchu drogowego,
- danych prezentujących pozostałe (poza infrastrukturą drogową) formy zagospodarowania terenu,
- danych mówiących o rozmieszczeniu ludności,
- danych zawierających informacje o inwestycjach infrastrukturalnych w zakresie sieci drogowej,
- danych statystycznych niezbędnych do określenia potencjałów ruchotwórczych, macierzy przepływów ludności związanych z zatrudnieniem oraz dostępności potencjałowej.

Pierwsza z nich obejmowała przede wszystkim wybrane warstwy referencyjne. Z zakresu map zagrożenia powodziowego sięgnięto między innymi po obszary zagrożenia powodziowego dla rzek i morza oraz dla regionów wodnych, głębokość wody i maksymalne rzędne zwierciadła wody. Natomiast mapy ryzyka wykorzystano w zakresie użytkowania terenu z obliczonymi potencjalnymi stratami materialnymi czy też warstwy obejmującej budynki (która zawiera informacje o liczbie mieszkańców zamieszkujących poszczególne obiekty). Dane te zostały pozyskane z zasobów Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wód Polskich. W tej grupie danych znajduje się również numeryczny model pokrycia terenu, wykorzystywany podczas identyfikacji odcinków sieci wyłączonych z użytkowania w okresie powodzi. Model został udostępniony przez GUGiK w formacie ASCII XYZ GRID.

Model sieci drogowej został zbudowany przy wykorzystaniu przede wszystkim BDOT (pozyskanej z GUGiK-u), danych wektorowych z zasobów OpenStreetMap oraz wybranych danych zarządów infrastruktury drogowej. W celu opracowania modelu prędkości osobowego ruchu drogowego konieczne było ponadto przygotowanie wtórnych danych wektorowych o rozmieszczeniu skrzyżowań w obrębie analizowanej sieci drogowej oraz uwzględnienie warstwy zawierającej dane o zabudowie (z BDOT) i rozmieszczeniu ludności pochodzące od komercyjnego dystrybutora, a opracowane na podstawie informacji pozyskanych z zasobów Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji (MSWiA), Głównego Urzędu

Statystycznego (GUS) oraz urzędów gmin. Dane o rozmieszczeniu ludności (agregowane do poziomu ulicy/drogi) uzupełniła jeszcze baza danych, w której znajdują się informacje dotyczące jednostek osadniczych w Polsce, w tym liczba mieszkańców każdej z nich.

Poza danymi obrazującymi przebieg i wybrane inne cechy infrastruktury drogowej w badaniach uwzględnione zostały inne liczne informacje o charakterze przestrzennym w postaci między innymi przebiegu granic administracyjnych (GUGiK), rozmieszczenia jednostek straży pożarnej, rozmieszczenia form ochrony przyrody (Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska – GDOŚ) itp.

Informacje o inwestycjach w zakresie infrastruktury drogowej pozyskano z Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) w postaci Programu Budowy Dróg Krajowych (PBDK) na lata 2014-2023 (z perspektywą do 2025 r.), zgodnie z którym realizowane są obecnie przez GDDKiA inwestycje na drogach krajowych, oraz zestawienia zadań inwestycyjnych na istniejącej sieci dróg, związanych z rozbudową i przebudową odcinków dróg, poprawą warunków i bezpieczeństwa ruchu drogowego, jak również systemu zarządzania ruchem. Skorzystano także z informacji gromadzonych przez zarządy dróg wojewódzkich (ZDW) poszczególnych regionów dotyczących: inwestycji realizowanych między innymi w zakresie Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego, Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa, Programu Operacyjnego Rozwój Polski Wschodniej, rezerwy subwencji ogólnej na dofinansowanie inwestycji na drogach samorządowych, rezerwy Ministra Infrastruktury i Rozwoju, rezerwy subwencji ogólnej Ministra Infrastruktury i Budownictwa czy środków własnych województw. Urzędy wojewódzkie udostępniły natomiast dane na temat inwestycji realizowanych w ramach Narodowego Programu Przebudowy Dróg Lokalnych (2008-2011, „Etap II – Bezpieczeństwo, Dostępność, Rozwój”), Rządowego Programu na rzecz Rozwoju oraz Konkurencyjności Regionów poprzez Wsparcie Lokalnej Infrastruktury Drogowej oraz Programu Rozwoju Gminnej i Powiatowej Infrastruktury Drogowej na lata 2016-2019, Funduszu Solidarności Unii Europejskiej (działania nadzwyczajne związane z usuwaniem skutków powodzi z maja i czerwca 2010 r. podjęte w celu niezwłocznego przywrócenia infrastruktury komunalnej do stanu sprzed powodzi), środków z budżetu państwa przeznaczonych na usuwanie skutków ruchów osuwiskowych ziemi czy skutków klęsk żywiołowych. W przypadku, kiedy występowała konieczność weryfikacji, czy dany odcinek drogi powiatowej lub gminnej został wybudowany, lub gdy zmieniły się jego istotne parametry po okresie pozyskiwania danych dla produkcji NMT i NMPT i jednocześnie nie był ujęty w wymienionych powyżej zestawieniach, kontaktowano się z właściwym zarządem dróg powiatowych (ZDP) lub urzędem gminy.

4.1.6. Synteza wyników badania

Oszacowanie wpływu zdarzeń nietypowych (niezależnie od ich pochodzenia) na funkcjonowanie transportu (niezależnie od jego formy) jest zawsze dużym wyzwaniem i bez względu na zaangażowany nakład danych źródłowych czy zaawansowanie zastosowanego potencjału metodycznego zmusza badacza do oceny jedynie w ściśle określonym spektrum tego zagadnienia. W przypadku oddziaływania powodzi na funkcjonowanie transportu drogowego dochodzi do nałożenia się na siebie dwóch niezwykle złożonych zjawisk. Każde z osobna może stanowić przedmiot zainteresowania specjalistów wielu dziedzin nauki. Oba poddawane są również modelowaniu, tak aby pomimo swojej złożoności pozostały do pewnego stopnia przewidywalne, a co za tym idzie – by można było badać ich zmienność wobec labilności cech systemu, w którym funkcjonują. Dzięki modelom odwzorowującym granice terenów zagrożonych powodzią, sieć drogową, zmienność prędkości poruszania się po niej samochodów osobowych czy też ścieżki przejazdów osób podróżujących do pracy albo w sprawach służbowych możliwe staje się włączenie do badań tak wielu czynników i dodatkowo o tak rozległym, krajowym zasięgu przestrzennym. Należy jednocześnie pamiętać, że rezultaty uzyskane na bazie analiz prowadzonych z wykorzystaniem modeli mogą być obarczone cechującymi je słabościami. W prezentowanym badaniu skutki wystąpienia powodzi dla funkcjonowania transportu drogowego rozpatrywane są jedynie pod kątem zmian w dostępności transportowej i obciążeniu sieci drogowej. Pomimo że skoncentrowano się wyłącznie na badaniach podróży krajowych i indywidualnym transporcie samochodowym, bez odrębnych badań dotyczących oddziaływania powodzi chociażby na jego społeczną czy ekonomiczną sferę, to różnorodność scenariuszy wystąpienia powodzi oraz długości i motywacji podróży przynosi szeroki zasób rezultatów.

Wyniki badań zawarte w rozdziale szóstym monografii (*Zmiany dostępności transportowej w następstwie powodzi*) wyraźnie dowodzą wpływu wystąpienia powodzi na dostępność transportową. Ujawnia się on zarówno w obliczu analiz opartych wyłącznie na komponencie transportowym (dostępność izochronowa), jak i tych obejmujących również komponent zagospodarowania/demograficzny (dostępność kumulatywna i potencjałowa). Uzyskane wyniki ujawniają również zróżnicowanie siły ingerencji w bazowy poziom dostępności i jej zakresu przestrzennego.

Wystąpienie powodzi i towarzysząca temu zjawisku ingerencja w sieć drogową rzadko prowadzi do trwałej zmiany przebiegu odcinków dróg. Ma to miejsce tylko w przypadku bardzo poważnych zniszczeń infrastruktury i sytuacji, kiedy dany odcinek wielokrotnie zostawał już

objęty bezpośrednim oddziaływaniem powodzi. Dochodzi wtedy do zwiększenia odchylenia ujemnego względem prostoliniowego przebiegu infrastruktury drogowej (Potrykowski i Taylor 1982). Znacznie częściej występuje jedynie okresowe wyłączenie segmentu sieci z eksploatacji (aż do ustąpienia niebezpieczeństwa i usunięcia ewentualnych uszkodzeń). Tak więc obserwowany jest trwały lub czasowy wzrost wskaźnika wydłużenia trasy, mówiącego o spadku sprawności układu drogowego – obniżeniu sprawności transportowo-osadniczej (Śleszyński 2014). Śleszyński (2014) odnosi się również do efektywności czasowej, definiując ją w zakresie układu drogowo-osadniczego jako porównanie nakładów poniesionych na realizację inwestycji w stosunku do uzyskiwanych prędkości przejazdów, a co za tym idzie – czasów podróży. Owe nakłady można postrzegać w bardzo różnorodny sposób; Śleszyński wymienia chociażby finansowe i środowiskowe. Gdyby jednak za nakład przyjąć długość odcinków dróg wyłączonych z użytkowania w wyniku wystąpienia powodzi, jako ekwiwalent szerokiego spektrum oddziaływania powodzi na system transportu drogowego, w zestawieniu ze stratami odnotowanymi w zakresie wydłużenia czasów przejazdu i spadków dostępności, możliwe jest określenie „efektywności” poszczególnych wariantów wystąpienia zagrożenia. Określenie „efektywność” w tym kontekście trudno uznać za zasadne. Bliższa natury badanego zjawiska byłaby chociażby destrukcyjność czy szkodliwość.

Pomiar wspomnianego powyżej wydłużenia czasu przejazdu w osobowym transporcie drogowym w związku z wystąpieniem powodzi przeprowadzono przy wykorzystaniu podejścia izochronowego i kumulatywnego. Potencjalne zalanie czy też „odcięcie” fragmentów sieci drogowej nie pozostaje bez wpływu na czasy podróży do najbliższych ośrodków powiatowych i wojewódzkich. Szczegółowe analizy (zawarte w rozdziale szóstym) wskazują jednak, że w dominującej większości przypadków symulowanych wystąpień analizowanego zagrożenia przyrosty czasu podróży nie przekraczają interwału 15 minut w przypadku grupy miast powiatowych i 30 minut w przypadku miast regionalnych. Jest to wynik zarówno wysokiego poziomu opcjonalności dostępnych ścieżek przejazdu, których wybór nie pociąga za sobą nieakceptowalnych wzrostów czasu podróży, jak i cech rozmieszczenia ośrodków powiatowych i wojewódzkich. Dojazd do kolejnego położonego najbliżej miasta o danej randze wiąże się bowiem z mniejszym przyrostem czasu niż ten, który wystąpiłby przy niezmiennym celu podróży realizowanej podczas wystąpienia utrudnień związanych z powodzią.

W przypadku dostępności do sieci miast wojewódzkich najpoważniejsze negatywne dla dostępności czasowej konsekwencje pociągnąć może za sobą całkowite zniszczenie wałów przeciwpowodziowych w regionie wodnym Górnej-Zachodniej Wisły. Scenariusz ten wiąże się ze spadkiem liczby ludności w zasięgu izochrony 90-minutowej o 3,31%. Tym samym ponad

1,1 miliona osób może zostać pozbawionych możliwości względnie komfortowego dostępu do najbliższego ośrodka regionalnego. Wartość tę uznać można za wysoką. Dla porównania badania przeprowadzone przez Komornickiego i in. (2018) wykazały, że pomiędzy 2013 a 2023 rokiem dojdzie do przyrostu udziału ludności objętej izolacją 90-minutowego czasu dojazdu do sieci miast wojewódzkich o 1,8%. Znacznie bliższe tej wartości są spadki związane z wystąpieniem powodzi w regionie wodnym Dolnej Wisły. Wyłącza ona z zasięgu półtoragodzinnego dojazdu 2,13% bazowej liczby ludności w przypadku 10% prawdopodobieństwa wystąpienia i kolejne 0,54%, w sytuacji gdy wystąpiłaby powódź 100-letnia od strony rzeki. Są to jednocześnie maksymalne osiągnięte spadki wartości dla tychże prawdopodobieństw. Wystąpienie omawianego zagrożenia od strony morza to redukcje udziału ludności nieprzekraczające 0,30% wartości bazowej. Z badań Komornickiego i in. (2018) skupiających się na dostępności do sieci miast wojewódzkich w jednogodzinnej izochronie wynika, że w 2023 r. obejmie ona swoim zasięgiem o 5,6% ludności więcej, niż obejmowała w roku 2013. Nawet najdalej idąca ingerencja w sieć drogową mająca miejsce w związku z wystąpieniem powodzi daleka jest od takich wartości w przypadku izochrony 60-minutowej. Najwyższy odnotowany spadek o wartości 3,51% zaobserwowany został na skutek wystąpienia omawianego zdarzenia nietypowego doprowadzającego do całkowitego zniszczenia wałów przeciwpowodziowych w regionie wodnym Dolnej Wisły. Powódź 10-letnia i 100-letnia w regionie wodnym Bugu skutkuje zmianami w przebiegu izochrony 60-minutowej, które pozostawiają poza jej zasięgiem największe grupy ludności, odpowiednio 2,40% i 3,31% wartości bazowej.

W porównaniu ze zmianami zasięgu izochrony 90-minutowej wystąpienie powodzi od strony morza wyraźnie bardziej oddziałuje na 60-minutową dostępność do sieci miast wojewódzkich, chociaż wpływ ten nadal pozostaje bardzo ograniczony i nie przekracza 0,62% bazowej liczby ludności. Podobnie niewielki rząd spadku czasowej dostępności kumulatywnej według liczby ludności ma miejsce w przypadku sieci miast powiatowych. Nawet wobec całkowitego zniszczenia wałów przeciwpowodziowych w regionie wodnym Górnej-Zachodniej Wisły tylko nieco ponad 200 tys. osób (0,54%) przestanie być objętych jednogodzinną izochroną dojazdu do najbliższego miasta powiatowego. Konsekwencje innych rozpatrywanych w tym kontekście scenariuszy powodzi, nie przekraczają spadków liczby ludności na poziomie 0,36% względem wielkości bazowej, a w licznych przypadkach (np. w związku z powodzią od strony morza) zmiany nie występują.

Z perspektywy ograniczenia spadków wskaźników dostępności kumulatywnej szczególnie istotne jest podnoszenie odporności infrastruktury drogowej, umożliwiającej dotarcie przede wszystkim do miast wojewódzkich. W ośrodkach tych skoncentrowany jest znaczny potencjał demograficzny, co w przypadku występowania infrastruktury o wysokiej podatności na oddziaływanie powodzi może skokowo zwiększać liczbę ludności objętej wykluczeniem, kiedy pojawi się zagrożenie. Ograniczenie negatywnych konsekwencji tego rodzaju przyniesie zapewne ujawnienie się opisanego przez Komornickiego i in. (2018) efektu sieciowego realizacji drogowych inwestycji infrastrukturalnych. Wchodzenie poszczególnych miast w zasięgi oddziaływania sąsiednich ośrodków wojewódzkich spowoduje, że wobec utrudnionego dojazdu do jednego z miast jego rolę będzie mógł przejąć inny, bez znaczących wzrostów kosztów podróży po stronie dojeżdżających użytkowników sieci (substytucyjność nie występuje tutaj w pełni, chociażby ze względu na szereg funkcji administracyjnych). Co więcej, taka sytuacja pozwala na niwelowanie nierówności w rozwoju poprzez zapewnianie wysokiego poziomu dostępności do obszarów o najwyższym jego poziomie (Komornicki 2019a) nawet wobec wystąpienia różnego rodzaju barier, w tym tych o genezie związanej ze zdarzeniami nietypowymi (np. powodzi). W tym kontekście istotna jest postulowana przez Komornickiego i in. (2018) koncepcja takiego trasowania przebiegu dróg ekspresowych, aby pełniły one funkcje wewnątrzregionalne. Wynika to po pierwsze z wysokiej odporności tej klasy infrastruktury drogowej (w tym budowli inżynierskich w jej przebiegu) na oddziaływanie powodzi, a po drugie z jej parametrów użytkowych. Szczególnie w przypadku podróży krótkich umożliwia objeżdżanie zagrożonych obszarów przy zachowaniu możliwości przejazdu z dużą prędkością nawet w obliczu wzmożonego ruchu, bez konieczności znacznego nadłożenia drogi w związku ze stosunkowo gęsto rozmieszczonymi wjazdami/zjazdami, uwzględniającymi lokalizacje ośrodków subregionalnych (w tym powiatowych). Istotność tego rozwiązania potwierdza również fakt, że polaryzacja dostępności przyjmuje coraz częściej formę regionalną i lokalną, bowiem łatwość dotarcia do celu podróży jest często uzależniona właśnie od jego położenia względem najbliższego punktu (wjazdu/zjazdu), w którym możliwe jest włączenie się do użytkowania infrastruktury o najwyższych parametrach (np. autostrady) (Komornicki 2019a).

Dla jednoczesnego uwzględnienia wpływu powodzi na komponent transportowy i ludnościowy sięgnięto po syntetyczną miarę zmian sytuacji transportowej, opartą na podejściu potencjałowym. Skala zaobserwowanych zmian sum relacji poszczególnych rejonów komunikacyjnych z wszystkimi innymi włączonymi do badania, wynikających z równoległej

redukcji potencjałów i wydłużenia czasów podróży w następstwie powodzi, każe uznawać ten czynnik za znaczący dla efektywności funkcjonowania transportu drogowego w Polsce.

Punktem wyjścia dla badania zmian dostępności, a w dalszej kolejności także identyfikacji obszarów, w przypadku których spadki te są szczególnie problematyczne, było określenie bazowego rozmieszczenia przestrzennego potencjału zarówno dla podróży krótkich, jak i długich. Uzyskane rezultaty są w znacznej mierze potwierdzeniem wcześniejszych badań w tym zakresie (np. Stępiak i Rosik 2016, Komornicki i in. 2018). Szczególnie w przypadku podróży krótkich wyraźnie widoczne są dwa obszary koncentracji najwyższych poziomów dostępności w układzie Łódź–Warszawa oraz konurbacja górnośląska – Kraków. Wyspowo występuje również w okolicach Poznania, Trójmiasta oraz Wrocławia, pozostając w „korytarzach” podwyższonej dostępności biegnących odpowiednio w kierunku województwa łódzkiego i śląskiego. Uwzględnienie podróży długich spaja ten wyspowy charakter, tworząc wyraźny rdzeń (nawiązujący do metropolii sieciowej wskazanej w KPZK 2030), obejmujący obszar pomiędzy stolicami województw mazowieckiego, małopolskiego, dolnośląskiego, wielkopolskiego i pomorskiego, rozlewając się nieznacznie ku wschodowi, w kierunku Białegostoku, Lublina, Rzeszowa, a na zachodzie wkraczając do województwa lubuskiego. Problematyczna pozostaje sytuacja województw zachodniopomorskiego, warmińsko-mazurskiego, wschodnich krańców podlaskiego i lubelskiego oraz południowej części województwa podlaskiego. W celu uczytelnienia rozmieszczenia gmin z perspektywy poziomu dostępności bazowej dokonano ich podziału pod względem jej wartości przeciętnej. W ten sam sposób przyporządkowano gminy pod kątem spadku dostępności występującego w związku z poszczególnymi scenariuszami powodziowymi (na podstawie rezultatów zawartych w rozdziale szóstym). Pozwoliło to na uzyskanie czterech typów gmin ze względu na poziom bazowej dostępności potencjałowej i wielkość jego spadku w podróżach krótkich i długich. Szczególnej uwagi wymagają jednostki, w przypadku których współwystępuje niska dostępność wyjściowa i jej duża redukcja w sytuacji zagrożenia.

Bez względu na długość rozpatrywanych podróży w przypadku wystąpienia powodzi od strony rzeki szczególnie niekorzystna z perspektywy dostępności transportowej sytuacja może dotyczyć północnej części województwa mazowieckiego oraz znacznego terytorium województw Polski Wschodniej. Z tej perspektywy bardzo ważny jest względny wzrost dostępności drogowej makroregionu Polski Wschodniej, który zgodnie z badaniami Komornickiego i in. (2017) ma nastąpić do 2023 roku. W zakres metropolii sieciowej włączone w tym czasie zostaną Rzeszów i Lublin, a w ograniczonym zakresie również Białystok. Obszary o niskim bazowym poziomie dostępności i jego dużej redukcji w związku z powodzią uzupełnią

południowa część Małopolski oraz ujawniające się głównie wobec całkowitego zniszczenia wałów przeciwpowodziowych północna Wielkopolska oraz Nizina Śląska, Przedgórze Sudeckie czy Pojezierze Lubuskie. Niski bazowy poziom dostępności nie ulega natomiast szczególnemu uszczupleniu ze względu na ewentualną powódź w przypadku województw zachodniopomorskiego i warmińsko-mazurskiego. Negatywne dla dostępności transportowej konsekwencje wystąpienia powodzi w większości przypadków nie pogłębiają istotnie barier wynikających z polityki transportowej, o których pisze Śleszyński i in. (2019, s. 21). „Oderwany komunikacyjnie od centrum gospodarczo-decyzyjnego kraju” (Śleszyński i in. 2019, s. 21) Szczecin nie zostaje objęty istotnym spadkiem dostępności w związku z zagrożeniami od strony rzeki. Pozostaje on jednak, wraz z miastami województw pomorskiego i warmińsko-mazurskiego, w zasięgu ponadprzeciętnego obniżenia dostępności na skutek powodzi od strony morza. Należy jednak pamiętać, że odnotowane dla tych scenariuszy powodziowych redukcje przyjmowały bardzo niewielkie wartości procentowe.

Istotnego obniżenia dostępności mogą potencjalnie doświadczyć częściowo także bieguny jej najwyższej bazowej wartości. Szczególnie dotyczy to gmin położonych na północ i północny zachód od Warszawy, okolic Bydgoszczy (w przypadku podróży długich) oraz obszarów nawiązujących przebiegiem do autostrady A4 na odcinkach Wrocław–Opole oraz Kraków–Rzeszów. Znamienne jest występowanie wysokich bezwzględnych spadków dostępności na obszarach związanych z ośrodkami o dużym potencjale (np. demograficznym) za sprawą infrastruktury pozwalającej na wysoką prędkość przejazdu, kiedy ma miejsce redukcja tego potencjału lub infrastruktura ta cechuje się dużą podatnością na destrukcyjne oddziaływanie powodzi na odcinkach położonych w niedużej odległości od tego ośrodka. Dlatego też zaburzenia tego rodzaju powodują efekt redukcji potencjału na całym terenie obsługiwanym przez daną drogę. Obszar negatywnego oddziaływania jest jednak znacznie mniejszy, kiedy dojdzie do zalania na tej samej drodze, ale na odcinku bliższym ośrodków mniejszych – o mniejszym potencjale demograficznym.

Ocenę konsekwencji powodzi dla osobowego transportu drogowego uzupełnić należy o miarę pozwalającą na odzwierciedlenie skali jej bezpośredniego oddziaływania, charakterystycznej dla poszczególnych scenariuszy. W tym celu wprowadzono wskaźnik ekspozycji systemu transportu drogowego uwzględniający cechy ilościowe i jakościowe komponentu transportowego oraz komponent ludnościowy. Przyjmuje on formę iloczynu długości dróg (wyrażonej w kilometrach), maksymalnej dopuszczalnej prędkości poruszania się po ich poszczególnych segmentach (wyrażonej w km/h, zgodnie z przepisami ruchu drogowego) oraz liczby ludności zamieszkującej tereny zagrożone powodzią w określonym

scenariuszu. Wartości wskaźnika ekspozycji zestawione zostały z wartościami wskaźnika ogólnokrajowego wpływu na dostępność (ONAE) w ujęciu względnym³.

Przy uwzględnieniu podróży krótkich znaczna większość scenariuszy wystąpienia powodzi przynosi względną wartość ONAE na poziomie nieprzekraczającym 1%. Niezależnie od przyjętego prawdopodobieństwa szczególnie problematyczne dla dostępności jest wystąpienie powodzi w regionach wodnych Środkowej Wisły oraz Górnej-Zachodniej Wisły. Z kolei w przypadku symulacji 10-letniej i 100-letniej powodzi w regionie wodnym Środkowej Odry występuje najwyższy wskaźnik ekspozycji systemu transportu drogowego, który nie przekłada się na proporcjonalnie dotkliwe zmiany w dostępności, bowiem ONAE nie przekracza 2,5%. Dla porównania względna zmiana ONAE w przypadku wprowadzenia do polskiej sieci drogowej odcinka autostrady A2 Łódź-Warszawa wyniosła zgodnie z badaniami Stępnika i Rosika (2013) 1,49% dla krajowych podróży krótkich, zaś dla krajowych podróży długich uzyskali wartość 1,19%. Wprowadzenie odcinka od granicy polsko-niemieckiej do Nowego Tomysła dało natomiast znacznie mniejsze wyniki – odpowiednio 0,06% i 0,05% .

Zdecydowany, kilkuprocentowy przyrost wskaźnika ONAE towarzyszy symulacjom całkowitego zniszczenia wałów przeciwpowodziowych. Zarówno pod względem wielkości wskaźnika ekspozycji, jak i wpływu na dostępność dominuje scenariusz uwzględniający zmiany w systemie transportu drogowego związane z powodzią na Wiśle. Uwzględnienie podróży długich przynosi wyniki wskazujące na szczególnie problematyczne w skutkach wystąpienie powodzi w regionie wodnym Górnej-Zachodniej Wisły.

Uzupełnieniem analizy konsekwencji powodzi dla osobowego transportu drogowego w zakresie dostępności było badanie stopnia jej zróżnicowania towarzyszącego poszczególnym uwzględnianym w badaniu scenariuszom. Polaryzacja dostępności, choć ma charakter przejściowy (Komornicki i in. 2018), jest związana z występowaniem obszarów o ograniczonym dostępie do szeregu usług publicznych, których deficyt może przekładać się z czasem na obniżenie poziomu życia wykluczonej transportowo ludności. Wystąpienie barier związanych z klęskami żywiołowymi może okresowo pogłębiać opisywaną przez Komornickiego (2019b) niesprawiedliwość komunikacyjną. Czasowy wzrost zróżnicowania przestrzennego dostępności związany z wystąpieniem omawianej klęski żywiołowej będzie zapewne mniej niepokojący, kiedy zakończone zostaną duże inwestycje drogowe (jak i te dotyczące innych środków transportu). Przyniesie to bowiem obniżenie bazowego poziomu

³ W wersji bezwzględnej przyjmuje on formę ważonej populacją różnicy w poziomie dostępności w skali krajowej pomiędzy analizowanym scenariuszem powodzi a sytuacją „normalną”, bazową (Stępnik i Rosik 2013).

polaryzacji dostępności. Wpływ powodzi na zróżnicowanie dostępności⁴ przeanalizowano również w ujęciu dynamicznym, wprowadzając wskaźnik jego procentowej zmiany względem wartości charakterystycznej dla sytuacji „normalnej”. Został on zestawiony ze wskaźnikiem ogólnokrajowego wpływu na dostępność (ONAE) w ujęciu względnym, tak aby możliwe było prześledzenie relacji pomiędzy siłą oddziaływania na dostępność i zróżnicowaniem poziomu konsekwencji jej wystąpienia. Wyraźnie widać, że nie występuje pomiędzy tymi dwoma elementami jasna, proporcjonalna zależność. Przyrostowi oddziaływania na dostępność w skali krajowej towarzyszy przeważnie wzrost jej polaryzacji, jednak występują także takie scenariusze powodzi, jak np. powódź 10-letnia w regionie wodnym Małej Wisły, które przynoszą wręcz odwrotny skutek. Niemniej jednak niezależnie od rozpatrywanych długości podróży czy prawdopodobieństwa sytuacji kryzysowej wyraźnie widać, że wystąpienie powodzi na obszarze dorzecza Wisły (przede wszystkim w regionach wodnych Dolnej Wisły, Górnej-Zachodniej Wisły i Górnej-Wschodniej Wisły) niesie za sobą zazwyczaj zarówno najdalej idące spadki dostępności w skali ogólnopolskiej, jak i znacząco potęguje jej polaryzację.

Zaobserwowana zmienność wskaźników dyspersji świadczy o tym, że funkcjonowanie transportu drogowego będącego pod wpływem oddziaływania powodzi skutkuje przeważnie wzrostem polaryzacji dostępności. Biorąc pod uwagę rozmieszczenie obszarów, na terenie których powódź może wywołać największe dysproporcje w poziomie dostępności transportowej, potwierdza się już wcześniej sygnalizowana konieczność zapewnienia wysokiej odporności infrastruktury włączającej w sieć transportowo-osadniczą ośrodki o największym potencjale demograficznym, nawet jeśli ich bazowa dostępność odbiega od poziomu cechującego duże ośrodki miejskie w kształtującej się metropolii sieciowej. Będzie to miało szczególne znaczenie, kiedy zrealizowane zostaną już wszystkie kluczowe inwestycje infrastrukturalne. Wtedy bowiem wprowadzona do analizy zmian dostępności transportowej związanych z powodzią redukcja potencjałów demograficznych obszarów nią objętych zacznie w coraz większym stopniu decydować o finalnym całkowitym jej spadku.

Poza wpływem na dostępność zmiany w funkcjonowaniu systemu transportowego w wyniku ingerencji w krajową sieć drogową charakteryzowane są również przy wykorzystaniu danych o natężeniu ruchu pojazdów (np. Komornicki i in. 2015, 2017, Rosik i Kowalczyk 2015). Symulacje przeprowadzane w celu określenia konsekwencji powodzi dla osobowego

⁴ Wpływ na spójność został zmierzony przy wykorzystaniu wskaźnika dyspersji PAD (*Potential Accessibility Dispersion*), który stanowi iloraz odchylenia standardowego wskaźnika dostępności i średniej, ważonej liczbą ludności, wartości wskaźnika na poziomie gminnym (Ortega i in. 2012, Stępiak i Rosik 2013, Rosik i in. 2015).

transportu drogowego w zakresie obciążenia sieci drogowej przeprowadzono tak, aby możliwa była obserwacja w skali całej krajowej sieci drogowej przy jednoczesnym uwzględnieniu czynnika, którego wpływ na system transportowy nie jest możliwy do uchwycenia w żadnych regularnie prowadzonych pomiarach. Zastosowanie symulacyjnych modeli ruchu stworzyło też sposobność względnego „wyizolowania” charakterystycznych reakcji systemu transportu drogowego na wystąpienie klęski żywiołowej. Jej ingerencja przyczyniać się może zarówno do pogorszenia warunków drogowych, jak i ruchowych, co skutkuje wzrostem czasu przejazdu, a w konsekwencji może uwidocznić się w postaci wystąpienia ruchu przełożonego (Lee i in. 1999). Bezwzględne zmiany liczby pojazdów w wybranych segmentach sieci zaobserwowane w wyniku przeprowadzenia symulacji poszczególnych scenariuszy powodziowych są wynikiem przesunięcia przestrzennego podróży. Uwzględnienie przesunięcia czasowego czy modalnego powinno stanowić przedmiot dalszych, pogłębionych analiz szczególnie dla tych obszarów, w obrębie których doszło do największych przesunięć przestrzennych. Biorąc jednak pod uwagę obligatoryjny charakter uwzględnianych w badaniu podróży, możliwości ich odłożenia w czasie są mocno ograniczone.

Zestawienie wskaźnika ekspozycji systemu transportu drogowego z udziałami długości odcinków sieci drogowej, na których wystąpił bezwzględny wzrost liczby pojazdów, w stosunku do całkowitej długości sieci drogowej kraju dla poszczególnych scenariuszy powodziowych dowodzi, że szczególnie daleko idące konsekwencje dla równowagi systemu niesie za sobą powódź w regionach wodnych Dolnej Wisły, Środkowej Wisły i Warty. Niezależnie od motywacji podróży w ich przypadku występuje nadzwyczaj alarmująca dysproporcja pomiędzy skalą bezpośredniego oddziaływania powodzi a wielkością następstw w zakresie przyrostu natężenia ruchu. Na uzyskany obraz rozkładu ruchu na sieć zmodyfikowaną w związku z wystąpieniem powodzi ma również wpływ ubytek podróży związany ze zjawiskiem ruchu tłumionego (Szarata 2010). Występują bowiem odcinki sieci, gdzie odnotowywane spadki natężenia ruchu nie wynikały z ich wyłączenia z eksploatacji, lecz z pozostawania poza nowymi, optymalnymi trasami przejazdu. Zastosowana w prezentowanym badaniu redukcja potencjałów ruchotwórczych miała za zadanie odzwierciedlić ograniczenie lub rezygnację z odbywania podróży do pracy czy służbowych, jaka może towarzyszyć osobom pozostającym w zagrożeniu. W tym kontekście należy podkreślić, że wskazane powyżej zjawiska, tak jak powódź ich wystąpienia, mają zazwyczaj charakter okresowy, a zmiany w sieci drogowej czy skłonności do odbywania podróży mogą oddziaływać na ruch jedynie w sposób bezpośredni.

W przypadku powodzi zazwyczaj krótkotrwały charakter modyfikacji w połączeniu z ekstremalnymi okolicznościami, na skutek których wystąpiły, jest dużą przeszkodą dla określenia możliwości zmian aktywności ruchowych (Litman 2017) charakterystycznych dla poszczególnych scenariuszy powodziowych. Przyjęcie wielkości popytu na niezmiennym poziomie mogłoby doprowadzić do zbyt poważnych dysproporcji w rozkładzie ruchu względem sytuacji „normalnej”, zaś precyzyjne jego określenie wiąże się z przeprowadzeniem badań ankietowych, które w tej skali analizy byłyby ogromnie czasowo- i kosztochłonne (co potwierdził przeprowadzony pilotaż⁵). W związku z tym wprowadzono wariant pośredni, nieco uelastyczniający popyt i jednocześnie powiązany z cechami użytkowników (miejscem zamieszkania na terenach zagrożonych). Wobec braku danych mówiących o rzeczywistej liczbie ludności, której dotyczyć może spadek ruchliwości, rozwiązaniem dla określenia liczby podróży tłumionych wynikających z wystąpienia poszczególnych scenariuszy powodzi może być przeprowadzenie modelowania symulacyjnego uwzględniającego czynnik dostępności transportowej (Szarata 2013). Zgodnie z tym podejściem spadki dostępności cechujące poszczególne rejony komunikacyjne, które pojawiają się w następstwie wydłużenia czasów przejazdów w poszczególnych scenariuszach powodzi, można przełożyć na redukcję liczby podróży związanych z każdym z rejonów.

Przeprowadzenie symulacji ujmujących zmiany w infrastrukturze transportowej i potencjałach ruchotwórczych finalnie umożliwiło wskazanie rozmieszczenia odcinków sieci drogowej o ponadprzeciętnym wzroście obciążenia ruchem drogowym związanym z podróżami do pracy i służbowymi.

W przypadku gdy podróż jest motywowana dotarciem do miejsc pracy, szczególnie wysokie przyrosty liczby pojazdów występują zazwyczaj na fragmentach sieci sąsiadujących z dużymi aglomeracjami – chłonnymi rynkami pracy (przede wszystkim Warszawa, Trójmiasto, Lublin, Poznań, Wrocław i Opole) – oraz na południe od korytarza autostrady A4. Potwierdza to słuszność koncepcji ujmowania w planach realizacji niezbędnych drogowych zadań inwestycyjnych w pierwszej kolejności tych odcinków, które łączą się z dużymi ośrodkami miejskimi. Z perspektywy uodpornienia systemu transportu drogowego na występowanie dodatkowych potoków ruchu związanych z wystąpieniem tak nietypowego zdarzenia jak powódź bardziej uzasadnione wydaje się przeznaczenie środków na inwestycje w odcinki dróg

⁵ Badanie pilotażowe przeprowadzone w Instytucie Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej Uniwersytetu Łódzkiego na grupie 500 gospodarstw domowych zamieszkujących na terenach zagrożonych powodzią o prawdopodobieństwie 1%, dotyczące wpływu doświadczenia powodzi na znajomość treści instrukcji ewakuacji.

nawet o niższych kategoriach, lecz wprowadzających ruch do aglomeracji, niż ich rozproszenie na liczne, często punktowe działania, dotyczące np. problematycznych w czasie powodzi przepustów czy małych mostów. Badania wskazują, że sieć drogowa charakteryzuje się najczęściej na tyle wysokim poziomem opcjonalności ścieżek przejazdu, że zalanie określonego jej odcinka wiąże się zazwyczaj z koniecznością znalezienia objazdu, a nie rezygnacją z podróży. Ten przeważnie niewielki, lokalny, przełożony przestrzennie ruch prędzej czy później obciąży już w sposób skumulowany odcinki sieci prowadzące bezpośrednio do obszarów koncentracji miejsc pracy.

Tak szczególne towarzyszące zdarzeniom nietypowym rozkłady ruchu nie mogą determinować procesu planowania infrastruktury drogowej; powinny być jednak brane pod uwagę jako ekstremalne warunki brzegowe. W przypadku podróży krótkich (dojazdów do pracy) dokończenie dużych inwestycji drogowych może w krótkim okresie nie przynieść dużych zmian w obrazie rozmieszczenia odcinków sieci drogowej o ponadprzeciętnym wzroście obciążenia ruchem drogowym w związku z powodzią. W krótkiej perspektywie czasowej zmiany obejmą przede wszystkim tę grupę podróży, których realizacja dzięki nowym inwestycjom może się wiązać z mniejszymi kosztami (przede wszystkim czasem) przejazdu. Większych zmian można się spodziewać w dłuższej perspektywie czasowej, kiedy wzrost dostępności towarzyszący „domknięciu” inwestycji będzie skutkować przestrzennym wzrostem oddziaływania rynków pracy dużych ośrodków miejskich (rekompensując często ich własne problemy demograficzne). Inwestycje, o których mowa, charakteryzują się wysoką odpornością na oddziaływanie powodzi, co finalnie powinno się przyczynić do redukcji obserwowanych w przyszłości zmian natężeń ruchu towarzyszących takim zdarzeniom nietypowym jak powódź. Niepewność tych przewidywań leży w samej powodzi i zmienności zasięgu terenów nią objętych, wynikającej z ingerencji człowieka w środowisko przyrodnicze, w tym przy okazji realizacji drogowych inwestycji infrastrukturalnych.

Duża część prawidłowości cechujących rozmieszczenie odcinków sieci drogowej o ponadprzeciętnym wzroście obciążenia ruchem związanym z podróżami do pracy na skutek wystąpienia powodzi ma również miejsce w sytuacji, kiedy przemieszczenia wynikają z konieczności realizacji zadań (podróży) służbowych. Niemniej jednak w sposób szczególny i nieporównywalny skalą przestrzenną do innych aglomeracji ogniskują się one wokół Warszawy i generalnie sieci drogowej na obszarze województwa mazowieckiego.

Modyfikacje ścieżek przejazdu oraz redukcje liczby podróży do pracy i podróży służbowych proporcjonalnie do udziału ludności rejonu komunikacyjnego zamieszkującej na terenach zagrożonych powodzią w całkowitej liczbie mieszkańców przyniosły zmiany pracy

eksploatacyjnej o zróżnicowanych wielkościach. W przypadku podróży motywowanych dotarciem do miejsca pracy maksymalny odnotowany przyrost w stosunku do sytuacji „normalnej” wyniósł ponad 11% i towarzyszył powodzi 100-letniej w regionie wodnym Górnej-Zachodniej Wisły. Nieco mniejszy wzrost (10,39%), wynikający z większych spadków ruchliwości, pociągnęło za sobą całkowite zniszczenie wałów przeciwpowodziowych w tym regionie wodnym. Region wodny Dolnej Wisły to natomiast obszar, gdzie powódź 10-letnia przynosi największe względne przyrosty liczby pojazdokilometrów (7,14%). Dla porównania, zgodnie z badaniami GUS (2015), nieco mniej, bo 6,1% ogółu pracy eksploatacyjnej wykonanej przez samochody osobowe wykorzystywane do przemieszczeń do pracy w Polsce, dotyczy dojazdów w strefie do 5 kilometrów. Z kolei wcześniej wskazane wartości przyrostów można przyrównać do 10,7% udziału pracy eksploatacyjnej wykonanej przez samochody osobowe wykorzystywane do przemieszczeń do pracy w Polsce, lecz w strefie od 51 do 100 kilometrów.

W przypadku podróży służbowych przyrosty pracy eksploatacyjnej są nie tylko mniejsze, ale dochodzi wręcz do niewielkich jej spadków (maksymalnie $-1,64\%$). Niemniej jednak, niezależnie od rozpatrywanego prawdopodobieństwa powodzi, w tej motywacji podróży największe wzrosty towarzyszą zagrożeniu w regionie wodnym Środkowej Wisły. Powódź 10-letnia może spowodować zwiększenie pracy eksploatacyjnej o blisko 3,2% względem sytuacji „normalnej”. Jest to wartość taka sama jak udział w całkowitej pracy eksploatacyjnej wykonanej przez samochody osobowe wykorzystywane do podróży służbowych w Polsce w strefie od 6 do 10 kilometrów. Natomiast wzrost związany z całkowitym zniszczeniem wałów przeciwpowodziowych (2,78%) przyrównać można do udziału w całkowitej pracy eksploatacyjnej wykonanej przez samochody osobowe w tej motywacji, ale w grupie podróży nie krótszych niż 500 km. Największy wzrost pracy eksploatacyjnej (7%) ma miejsce w przypadku powodzi o prawdopodobieństwie wystąpienia raz na sto lat.

Względne zmiany pracy eksploatacyjnej związanej z obiema motywacjami podróży i poszczególnymi scenariuszami powodzi zestawiono ze wskaźnikiem zróżnicowania obciążenia sieci drogowej. Przyjmuje on postać stosunku odchylenia standardowego wartości natężeń ruchu odnotowywanych na poszczególnych segmentach sieci drogowej do ilorazu całkowitej pracy eksploatacyjnej i liczby pojazdów. Obliczenie wartości wskaźnika na bazie zmiennych charakteryzujących poszczególne scenariusze powodziowe oraz sytuację „normalną” daje możliwość określenia wielkości i zwrotu wektora jego zmiany. W przypadku podróży do pracy uwagę zwraca sytuacja towarzysząca powodzi w regionie wodnym Górnej Odry. Pomimo

stosunkowo niewielkich przyrostów liczby pojazdokilometów, które mają miejsce w związku z wystąpieniem powodzi w tym regionie, niezależnie od uwzględnianego prawdopodobieństwa natężenie ruchu pojazdów na krajowej sieci drogowej przyjmuje bardziej zróżnicowane wartości. Jest to wynik współwystępowania niewielkiej redukcji liczby podróży oraz wysokich bazowych wartości natężeń ruchu w obrębie sieci objętej oddziaływaniem powodzi w tym regionie wodnym. W większości innych symulacji spadek maksymalnych wartości natężeń ruchu na sieci (mimo lokalnych przyrostów liczby pojazdów) przyczyniał się do spadku całkowitej pracy eksploatacyjnej, co przy zachowaniu na obszarach pozostających poza bezpośrednim oddziaływaniem powodzi wartości minimalnych na poziomie bazowym przekładało się na spadki zróżnicowania obciążenia sieci drogowej w skali krajowej. Jeśli zaś chodzi o podróże służbowe, uwagę należy przenieść na region wodny Środkowej Wisły. Powodziom na tym obszarze obok najwyższych w tej motywacji przyrostów pracy eksploatacyjnej towarzyszy bowiem również nieporównywalne zwiększenie zróżnicowania odnotowywanych natężeń ruchu pojazdów.

4.1.7. Główne wnioski i rekomendacje

Przeprowadzone postępowanie badawcze pozwoliło na sformułowanie następujących wniosków i rekomendacji:

- Przegląd zdarzeń nietypowych, jakie mogą wpływać na funkcjonowanie transportu drogowego w Polsce, wskazuje, że znaczna ich część dotyczy relacji woda-infrastruktura drogowa i woda-pojazd. Całkowita liczba możliwych konsekwencji wzajemnego oddziaływania na siebie tych par czynników jest trudna do określenia, niemniej jednak część z nich została już gruntownie przebadana na gruncie różnych dyscyplin naukowych. Formą oddziaływania wody na infrastrukturę drogową i jej użytkowników, która wystawia te elementy systemu transportowego na szczególną próbę, jest wystąpienie powodzi. Form jej oddziaływania jest bardzo wiele. Te zaś przy odpowiedniej kombinacji wielkości zagrożenia, ekspozycji i wrażliwości mogą stanowić istotną barierę transportową, co potwierdzają liczne, tragiczne w skutkach, doświadczenia historyczne.
- Pojawienie się symptomów zagrożenia czy też jego rzeczywiste wystąpienie może się przyczynić do realizacji przemieszczeń ludności związanych z ucieczką przed niebezpieczeństwem. Przeanalizowane wyniki badań oraz zapisy wytycznych dotyczących realizacji procesu ewakuacji w sferze organizacji transportu świadczą o tym, że problematyka jego optymalizacji stanowi wyzwanie zarówno jako przedmiot rozważań teoretycznych, jak i praktycznych. Oba te podejścia uwzględniają zazwyczaj wzajemną

zależność pomiędzy przemieszczeniami realizowanymi w związku z ewakuacją a mobilnością wynikającą z realizacji innych, „zwykłych” motywacji podróży.

- Analiza wybranych cech powodzi w Polsce dowodzi, że generują one najwyższe szkody w Polsce południowej (w dorzeczu górnej i środkowej Odry oraz górnej Wisły), co w znacznej mierze znalazło swoje potwierdzenie także w przypadku konsekwencji w zakresie ingerencji w sieć drogową i perturbacji dla całego krajowego systemu transportu drogowego.
- Uwzględnienie realiów prawno-administracyjnych towarzyszących gospodarowaniu na terenach zagrożonych powodziami wskazuje, że kluczowym elementem charakteryzującym zarządzanie terenami zagrożonymi omawianą klęską żywiołową powinna być stabilność głównych zasad mu przyświecających – odpornych na koniunkturę gospodarczą. Zmienność zasad gospodarowania na tych terenach, choć zapewne dokonywana w dobrej wierze, uniemożliwia wykrystalizowanie się zakładanych pozytywnych rezultatów ze względu na zbyt wąski horyzont czasowy, który wyznacza kolejna zmiana. Każdej z nich musi towarzyszyć okres przejściowy, który wprowadza element niepewności i jest potencjalną areną dla wystąpienia nadużyć i nieprawidłowości. Dla sieci drogowych problematyczna jest również niespójność ustaleń i to zarówno w rozumieniu przestrzennym, jak i rzeczowym.
- Bogaty zasób dokumentacji warunkującej zarządzanie systemem transportu drogowego wobec wystąpienia sytuacji kryzysowej dowodzi jednak, że nawet najrzetelniejsze wypełnianie wytycznych może nie zagwarantować odporności wystawionych na oddziaływanie powodzi segmentów sieci drogowej. Dostrzegając w tego rodzaju zdarzeniach nietypowych niebezpieczeństwo dla stabilności funkcjonowania struktur państwowych, opracowane zostały dokumenty o charakterze strategicznym i operacyjnym, w myśl których uzyskane w monografii rezultaty stanowią niezbędny materiał diagnostyczny dla poprawy bezpieczeństwa systemu transportu drogowego.
- Wypracowana metodyka oceny wpływu powodzi na funkcjonowanie transportu drogowego pozwala na ujęcie zagrożeń nawet o bardzo małym prawdopodobieństwie i katastrofalnych skutkach. Dzięki identyfikacji tych elementów sieci, których zniszczenie lub zakłócenie ich funkcjonowania przyniosło najpoważniejsze konsekwencje dla dostępności transportowej i obciążenia sieci drogowej, organy zaangażowane w zarządzanie infrastrukturą krytyczną (operatorzy) są w stanie przygotować i wdrażać plany ochrony infrastruktury krytycznej o treści lepiej dopasowanej do zamodelowanych zmian.
- Dzięki przeprowadzonym symulacjom możliwe jest sprawniejsze rozlokowywanie w przestrzeni i czasie sił i środków zapewniających bezpieczeństwo oraz podtrzymujących

funkcjonowanie infrastruktury drogowej do czasu jej pełnego odtworzenia. Uzyskane w prezentowanym badaniu rezultaty mogą tym samym ułatwić spełnienie standardów zarządzania infrastrukturą krytyczną.

- Dane o rozmieszczeniu obszarów szczególnie narażonych na ograniczenie dostępności pozwalają na podjęcie z odpowiednim wyprzedzeniem działań gwarantujących utrzymanie wysokiej dostępności infrastruktury transportu drogowego w dowolnym czasie. Wskazanie odcinków sieci, które są potencjalnie zagrożone zalaniem lub „odcięciem”, a także tych, które przejmą ich rolę w rozprowadzaniu ruchu drogowego, umożliwi spełnienie postulatu niezawodności w kontekście wzajemnej zastępowalności poszczególnych jej elementów.
- Trudności towarzyszące analizie i interpretacji zapisów w zbiorczej dokumentacji dotyczącej realizacji inwestycji w infrastrukturze drogowej uzasadniają postulat większej unifikacji treści opisującej inwestycję, a sporządzanej przez różne organy o różnym zasięgu terenowym. Wobec niedogodności związanych z dostępem do dokumentacji projektowych i ich analizą takie ujednolicenie i uszczegółowienie zapisów na poziomie wykazu byłoby znacznym ułatwieniem.
- Pozostając w tematyce baz danych, wykazów i dokumentacji, należy zasygnalizować braki i nieaktualności występujące w charakterystyce nawet podstawowych parametrów technicznych obiektów inżynierskich (mostów, przepustów) ujmowanych np. w ogólnodostępnych wektorowych bazach danych. Mając na względzie strategiczną rolę tego typu obiektów dla obronności państwa czy bezpieczeństwa cywilnego, można jednak postulować dopracowanie istniejących lub utworzenie nowych baz danych, których zakres opisanych parametrów mógłby być powszechnie dostępny i nie zagrażałby bezpieczeństwu kraju. Wykorzystanie w szerszym zakresie informacji o cechach konstrukcji budowli inżynierskich dałoby możliwość większego zróżnicowania ich „reakcji” na zagrożenie na etapie budowy modeli sieci drogowych dla poszczególnych scenariuszy powodziowych.
- Z punktu widzenia badań dotyczących transportu drogowego niezwykle cenne byłoby także uszczegółowienie informacji o poziomie wody powodziowej w obrębie obecnie funkcjonującego pierwszego przedziału – do 50 centymetrów. Przegląd badań wskazuje, że nawet kilkunastocentymetrowe różnice poziomu wody mogą przynieść bardzo różne negatywne skutki dla funkcjonowania sieci i realizowanych na niej podróży. Wartości progowe są nadal dyskusyjne i nie ma co do nich zgodności w stosowanej w badaniach metodyce, co nie zmienia faktu, że cenna była sama możliwość włączenia się w tego typu rozważania.

- Dalsze badania mogłyby odnosić się również do prężności systemu transportowego dzięki uwzględnieniu zmienności zjawiska powodzi w czasie. Chodzi tutaj zarówno o przemieszczanie się fali powodziowej, jak i o okres, po którym woda ustąpi i możliwe będzie rozpoczęcie działań zmierzających do przywrócenia sieci drogowej do stanu pierwotnego. Otworzyłyby to drogę dla analiz związanych z czasowym przesunięciem podróży.
- Cennym uzupełnieniem zaprezentowanego podejścia modelowego byłoby włączenie informacji na temat zmian zachowań komunikacyjnych ludności w czasie tak szczególnym, jak okres pojawiania się symptomów zagrożenia, wystąpienia powodzi oraz etap powrotu do sytuacji wyjściowej. Jest to jednak zadanie wyjątkowo trudne, bowiem możliwość przeprowadzenia analiz w czasie trwania rzeczywistego zagrożenia jest uwarunkowana prawdopodobieństwem wystąpienia klęski, a w dodatku ograniczana dużą dynamiką zjawiska i okolicznościami zniechęcającymi do udziału we wszelkiego rodzaju badaniach społecznych.
- Dalsze badania mogłyby zostać ukierunkowane także na wprowadzenie innych motywacji podróży czy wręcz zastosowanie wielomotywacyjnego modelu ruchu. Ruch związany z dojazdami do pracy i podróżami służbowymi stanowi jedynie część (choć znaczącą) potoków ruchu towarzyszących wszelkim motywacjom i w związku z tym niemożliwe jest w oparciu jedynie o tę motywację pełne wnioskowanie o poziomie zatłoczenia sieci czy wynikających z tego spadkach prędkości (z tej przyczyny zastosowano model urzeczywistniający prędkość przejazdu). Dlatego też możliwe jest przeprowadzenie zastosowanego w monografii postępowania badawczego również dla zmiennych charakterystycznych dla kolejnych motywacji i długości podróży, a następnie rozłożenie ruchu uwzględniającego strukturę poszczególnych celów podróży w potokach pojazdów w obrębie sieci drogowej.
- Zaproponowane podejście do wyznaczania prędkości poruszania się pojazdów po poszczególnych, dalece zróżnicowanych pod względem stopnia swobody ruchu, odcinkach sieci o dużej szczegółowości, wydaje się dobrze spełniać swoją rolę. Założenia modelu i jego późniejsza kalibracja pozwoliła na uzyskanie narzędzia badawczego obejmującego zarówno szeroki zakres przestrzenny badania, jak i wysoką rozdzielczość modelu sieci drogowej przy jednocześnie akceptowalnym poziomie rozbieżności uzyskiwanych wyników względem przyjętego wzorca. Nie zmienia to jednak faktu, że mimo starań, aby model najelastyczniej dopasowywał prędkość do okoliczności podróży, podejście to może być traktowane nadal jako zbyt „sztywne”, szczególnie wobec tak nietypowych, symulowanych

okoliczności. Rozwiązania tego problemu można dopatrywać się w zastosowaniu modeli ruchu i danych o prędkości ruchu będących ich produktem. O ile rozwiązanie tego rodzaju przy zachowaniu tak wysokiego poziomu szczegółowości modelu sieci wydaje się realizowalne w skali lokalnej czy nawet regionalnej, o tyle badania na szerszą skalę wydają się niezwykle trudne do przeprowadzenia.

- Powiązanie badań zmian dostępności transportowej z symulacyjnymi modelami ruchu daje również możliwość określenia zmian w ruchliwości towarzyszącej ingerencjom w integralność sieci drogowej. W prezentowanym badaniu, zarówno w zakresie analiz dostępności, jak i natężeń ruchu, sięgnięto jednak do szczegółowych danych dotyczących liczby ludności zamieszkującej na terenach zagrożonych powodzią. Podejście to wysoce uprawdopodobnia skalę przyjętych redukcji potencjałów, jednak możliwe jest udoskonalenie tego rozwiązania. Poza uwzględnieniem danych o ludności zamieszkującej obszary mogące ulec zalaniu wskazane byłoby również zinwentaryzowanie wszelkich innych generatorów ruchu i zdefiniowanie wielkości redukcji ruchu, jaka mogłaby towarzyszyć ich niefunkcjonowaniu w związku z powodzią. Tak szczegółowe analizy także wydają się możliwe przede wszystkim na poziomie lokalnym. Podobnie zresztą jak próby kalibracji modelu odzwierciedlającego rozkład ruchu w związku z wystąpieniem zdarzenia nietypowego w postaci powodzi. Rozważyć można ponadto zastosowanie innego niż deterministyczny rozkład równowagi użytkownika podejścia do rozkładu ruchu na sieć transportową w czasie symulacji w trakcie powodzi ze względu na dużą dynamikę zjawiska i trudność w pozyskiwaniu wiedzy o najkrótszej trasie wobec zmieniających się szybko okoliczności.
- Zrealizowane badania wskazały, że system transportu drogowego w Polsce charakteryzuje się zróżnicowaną przestrzennie wrażliwością na wystąpienie zdarzeń nietypowych w zakresie obniżenia dostępności transportowej i cech eksploatacji sieci drogowej. Ujawnia się ona zarówno w zakresie komponentu transportowego, jak i zagospodarowania (demograficznego). Uzyskane rezultaty ujawniają ponadto zróżnicowanie siły ingerencji w bazowe poziomy dostępności oraz natężeń ruchu drogowego ze względu na przyjęte długości podróży oraz ich motywacje.
- Niezależnie od długości rozpatrywanych podróży w przypadku wystąpienia powodzi od strony rzeki szczególnie niekorzystna z perspektywy dostępności transportowej sytuacja może dotyczyć północnej części województwa mazowieckiego oraz znacznego udziału terytorium województw Polski Wschodniej. Obszary o niskim bazowym poziomie dostępności i jego dużej redukcji w związku z powodzią uzupełnia południowa część

Małopolski, północna Wielkopolska oraz Nizina Śląska, Przedgórze Sudeckie czy Pojezierze Lubuskie. Pomorze Zachodnie nie zostaje objęte istotnym spadkiem dostępności w związku z wystąpieniem powodzi od strony rzeki we wszystkich analizowanych scenariuszach. Pozostaje jednak, wraz z miastami województw pomorskiego i warmińsko-mazurskiego, w zasięgu ponadprzeciętnego obniżenia dostępności na skutek powodzi od strony morza. Do grupy obszarów stanowiących bieguny najwyższej bazowej wartości dostępności, które mogą zostać dotknięte istotnym obniżeniem dostępności w związku z powodzią, należą szczególnie: gminy na północ i północny zachód od Warszawy, okolice Bydgoszczy (w przypadku podróży długich) oraz obszary nawiązujące przebiegiem do autostrady A4 na odcinkach Wrocław–Opole i Kraków–Rzeszów.

- W przypadku gdy podróż jest motywowana dotarciem do miejsc pracy, szczególnie wysokie przyrosty liczby pojazdów występują zazwyczaj na fragmentach sieci sąsiadujących z dużymi aglomeracjami. Badania wskazują, że sieć drogowa charakteryzuje się najczęściej na tyle wysokim poziomem opcjonalności ścieżek przejazdu, że zalanie określonego jej odcinka wiąże się z reguły z koniecznością objazdu, a nie rezygnacji z podróży. Ten przeważnie niewielki, lokalny, przełożony przestrzennie ruch prędzej czy później obciąży już w sposób skumulowany odcinki sieci prowadzące bezpośrednio do obszarów koncentracji miejsc pracy. Duża część prawidłowości cechujących rozmieszczenie odcinków sieci drogowej o ponadprzeciętnym wzroście obciążenia ruchem związanym z podróżami do pracy na skutek wystąpienia powodzi ma również miejsce w sytuacji, kiedy przemieszczania wynikają z konieczności realizacji zadań (podróży) służbowych. Niemniej jednak, w sposób szczególny i nieporównywalny skalą przestrzenną do innych aglomeracji, ogniskują się one wokół Warszawy i generalnie sieci drogowej na obszarze województwa mazowieckiego.
- Ogólnie rzecz ujmując, powodziom obejmującym większe obszary towarzyszą dotkliwsze spadki dostępności transportowej, a system zmuszony jest obsłużyć większą pracę eksploatacyjną. Niejednorodność sieci drogowej i zróżnicowane względem terenów zagrożonych zalaniem rozmieszczenie potencjału nie pozwalają, aby zależność ta miała charakter wprost proporcjonalny. Związku o takiej naturze trudno doszukać się również pomiędzy zasięgiem bezpośredniego oddziaływania wód powodziowych na infrastrukturę drogową a konsekwencjami dla systemu transportu drogowego rozpatrywanymi w skali ogólnopolskiej. Niemniej jednak można wskazać grupę regionów wodnych, na terenie których powódź najdotkliwiej ingeruje w równowagę systemu transportu drogowego, polaryzując będącą jego produktem dostępność. W przypadku regionów wodnych

Środkowej Odry, Górnej-Zachodniej Wisły, Środkowej Wisły i Dolnej Wisły występują bowiem jednocześnie znaczna ekspozycja i infrastruktura o dużej istotności dla całego krajowego systemu transportu drogowego oraz ośrodki o kluczowym znaczeniu dla kształtowania dostępności i rozkładu ruchu w warunkach „normalnych”. Należy mieć jednak świadomość, że aktualnie realizowane pierwszoplanowe drogowe inwestycje infrastrukturalne przyczynią się bez wątpienia do zawężenia zaobserwowanych w badaniu potencjalnych negatywnych konsekwencji dla użytkowników sieci.

- Działania zmierzające do obniżenia wrażliwości transportu drogowego na wystąpienie zdarzenia nietypowego w formie powodzi należy prowadzić zasadniczo w odniesieniu do trzech sfer: infrastruktury drogowej i zarządzania nią, użytkowników sieci drogowej oraz pozostałego zagospodarowania terenów zagrożonych powodzią.
- Przedsięwzięcia w zakresie infrastruktury drogowej i zarządzania nią są już w znacznej części przeprowadzane, bowiem realizowane są z większą lub mniejszą systematycznością zasadnicze inwestycje infrastrukturalne służące zakończeniu krajowych planów w tym zakresie. Niemniej jednak, również z perspektywy wystąpienia perturbacji w następstwie powodzi czy też innych zdarzeń nietypowych, bardzo istotne jest ukończenie toczącego się procesu inwestycyjnego, tak aby zapewnić możliwie wysoki poziom bazowej dostępności transportowej i, co ważniejsze, aby poziom ten był jak najmniej zróżnicowany przestrzennie. Eliminacja obszarów wykluczonych z możliwości swobodnego i wygodnego korzystania z możliwości dostępnych w miejscach, gdzie skupia się potencjał rozwojowy, w okolicznościach niezaburzonej równowagi systemu transportowego, zapobiegnie nałożeniu się na siebie niskiego poziomu dostępności wyjściowej i dużej skali jego redukcji w związku z zaistnieniem zagrożenia.
- Poza uniwersalnym postulatem ukończenia kluczowych inwestycji konieczne jest jednak także podejście do polityki inwestycyjnej w sposób dostosowany do potrzeb lokalnych systemów transportu drogowego. Zróżnicowanie ich reakcji na symulowane wystąpienie powodzi ujawnia wymóg przemyślanej alokacji środków inwestycyjnych nie tylko względem bieżących potrzeb infrastrukturalnych, ale przede wszystkim przy uwzględnieniu aktualnych i przyszłych cech mobilności. Dla części lokalnych sieci kluczowy będzie jedynie remont budowli inżynierskiej, inne zaś musiałyby przygotować znaczny procent swoich odcinków dróg na przyjęcie ruchu pojazdów, do którego obsługi w warunkach „normalnych” nie są zdolne. Nie bez znaczenia jest również harmonogramowanie tego rodzaju działań.

- Rezultaty badań podjętych w monografii uzasadniają potrzebę sporządzania analiz zmian dostępności transportowej szczególnie dla obszarów zagrożonych powodzią – i to w różnych skalach przestrzennych. Konieczna jest również regularna aktualizacja badań w związku z rozwojem sieci transportowej, zmianą liczby, rozmieszczenia i siły oddziaływania potencjałów ruchotwórczych oraz cech samej powodzi (np. granic obszaru, który może być nią objęty). Aktualne i szczegółowe wyniki umożliwią sformułowanie, a następnie odpowiednio wczesne wdrożenie procedur zarządzania transportem na poszczególnych poziomach przestrzennych.
- Mając na uwadze, że niemożliwym jest uniknięcie powodzi i prędszej czy później obejmie ona swoim oddziaływaniem któryś z obszarów objętych symulacją, konieczne jest konsekwentne podejmowanie działań nastawionych na redukcję liczby generatorów ruchu na tychże obszarach. W tym zakresie konieczne jest tworzenie konsekwentnego prawodawstwa warunkującego zagospodarowanie terenów zagrożonych powodzią, a następnie jego restrykcyjne przestrzeganie.

4.2. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych

Prezentacja pozostałych osiągnięć naukowych zostanie dokonana poprzez wskazanie głównych nurtów, w których zawierają się prowadzone działania badawcze, będących jednocześnie kluczowymi składowymi ścieżki kariery zawodowej, której uwieńczeniem jest osiągnięcie naukowe, zaprezentowane w poszczególnych częściach podrozdziału 4.1.

Zasadnicza część aktywności naukowej dotyczy czterech zagadnień należących do subdyscypliny geografii transportu: funkcjonowania transportu drogowego w obliczu wystąpienia powodzi, mobilności miejskiej, dostępności transportowej oraz miejskich systemów transportowych. Przy czym wyraźnie większą dynamiką badań w ostatnich latach cechują się dwa pierwsze zagadnienia. Wynika to w dużej mierze z realizacji kolejnych zadań w ramach planów badawczych projektów grantowych (przede wszystkim tych finansowanych z środków Narodowego Centrum Nauki). W przypadku części zrealizowanych przedsięwzięć badawczych możliwe byłoby ich przyporządkowanie do więcej niż jednej ze wskazanych grup tematycznych, co wynika z ich częściowej komplementarności. Niemniej jednak, zastosowany podział wydaje się znajdować potwierdzenie chociażby w dorobku publikacyjnym czy projektowym. Początkowy fragment tej części autoreferatu został poświęcony na krótką charakterystykę wątków aktywności badawczej podejmowanej przed obroną pracy doktorskiej.

4.2.1. Działalność badawcza przed obroną pracy doktorskiej

Badania związane z transportem (w różnych formach jego organizacji) oraz jego rolę w zagospodarowaniu stanowiły przedmiot zainteresowania już na etapie studiów licencjackich (kierunek logistyka) i uzupełniających studiów magisterskich. Tematyka ta kontynuowana była również później, w czasie studiów doktoranckich, jeszcze przed wykrystalizowaniem się ostatecznej struktury mojej pracy doktorskiej. W tym okresie realizowane były badania o dość dużym zróżnicowaniu tematycznym, choć zawsze powiązane z geografią transportu. Wskazać można np. analizy dotyczące roli regionalnej sieci transportowej w procesie lokalizacji infrastruktury logistycznej (C.84.), badania dostępności do lokalnego transportu zbiorowego na obszarze kształtującego się Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego (C.83.), rozważania nad historycznymi uwarunkowaniami korytarza transportowego Bałtyk-Adriatyk (C.81.) czy spójnością regionalnych sieci transportowych w świetle analiz grafowych (C.82.). Rozstrzał tematyczny wynikał zapewne z poszukiwania wątków badawczych, które najlepiej opisywały zainteresowania naukowe. Daleko idące zawężenie tematyki działalności badawczej towarzyszyło finalnemu ustaleniu celu głównego rozprawy doktorskiej. Potwierdzają to między innymi tematyki realizowanych projektów związanych z prowadzeniem badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych, służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich – np. *Dostępność transportowa miast regionu łódzkiego (J.8.)* czy wystąpienia konferencyjne – np. *Potencjał transportowo-osadniczy małych miast województwa łódzkiego (D.23.)*.

Wskazane zawężenie skutkowało wykrystalizowaniem się pierwszego z zasadniczych nurtów, w których zawierają się prowadzone działania badawcze – **Dostępności transportowej**.

4.2.2. Dostępność transportowa⁶

Zagadnienie dostępności transportowej poruszane było w dużej części prac badawczych przedstawionych dotychczas w autoreferacie jak i tych, które zaprezentowane zostaną w dalszej jego części. Wynika to chociażby z faktu, że metody określania poziomu dostępności transportowej stanowią bardzo trafny sposób realizacji badań poświęconych funkcjonowaniu systemów transportowych czy lokalizacji/rozmieszczeniu wybranych grup obiektów. Jest to

⁶ Znaczną większość badań dedykowanych zagadnieniu dostępności transportowej, realizowałem samodzielnie. W przypadku prac zespołowych, moja odpowiedzialność obejmowała przygotowanie planu badawczego będącego odpowiedzią na sformułowany uprzednio problem, przygotowanie danych źródłowych oraz wybór i ewentualną adaptację metody badania, przeprowadzenie analiz oraz przygotowanie uzyskanych wyników do późniejszego opisu i wnioskowania.

problematyka na tyle interesująca, że zdecydowano się wyróżnić ją jako jeden z kluczowych kierunków badań. Uwidacznia się to również w strukturze ilościowej publikacji.

Realizowane badania koncentrowały się przede wszystkim na analizie zmian dostępności transportowej wynikających z realizacji planów inwestycyjnych w zakresie drogowej infrastruktury technicznej – np. odcinków autostrad lub dróg ekspresowych (np. **C.66.** i **C.78.**). Przeprowadzone analizy dowiodły między innymi, że działania na rzecz poprawy dostępności obszarów peryferyjnych, z wykorzystaniem budowy infrastruktury transportowej (ze szczególnym uwzględnieniem tej o najwyższych parametrach technicznych), mogą odbywać się poprzez dalszy rozwój powiązań pomiędzy głównymi ośrodkami, tak aby dobry dostęp drogowy nawet do jednego z nich powodował jednoczesne podłączenie do sieci dobrze skomunikowanej wewnętrznie. Przykład województwa łódzkiego pokazał, że celowe jest także wyprowadzenie odcinków dróg ekspresowych w kierunku miast subregionalnych. Natomiast dzięki inwestycjom obwodnicowym możliwe jest zlikwidowanie „wąskich gardeł” na sieci drogowej. Braki tak kluczowych odcinków w obszarach metropolitalnych niwelują bowiem pozytywny efekt niektórych innych inwestycji infrastrukturalnych.

Prowadzono również analizy mające na celu określenie zróżnicowania przestrzennego poziomu dostępności transportowej do grup obiektów (np. sklepów wielkopowierzchniowych czy punktowych elementów systemu transportowego) (np. **C.45.**, **C.53.**, **C.59.**, **C.61.**) w tym przy uwzględnianiu czynnika ich wzajemnej konkurencyjności (jak w przypadku zastosowania różnych form metody określania obszarów rynkowych) (np. **C.48.** i **C.62.**). W aspekcie poznawczym badania (niezależnie od tego czy oparte na modelach bardziej lub mniej przywiązujących wagę do funkcji oporu przestrzeni) przyniosły odpowiedź na ile rozmieszczenie i cechy obiektów (np. powierzchnia handlowa) odpowiadają rozmieszczeniu i wielkości popytu na dobra/usługi w tych obiektach dostępne. W aspekcie metodycznym, zastosowanie podejść w różny sposób odnoszących się do kwestii oporu przestrzeni, wskazuje że uzasadnione jest uwzględnianie w analizach funkcji oporu przestrzeni możliwie najwierniej odzwierciedlających preferencje potencjalnych podróżujących. Bowiem, pomimo że zastosowane rozwiązania metodologiczne wskazywały obszary, które niezależnie od podejścia do zagadnienia oporu przestrzeni charakteryzowały się podobnym poziomem dostępności, to jednak znaczna część wyników wyraźnie od siebie odbiega. Tym samym im precyzyjniej „zważone” zostały preferencje potencjalnych klientów/użytkowników, tym np. ewentualna procedura lokalizacyjna nowego obiektu z badanej grupy ma szanse trafniej odpowiedzieć na zapotrzebowanie rynku.

Zrealizowano również prace badawcze w kierunku identyfikacji różnic w poziomie dostępności transportowej wynikających z bazowania na odmiennych założeniach dotyczących prędkości poruszania się po sieci drogowej (np. **C.20.** i **C.28.**). Uzyskane wyniki wskazały między innymi, że dane pozyskane z serwerów Google są bardzo przydatne do prowadzenia badań z zakresu geografii transportu, w tym analizy dostępności, niezależnie od skali przestrzennej analizy. Jednak nie mogą być one używane bez świadomości słabości tego źródła. Nie można ich z powodzeniem zastosować np. tam, gdzie miała miejsce dynamiczna zmiana w równowadze transportowej. Na poziomie krajowym czy regionalnym nie odzwierciedlają one np. zmian w czasach podróży wynikających z oddania do użytkowania nowego odcinka sieci drogowej. W skali lokalnej nie będzie można uchwycić np. efektu zamknięcia ulicy związanego z naprawą nawierzchni. Badanie różnic w zakresie średnich prędkości samochodów w łódzkiej sieci drogowo-ulicznej przeprowadzono natomiast na podstawie trzech metod/źródeł danych - prędkości kodeksowej, usługi Distance Matrix Responses i danych ANPR z miejskiego ITS.

Szereg przeprowadzonych badań koncentrujących się na zagadnieniu dostępności transportowej dotyczył przestrzeni miejskiej i funkcjonującego w jej zasięgu systemu transportowego. Miejski system transportowy stanowi szczególnie ciekawy układ stosunków przestrzennych, w obrębie, którego zróżnicowanie form i intensywność powiązań oraz ich wzajemna przenikalność nie znajduje porównania w żadnej innej formie organizacji przestrzennej systemu transportowego. Tym samym jest to też najtrudniejszy i jednocześnie najciekawszy poligon badawczy dla poszukiwania skutków oddziaływania na niego różnorodnych czynników o charakterze egzo- i endogenicznych. Owa wyjątkowość stała się płaszczyzną badań w kolejnym z zasadniczych nurtów – **Miejskie systemy transportowe**.

4.2.3. Miejskie systemy transportowe⁷

Badania w tej problematyce koncentrowały się zasadniczo na dwóch płaszczyznach: analizach funkcjonowania poszczególnych środków transportu czy organizacji wybranych podsystemów transportu zbiorowego (np. kolei aglomeracyjnej) (np. **C.37.**, **C.40.**, **C.58.**, **C.60.**) oraz rozważaniach nad optymalizacją ich działania oraz rozmieszczenia wybranych elementów infrastruktury transportowej (np. parkingów Park and Ride) w strukturze funkcjonalno-przestrzennej dużego ośrodka miejskiego przy wykorzystaniu oprogramowania z zakresu systemów informacji przestrzennej (np. **C.64.** i **C.71.**).

⁷ W przypadku badań realizowanych zespołowo, byłem odpowiedzialny przede wszystkim za przygotowanie danych źródłowych do dalszych etapów badania oraz wybór i ewentualną adaptację metodologii, przeprowadzenie analiz oraz przygotowanie uzyskanych wyników (baz danych i opracowań kartograficznych) do późniejszego opisu i wnioskowania.

Badania umożliwiły między innymi wskazanie szczytów transportowych zarówno w skali całego miasta jak i lokalnie. W efekcie analiz uzyskano ogólne informacje dotyczące charakterystyk obciążeń sieci drogowo-ulicznej w kontekście struktury funkcjonalno-przestrzennej Łodzi. Zaobserwowano brak korelacji pomiędzy gęstością zaludnienia w rejonach objętych monitoringiem a wielkością natężenia ruchu oraz wyraźne zwiększone natężenie ruchu w rejonach obiektów handlowych, szpitali, stadionów i zabudowy jednorodzinnej (C.40.). Jako podstawowy problem w zakresie dostępności do lokalnego transportu zbiorowego w Łodzi zidentyfikowano sytuację na łódzkich osiedlach zabudowy blokowej – terenów o dużej gęstości zaludnienia, gdzie specyfika układu przestrzennego zabudowy utrudnia dostęp do tej formy transportu (C.58.). Z punktu widzenia miasta szybko starzejącego się dostępność do transportu zbiorowego oceniono również pod kątem struktury wieku mieszkańców. W 2016 r. co trzeci łódzianin posiadający utrudniony dostęp do transportu zbiorowego miał więcej niż 60 lat. Ze względu na postępujące starzenie społeczeństwa należy uwzględnić jego potrzeby nie tylko przez pryzmat odpowiedniego taboru, ale również dostępności do transportu zbiorowego. Przeprowadzone badania potwierdziły potrzebę wprowadzania miar dostępności do prac nad dokumentami strategicznymi szczebla miejskiego z zakresu transportu zbiorowego (C.60.).

Osiągnięte w badaniu C.64. (*Vehicle Routing Problem as Urban Public Transport Optimization Tool*) czasy analizy są bardzo obiecujące i umożliwiają aplikację zaproponowanej metody optymalizacji funkcjonowania miejskiego transportu zbiorowego w rzeczywistości gospodarczej. Czas przetwarzania danych w analizie VRP (*Vehicle Routing Problem*) jest na tyle krótki, że umożliwia dyspozytorowi transportu zbiorowego pracować interaktywnie na zmieniających się danych wejściowych. Może on ponownie uruchomić program komputerowy z nowymi atrybutami poszczególnych elementów analizy, jeśli funkcjonujące rozwiązanie nie przynosi satysfakcji. W ten sposób program komputerowy umożliwia dyspozytorom bardzo aktywną rolę w wyborze ostatecznego rozwiązania. Proponowany model generuje wysokiej jakości rozwiązania i mógłby znacznie usprawnić zarządzanie ruchem i proces podejmowania decyzji w sytuacjach, w których istnieją zaburzenia w zaplanowanych operacjach.

Narzędzie służące realizacji postulatu sprawnie funkcjonującego systemu transportowego w zakresie sieci parkingów P&R wypracowano w badaniu C.7. Należy zaznaczyć, że zastosowany algorytm postępowania charakteryzuje się wysokim poziomem uniwersalności. Może zostać wykorzystany na obszarze dowolnej jednostki miejskiej, w której planuje się wdrożenie systemu P&R. Co więcej, uzyskiwane wyniki cechują się łatwością interpretacji, co czyni je przydatnymi również dla odbiorców niezajmujących się tematyką

geografii transportu. Uwzględnienie w prezentowanej metodzie niezbędnych zmiennych wpływających na funkcjonowanie tego typu infrastruktury transportowej w połączeniu z łatwością i powszechnością dostępu do tego rodzaju danych czyni metodę przydatną przy przygotowywaniu dokumentów o charakterze diagnostycznym (ex post) czy strategicznym (ex ante), odnoszących się do inwestycji transportowych. Jednocześnie należy wyraźnie zaznaczyć, że jest to tylko część uwarunkowań tworzenia systemu parkingów P&R. Bardzo ważna jest także relacja w czasie przejazdu między transportem indywidualnym a publicznym na miejskim odcinku podróży, a dodatkowo również jakość transportu publicznego.

Badania prowadzone w tematyce miejskich systemów transportowych są nierozdzielnie związane z zagadnieniem mobilności przestrzennej. Studia literaturowe jak i własne badania dowodziły, że dopiero uwzględnienie obu płaszczyzn – dostępności transportowej i mobilności przestrzennej – daje możliwość kompleksowej analizy funkcjonowania systemu transportowego. Dlatego też istotna część prac badawczych poświęcona została **Mobilności miejskiej**.

4.2.4. Mobilność miejska⁸

Kolejnym, podejmowanym tematem badawczym jest mobilność przestrzenna realizowana w obszarze dużego miasta. Podobnie jak wcześniej przedstawiona tematyka, również analizy dotyczące mobilności miejskiej przyjmować mogą wysoce zróżnicowane cele. Realizowane badania skupiały się przede wszystkim na zmianach zachowań komunikacyjnych mieszkańców miasta na skutek wprowadzenia ustawowego ograniczenia handlu w niedziele (np. **C.5.**, **C.10.**, **C.13.**), co wynika z realizacji założeń projektowych działania naukowego oraz grantu (finansowanych przez NCN w ramach konkursów MINIATURA i SONATA). Podejmowane były również wątki wpływu obiektów handlowych na funkcjonowanie miejskiego systemu transportowego (np. **C.7.**, **C.33.**), mobilności osób starszych (np. **A.3.**, **C.11.**) czy też działania wybranych form transportu współdzielonego – miejskiego roweru publicznego (**A.2.**, **C.5.**).

Prace badawcze w ramach wskazanych zagadnień zostały przeprowadzone przy wykorzystaniu między innymi badań kwestionariuszowych, narzędzi służących analizom przestrzennym z zakresu systemów informacji przestrzennej czy oprogramowania służącego

⁸ Moja rola w realizacji badań dotyczących mobilności miejskiej obejmowała przede wszystkim formułowanie problemów badawczych oraz procedury badawczej, ze szczególnym uwzględnieniem etapu przygotowania danych źródłowych do analiz prowadzonych w środowisku systemów informacji przestrzennej. Byłem również odpowiedzialny za przeprowadzenie badań w zakresie analiz przestrzennych oraz ich wizualizację w formie opracowań kartograficznych.

mikroskalowemu symulacyjnemu modelowaniu ruchu. Zakres danych źródłowych, na gruncie których możliwe było analizowanie przemieszczeń na terenie miasta różnych środków transportu obejmował między innymi obszerne bazy zawierających dane pochodzące z miejskiego ITS (*Intelligent Transport System*) czy GPS (w zakresie śladów sygnałów poszczególnych pojazdów w ramach miejskiego roweru publicznego).

Badania zrealizowane na przykładnie Łodzi (**C.10.**, **C.13.**) wskazują między innymi, że niedzielne ograniczenia handlu detalicznego przyczyniają się do zmian w zachowaniach komunikacyjnych ludności, w szczególności w odniesieniu do mobilności codziennej związanej z zakupami. W tym zakresie należy stwierdzić, że brak dostępu do omawianych placówek, dotyczy w naturalny sposób niedziel niehandlowych i mieszkańców obszarów peryferyjnych miasta. Ponadto może on dotyczyć głównie osób pozbawionych możliwości wykorzystania indywidualnego transportu samochodowego. Ludność zaczęła już “przyzwyczajając się” do zmian jakie zaszły, na skutek wprowadzenia ustawy o ograniczeniu handlu w niedziele w Polsce i w związku z tym, dotychczasowe zakupy, zostały zastąpione innymi aktywnościami w tym dniu, a mobilność związaną z dojazdami do sklepu, przeniesiono na inne dni tygodnia. Mieszkańcy na zakupy w niedziele niehandlowe, jeśli się przemieszczają, to praktycznie wyłącznie pieszo, co spowodowało, że dla właścicieli obiektów handlowych prowadzenie działalności na obszarach “problemowych” (poza terenami z dużą gęstością zaludnienia) nie jest ekonomicznie uzasadnione. Dlatego też zaobserwować można stały proces wzrostu liczby tego typu placówek w centrum miasta i na obszarach osiedli mieszkaniowych a ich ubytek na terenach peryferyjnych, co za tym idzie wzrost polaryzacji przestrzennej dostępności do sklepów spożywczych w niedziele.

Analizy prowadzone na styku tematyki zmian zachowań komunikacyjnych mieszkańców miasta na skutek wprowadzenia ustawowego ograniczenia handlu w niedziele i transportu współdzielonego (**C.5.**) dowodzą między innymi, że dobowy cykl w zakresie wielkości natężenia ruchu rowerów (należących do miejskiego roweru publicznego w Łodzi – ŁRP) w dni robocze jest zbliżony z obserwacjami pochodzącymi z innych podsystemów transportowych miasta. Zaobserwowano jednak różnice w zakresie rozkładu godzinowego podróży pomiędzy niedzielami handlowymi i niehandlowymi. Generalnie obserwuje się większą liczbę podróży w niedziele niehandlowe. Są one częściej realizowane w godzinach od 12:00 do 18:00, względem niedziel handlowych. Różnice pomiędzy rodzajem niedzieli (z uwagi na możliwość prowadzenia działalności handlowej) wskazują także, iż w te niedziele kiedy handel jest ograniczony, ŁRP wykorzystywany jest do dłuższych, dalszych i realizowanych z niższą prędkością podróży. Może wskazywać to na większy udział podróży

rekreacyjnych względem pozostałych podróży realizowanych tym środkiem transportu. Potwierdzenie tego odnaleźć można w przestrzennym rozkładzie niedzielnych podróży, w których dostrzega się wyraźnie większe ich zasięgi w trakcie niedziel z ograniczeniami handlowymi. Zarówno analiza węzłów ruchu opracowanych na podstawie szczegółowego zagospodarowania wokół punktów źródłowych i docelowych podróży, jak i węzły stworzone w oparciu o ogólną strukturę funkcjonalno-przestrzenną miasta (m.in. położenie względem strefy wielkomiejskiej), potwierdzają powyższe obserwacje⁹. Główną osią przemieszczeń przy wykorzystaniu łódzkiego roweru miejskiego jest ulica Piotrkowska. Następnie dużo przejazdów rowerem miejskim zaobserwowano na odcinkach dróg stanowiących ramowy układ komunikacyjny miasta, które pomimo znaczących obciążeń ruchem samochodowym, wyposażone są w odseparowane drogi rowerowe. Zestawiając to z węzłami ruchu rowerowego (ŁRP), należy zwrócić uwagę, że rozkład ten jest daleki od przejazdu możliwie najkrótszą trasą. Wskazywać to może na fakt, że użytkownicy rowerów publicznych w Łodzi preferują przejazdy wzdłuż odcinków wyposażonych w dedykowaną infrastrukturę, nawet jeżeli wiąże się to z wydłużeniem czasu ich podróży (A.2.).

Badania dotyczące wpływu obiektów handlowych na funkcjonowanie miejskiego systemu transportowego (np. C.7. i C.33.) wskazały między innymi, że centra handlowe zlokalizowane wzdłuż dróg wylotowych na miejskich peryferiach oddziałują na układ komunikacji drogowej na kilku płaszczyznach. Wzbudzają ruch (w tym w okresie szczytu komunikacyjnego) i retencjonują go w czasie popołudniowego szczytu, przyczyniając się do jego złagodzenia i wydłużenia w czasie. Ponadto (w mniejszym stopniu) pełnią rolę nieformalnego elementu systemu Park&Ride (w przypadku centrów o dobrej dostępności do komunikacji zbiorowej i bezpłatnym parkingu). Wyniki badań empirycznych są zgodne z uzyskanymi wcześniej jeśli chodzi o: zwiększony ruch w dni weekendowe, dłuższy czas spędzany w centrach handlowych w weekendy i zwiększenie ruchu w okresie przedświątecznym.

W zakresie badań dedykowanych mobilności osób starszych (np. A.3., C.11.) ustalono między innymi, że o ile ta grupa osób nie jest homogeniczna w zakresie cech mobilności przestrzennej, to jednak jako całość charakteryzuje się szczególnymi potrzebami w zakresie jej

⁹ Choć przeprowadzone badanie przynosi dość jednoznaczne wnioski, nie należy nadinterpretować wpływu ograniczenia działalności handlowej na zachowania rowerzystów, bowiem ich działania determinowane mogą być przez szereg czynników o różnej istotności modyfikowanej dodatkowo przez cechy osobnicze każdego z nich. Nie mniej jednak ogromna pojemność bazy danych (zarówno w kontekście czasu realizacji pomiarów jak i liczności zarejestrowanych podróży) i jej drobiazgowość analiza pozwoliła wykryć prawidłowości pomimo wskazanych wcześniej ułomności.

organizacji. Mobilność przestrzenna seniorów nie może być traktowana marginalnie. Jest to grupa coraz liczniej reprezentowana w miejskim społeczeństwie. Jako zbiorowość niejednorodna z punktu widzenia statusu społecznego, ekonomicznego, stanu zdrowia, poziomu sprawności, trybu życia oraz motywów przemieszczeń na poszczególnych etapach starości, wymaga uwzględnienia ich szczególnych potrzeb w miejskim planie mobilności, aby nie dopuścić do wykluczenia związanego ze spadkiem mobilności towarzyszącemu starzeniu się.

W toku prowadzenia badań poświęconych dostępności transportowej i mobilności przestrzennej często podejmowano wątek (w początkowej fazie głównie w formie rozważań teoretycznych) czynników determinujących zmienność obu zjawisk w przestrzeni i czasie. O ile przeprowadzono liczne badania uwzględniające czynniki społeczno-ekonomiczne, to oddziaływanie czynników przyrodniczych pozostawało na poziomie analiz literatury. Jej gruntowny przegląd w połączeniu z wcześniejszym doświadczeniem w zakresie badań nad dostępnością transportową i mobilnością przestrzenną przyczynił się do postawienia pytań badawczych dotyczących wpływu zdarzenia nietypowego (powodzi) na **Funkcjonowanie transportu drogowego w obliczu wystąpienia powodzi**.

4.2.5. Funkcjonowanie transportu drogowego w obliczu wystąpienia powodzi¹⁰

Na kontynuację prezentacji tego zagadnienia badawczego, pomimo uprzedniego omówienia tematyki monografii stanowiącej osiągnięcie naukowe, zdecydowano się ze względu na wielowątkowość, którą się ono cechuje. Choć bez wątplenia badanie zawarte w monografii jest najbardziej kompleksowe w zakresie metodologicznym jak i przestrzennym, to cenne są również analizy dedykowane poszczególnym wątkom tej tematyki a realizowane na poziomie regionalnym (np. **C.6 i C.32.**) i lokalnym (np. **C.22.**) czy też w zakresie teoretycznym (np. **B.1. i C.17.**). Jak wspomniano we wcześniejszych częściach autoreferatu, w przypadku niektórych badań konieczna jest tak duża rozdzielczość przestrzenna danych źródłowych, że niemożliwym staje się przyjmowanie np. krajowej skali analiz (jak w przypadku uwzględniania roli procesu ewakuacji ludności w funkcjonowaniu regionalnego systemu transportowego – **C.21. i C.32.**).

¹⁰ Moja rola w realizacji badań dotyczących tego zakresu tematycznego koncentrowała się przede wszystkim na formułowaniu problemów badawczych a następnie doborze narzędzi umożliwiających skuteczne ich rozwiązanie. Byłem również odpowiedzialny za przeprowadzenie analiz (opartych zazwyczaj o narzędzia z zakresów systemów informacji przestrzennej i służące symulacyjnemu modelowaniu ruchu) oraz wizualizacje ich wyników, głównie w formie opracowań kartograficznych.

W ramach prac badawczych podejmowanych w tej tematyce, skupiono się między innymi na analizach poświęconych procesowi ewakuacji realizowanej indywidualnym transportem samochodowym, w zakresie wyznaczania optymalnych, ze względu na całkowity czas procesu, przebiegów ścieżek ewakuacji (C.2.). Badania pozwoliły między innymi na opracowanie narzędzia do poszukiwania najkrótszych dróg przejazdu opartego o algorytm A*. Użyta w tym celu aplikacja (wykorzystująca wspomniany algorytm) może skutecznie służyć symulacjom procesu ewakuacji z obszarów zagrożonych. Mimo że algorytm A* znacznie skraca czas trwania niezbędnych obliczeń (np. w porównaniu do algorytmu Dijkstry), to nadal jednak może być on zbyt długi w obliczu dynamiki klęsk żywiołowych. Tym samym aplikacja powinna być wykorzystywana w pierwszej fazie procesu ewakuacji, czyli przed katastrofą, gdyż dałoby to czas na odpowiednie przygotowanie się do jej wystąpienia – poprzez planowanie, szkolenie, wczesne ostrzeżenie i wyznaczenie organów zaangażowanych w kolejne fazy procesu (w czasie katastrofy i po jej zakończeniu).

Opracowano również zestaw wzorców w zakresie planowania procesu ewakuacji w związku z wystąpieniem powodzi, ze szczególnym naciskiem na aspekt dostępności przestrzennej poszczególnych uczestników tego działania (C.17.). Płynące z badań wnioski mogą zostać przełożone na zespół rekomendacji skierowanych do decydentów odpowiedzialnych za kreowanie polityki w zakresie zarządzania ryzykiem powodziowym (w szczególności w zakresie postępowania awaryjnego – ewakuacji ludności) czy rozwoju infrastruktury transportowej. Teoretyczne ujęcie procesu ewakuacji ludności z terenów zagrożonych powodzią na płaszczyźnie przestrzennej stanowić może materiał diagnostyczny dla ewentualnych działań mających na celu podniesienie efektywności funkcjonującego systemu służb działających w ramach zarządzania kryzysowego lub implementację na wskazane, problemowe obszary rozwiązań technologicznych, prawnych, administracyjnych czy chociażby informacyjnych mogących zapobiec lub ograniczyć możliwe szkody.

Przeprowadzono również badania bazujące na powiązaniu analiz zmian dostępności transportowej z symulacyjnymi modelami ruchu, dającymi możliwość określenia zmian w ruchliwości towarzyszącej ingerencjom w integralność sieci drogowej (C.6. i C.18.). Pozwoliły one ponadto na obserwację zmienności prędkości przejazdu w wyniku zmian obciążenia sieci drogowej w związku z wystąpieniem powodzi, stanowiąc jednocześnie alternatywę wobec zastosowania modeli prędkości bazujących na wartościach przypisanych do odcinków sieci „na stałe”. Na podstawie zrealizowanych badań stwierdzono, że wystąpienie powodzi ma istotny wpływ na przestrzenny rozkładu ruchu i towarzyszącej jej prędkości. Zmiany te są zróżnicowane również w aspekcie środka transportu. W tym zakresie, modyfikacje kierunków

potoków ruchu powodujące zmniejszenie jego natężenia na niektórych odcinkach sieci drogowej w większym stopniu usprawniają (przyspieszają) podróże realizowane samochodem osobowym, w mniejszym zaś ciężarowym. Dotyczy to zwłaszcza odcinków dróg, na których obowiązują większe ograniczenia prędkości dla tych drugich. Z kolei pogorszenie warunków ruchu w wyniku wystąpienia zaburzeń nietypowych w jednakowym stopniu wpływa na prędkości przemieszczania się pojazdów, niezależnie od ich typu. Wyniki prezentowanych badań mogą usprawnić analizy związane z szacowaniem szkód powodziowych. Możliwość oceny zmian dostępności pozwala na dokładniejszą ewaluację szkód pośrednich związanych z powodzią. Bowiern np. dla podmiotów gospodarczych brak możliwości sprzedaży swoich produktów i usług ze względu na ograniczoną dostępność do rynku zbytu może być równie problematyczny, jak samo zniszczenie ich infrastruktury. Przeprowadzone badania dostępności transportowej pozwalają również na przedstawienie skali kosztów zewnętrznych związanych z powodzią, zarówno w systemie transportowym, jak i innych elementach zagospodarowania funkcjonujących w jego bezpośrednim sąsiedztwie.

W ramach podejmowanych zadań badawczych możliwym było ponadto przeprowadzenie modelowania zmian funkcjonowania systemu transportu drogowego w następstwie wystąpienia powodzi w oparciu o inne, w stosunku do zawartych w monografii, warianty metody selekcji odcinków sieci drogowej wyłączonej z eksploatacji (C.21.).

Zrealizowano również badania koncentrujące się na określeniu reakcji systemu transportowego (np. w zakresie zmian dostępności) na zaburzenia związane z powodzią, rozpatrywane ze perspektywy różnych jego skali przestrzennych – lokalnej, regionalnej i ponadregionalnej (C.15. i C.22.). Choć możliwość użytkowania poszczególnych elementów infrastruktury drogowej pomimo ich zagrożenia w obliczu wystąpienia powodzi ma znaczenie dla sprawności funkcjonowania całej sieci, to jej adaptacyjność i opcjonalność, zidentyfikowana we wskazanych badaniach, jest na tyle duża, że jest ona w stanie zaspokoić popyt na usługi transportowe, związany np. z podróżami dotyczącymi skorzystania z usług podstawowych. Jednocześnie wskazano, że drogi o charakterze regionalnym i lokalnym, mające największe znaczenie dla przepływu potoków ruchu, związanych z podróżami do usług podstawowych, wykazują znacznie większą podatność na tego typu nietypowe zdarzenia.

Wykonano również analizy dotyczące czasowej zmienności konsekwencji związanych z wystąpieniem powodzi w zakresie funkcjonowania transportu drogowego czy też służące zdefiniowaniu wzorców czasoprzestrzennych w zakresie zagospodarowania terenów zagrożonych powodzią w Polsce w okresie ostatnich niespełna 30 lat (C.4.). Zastosowanie analiz czasoprzestrzennych umożliwiło wyodrębnienie grup gmin, dla których wielkość strat

materialnych (w tym dotyczących terenów komunikacyjnych) charakteryzowała się określonym kierunkiem zmian w latach 1990-2018. Szczególnie istotne w tym zestawieniu było zidentyfikowanie obszarów/klastrów gdzie przez cały analizowany okres straty utrzymywały się na ponadprzeciętnym poziomie lub wręcz się intensyfikowały.

4.3. Spis literatury i materiałów źródłowych

Wykorzystanych przy omówienia osiągnięcia:

- Badanie pilotażowe zachowań komunikacyjnych ludności w Polsce* (2015). Główny Urząd Statystyczny.
- Brown, J.D., & Damery, S.L. (2002). *Managing Flood Risk in the UK: Towards an Integration of Social and Technical Perspectives*. Transactions of the Institute of British Geographers, 27(4), 412–426.
- Domański R. (2002). *Gospodarka przestrzenna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Fox, I.B. (2003). *Introduction to Flood Management—Getting ADB's Water Policy to Work. The Impact of Floods, Drought, and Other Water Disasters on the Poor*.
- Jonkman, S.N. (2005). *Global Perspectives on Loss of Human Life Caused by Floods*. Natural Hazards, 34(2), 151–175.
- Komornicki, T. (2019a). *Efektywny czy równomierny? Jakiemu rozwojowi służą inwestycje transportowe w Polsce?*. Równość czy efektywność rozwoju: Eseje inspirowane dorobkiem naukowym Grzegorza Gorzelaka, 132.
- Komornicki, T. (2019b). *Polska sprawiedliwa komunikacyjnie*. Fundacja im. Stefana Batorego.
- Komornicki, T., Rosik, P., Stępiak, M., Goliszek, S. & Kowalczyk, K. (2017). *Oszacowanie oczekiwanych rezultatów interwencji za pomocą miar dostępności transportowej dostosowanych do potrzeb dokumentów strategicznych i operacyjnych dot. perspektywy finansowej 2014–2020 (aktualizacja)*, IGiPZ PAN.
- Komornicki, T., Rosik, P., Stępiak, M., Śleszyński, P., Goliszek, S., Pomianowski, W., & Kowalczyk, K. (2018). *Ewaluacja i monitoring zmian dostępności transportowej w Polsce z wykorzystaniem wskaźnika WMDT*. Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju.
- Komornicki, T., Wiśniewski, R., Baranowski, J., Błażejczyk, K., Degórski, M., Goliszek, S., ... & Zawiska, I. (2015). *Wpływ wybranych korytarzy drogowych na środowisko przyrodnicze i rozwój społeczno-ekonomiczny obszarów przyległych*. Prace Geograficzne, 249, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2012.
- Kowalczak, P. (2008). *Zagrożenia związane z deficytem wody*. Wydawnictwo Kurpisz.
- Kryk, B. (2003). *Ekologiczne aspekty integracji europejskiej a działalność polskich przedsiębiorstw przemysłowych*. Monografie i Opracowania / Szkoła Główna Handlowa, 521, 189–200.
- Lee Jr, D.B., Klein, L.A., & Camus, G. (1999). *Induced Traffic and Induced Demand*. Transportation Research Record, 1659(1), 68–75.

- Litman, T. (2017). *Generated Traffic and Induced Travel*. Victoria Transport Policy Institute.
- Okazawa, Y., Yeh, P.J.F., Kanae, S., & Oki, T. (2011). *Development of a Global Flood Risk Index Based on Natural and Socio-economic Factors*. *Hydrological Sciences Journal*, 56(5), 789–804.
- Ortega, E., López, E., & Monzón, A. (2012). *Territorial Cohesion Impacts of High-speed Rail at Different Planning Levels*. *Journal of Transport Geography*, 24, 130–141.
- Parysek, J. (2006). *Wprowadzenie do gospodarki przestrzennej*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań.
- Piepiora, Z. (2019). *Ekonomiczna efektywność strukturalnej ochrony przeciwpowodziowej w Polsce*. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław.
- Piepiora, Z., & Brzywczy, M. (2017). *Powódzie w Jeleniej Górze – przyczyny i skutki*. *Słupskie Prace Geograficzne*, 14.
- Posthumus, H., Hewett, C.J.M., Morris, J., & Quinn, P.F. (2008). *Agricultural Land Use and Flood Risk Management: Engaging with Stakeholders in North Yorkshire*. *Agricultural Water Management*, 95(7), 787–798.
- Potrykowski, M., & Taylor, Z. (1982). *Geografia transportu. Zarys problemów, modeli i metod badawczych*. Warszawa: Wyd. PWN.
- Pregolato, M., Ford, A., Wilkinson, S. M., & Dawson, R. J. (2017). *The Impact of Flooding on Road Transport: A Depth-disruption Function*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 55, 67–81.
- Reynard, N.S., Prudhomme, C., & Crooks, S.M. (2001). *The Flood Characteristics of Large UK Rivers: Potential Effects of Changing Climate and Land Use*. *Climatic Change*, 48(2-3), 343–359.
- Rosik, P., & Kowalczyk, K. (2015). *Rozwój infrastruktury drogowej i kolejowej a przesunięcie modalne w Polsce w latach 2000–2010*. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN*, 248.
- Rosik, P., Stępnia, M., & Komornicki, T. (2015). *The Decade of the Big Push to Roads in Poland: Impact on Improvement in Accessibility and Territorial Cohesion from a Policy Perspective*. *Transport Policy*, 37, 134–146.
- Śleszyński P., Komornicki T., Rosik P., Duma P., Goliszek S., Kubiak Ł., Wiśniewski R., Guzik R., Fiedań Ł., Kocaj A., Kołoś A., Wiedermann K. (2019). *Analiza relacji funkcjonalno-przestrzennych między ośrodkami miejskimi i ich otoczeniem*. Raport syntetyczny.
- Śleszyński, P. (2014). *Dostępność czasowa i jej zastosowania*. *Przegląd Geograficzny*, 86(2), 171–215.
- Stępnia, M. & Rosik, P. (2013). *Accessibility Improvement, Territorial Cohesion and Spillovers: a Multidimensional Evaluation of Two Motorway Sections in Poland*. *Journal of Transport Geography*, 31, 154–163.
- Stępnia, M., & Rosik, P. (2016). *From Improvements in Accessibility to the Impact on Territorial Cohesion: the Spatial Approach*. *Journal of Transport and Land Use*, 9(3), 1–13.
- Suliborski, A. (2018). *Geografia versus gospodarka przestrzenna*. *Studia KPZK*, 183, 17–26.
- Szarata, A. (2010). *Modelowanie symulacyjne ruchu wzbudzonego i tłumionego*. *Transport Miejski i Regionalny*, 3, 14–17.

Szarata, A. (2013). *Modelowanie podróży wzbudzonych oraz tłumionych zmianą stanu infrastruktury transportowej*. Kraków: Wydawnictwo PK.

Wykorzystanych przy omówieniu pozostałych osiągnięć naukowych¹¹:

- A.2.** Borowska-Stefańska M., Kowalski M., **Wiśniewski S.**, *Funkcjonowanie roweru publicznego w dużym mieście: przykład Łodzi*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2020, s. 140, ISBN 978-83-8142-996-2.
- A.3.** Borowska-Stefańska M., **Wiśniewski S.**, *Mobilność codzienna osób starszych w Łodzi*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2019, s. 188, ISBN: 878-83-8142-352-6.
- B.1.** Borowska-Stefańska M., **Wiśniewski S.**, Tomalski P., *Flood Management*, [w:] Khorram-Manesh A., Goniewicz K., Hertelendy A., Dulebenets M.A. (red.), *Handbook of Disaster and Emergency Management*, Sahlgrenska Academy, Gothenburg University, Sweden, 2021, 102-108, ISBN: 978-91-527-0705-0.
- C.2.** Borowska-Stefańska M., Kowalski M., Turoboś F., **Wiśniewski S.***, *On Determining the Weight of Edges in Map-representing Graphs - Applications of Heuristic Methods in Planning Escape Routes*, Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 2021 (w druku).
- C.4.** Borowska-Stefańska M., Koboжек S., Kowalski M., Lewicki M., Tomalski P., **Wiśniewski S.**, *Changes in the Spatial Development of Flood Hazard Areas in Poland Between 1990 and 2018 in the Light of Legal Conditions*, Land Use Policy, 2021, 102, 105274 [DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.105274].
- C.5.** Borowska-Stefańska M., Mikusowa M., Kowalski M., Kurzyk P., **Wiśniewski S.***, *Changes in Urban Mobility Related to the Public Bike System with Regard to Weather Conditions and Statutory Retail Restrictions*, Remote Sensing, 2021, 13, 3597 [DOI: 10.3390/rs13183597].
- C.6.** **Wiśniewski S.***, Kowalski M., Borowska-Stefańska M., *Flooding and Mobility: a Polish Analysis*, Environmental Hazards. Human and Policy Dimensions, 2021, 20, 300-322 [DOI: 10.1080/17477891.2020.1810608].
- C.7.** Borowska-Stefańska M., Kowalski M., Kurzyk P., Mikusowa M., **Wiśniewski S.***, *Privileging Electric Vehicles as an Element of Promoting Sustainable Urban Mobility – Effects on the Local Transport System in a Large Metropolis in Poland*, Energies, 2021, 14, 3838 [DOI: 10.3390/en14133838].
- C.10.** Borowska-Stefańska M., Kowalski M., **Wiśniewski S.***, *Changes in Urban Transport Behaviours and Spatial Mobility Resulting from the Introduction of Statutory Sunday Retail Restrictions: a Case Study of Lodz, Poland*, Moravian Geographical Reports, 2020, 28, 29-47 [DOI: 10.2478/mgr-2020-0003].
- C.11.** Borowska-Stefańska M., Kowalski M., **Wiśniewski S.**, *Daily Mobility of the Elderly: an Example from Łódź, Poland*, Acta Geographica Slovenica, 2020, 60, 57-70 [DOI: 10.3986/ags.7490].

¹¹ W przeważającej większości publikacji mojego współautorstwa o kolejności autorów decydował porządek alfabetyczny. Dla jednoznacznego wskazania publikacji, w przypadku których pełniłem funkcję autora wiodącego, przy moim nazwisku postawiono znak *. W załącznikach, w folderze O znajdują się oświadczenia każdego ze współautorów potwierdzające, że jestem autorem wiodącym wskazanych publikacji naukowych.

- C.13.** Borowska-Stefańska M., Kowalski M., **Wiśniewski S.***, Szustowski B., Maczuga, M., *The Impact of Statutory Sunday Trading Restrictions on the Choices of Residents of a Large Polish City with Regard to Transport Behaviours and Mobility*, *Studia Regionalne i Lokalne*, 2020, 82, 33-59 [DOI: 10.7366/1509499548202].
- C.15.** **Wiśniewski S.***, Borowska-Stefańska M., Kowalski M., Sapińska P., *Vulnerability of the Accessibility to Grocery Shopping in the Event of Flooding*, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2020, 87, 102510 [DOI: 10.1016/j.trd.2020.102510].
- C.17.** Borowska-Stefańska M., Kowalski M., Turoboś F., **Wiśniewski S.**, *Optimisation Patterns for the Process of a Planned Evacuation in the Event of a Flood*, *Environmental Hazards. Human and Policy Dimensions*, 2019, 18, 335-360 [10.1080/17477891.2019.1593816].
- C.18.** Borowska-Stefańska M., Kowalski M., **Wiśniewski S.***, *The Measurement of Mobility-Based Accessibility—The Impact of Floods on Trips of Various Length and Motivation*, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2019, 8, 534 [DOI: 10.3390/ijgi8120534].
- C.20.** Borowska-Stefańska M., Kowalski M., **Wiśniewski S.**, *Wewnętrzna samochodowa dostępność transportowa Łodzi w świetle pomiarów Inteligentnych Systemów Transportowych*, *Prace Geograficzne*, 2019, 159, 7-24 [DOI: 10.4467/20833113PG.19.017.11485].
- C.21.** Borowska-Stefańska M., Domagalski A., **Wiśniewski S.***, *Changes Concerning Commute Traffic Distribution on a Road Network Following the Occurrence of a Natural Disaster – The Example of a Flood in the Mazovian Voivodeship (Eastern Poland)*, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2018, 65, 116-137 [DOI: 10.1016/j.trd.2018.08.008].
- C.22.** Borowska-Stefańska M., **Wiśniewski S.***, *Changes in Transport Accessibility as a Result of Flooding: a Case Study of the Mazovia Province (Eastern Poland)*, *Environmental Hazards. Human and Policy Dimension*, 2018, 17, 56-83 [DOI: 10.1080/17477891.2017.1343177].
- C.28.** **Wiśniewski S.**, *Relations between Theoretical and Real-time Accessibility for Inter-regional, Intra-regional and Intra-urban Car Journeys: The Example of Poland*, *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 2018, 40, 45-58 [DOI: 10.2478/bog-2018-0025].
- C.32.** Borowska-Stefańska M., Andrei M. T., **Wiśniewski S.**, *Accessibility to Places of Evacuation for Inhabitants of Flood-Prone Areas in Mazovia Province*, *Geomatics and Environmental Engineering*, 2017, 11, 31-47 [DOI: 10.7494/geom.2017.11.3.31].
- C.33.** Kowalski M., **Wiśniewski S.**, *Centrum handlowe jako czynnik ruchotwórczy w transporcie samochodowym – przykład Portu Łódź*, *Przegląd Geograficzny*, 2017, 89, 517-539 [DOI: 10.7163/PrzG.2017.4.1].
- C.37.** **Wiśniewski S.**, *Funkcjonowanie kolei aglomeracyjnej w przestrzeni Łodzi*, *Studia Miejskie*, 2017, 27, 67-80 [DOI: 10.25167/sm2017.026.05].
- C.40.** Kowalski M., **Wiśniewski S.***, *Natężenie ruchu a zagospodarowanie Łodzi – zarys problematyki w świetle danych z Obszarowego Systemu Sterowania Ruchem*, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 2017, 20, 20-36 [DOI: 10.4467/2543859XPKG.17.022.8028].

- C.45. Wiśniewski S.**, *The Accessibility of Poland's Space to the Trans-European Transport Network*, *Miscellanea Geographica*, 2017, 21, 96-106 [DOI: 10.1515/mgrsd-2016-0030].
- C.48. Wiśniewski S.**, *The Use of Network Analyst Tool and 2SFCA Method to Assess Fire Service Effectiveness in a City, as Exemplified by Łódź*, *Geomatics, Landmanagement and Landscape* 2017, 1, 147-158 [DOI: 10.15576/GLL/2017.1.147].
- C.53. Wiśniewski S.**, *Dostępność mieszkańców województwa łódzkiego do sklepów wielkopowierzchniowych*, *Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Geographica Socio-Oeconomica* 2016, 23, 25-38 [DOI: 10.18778/1508-1117.23.02]. (8 pkt MNiSW)
- C.58. Bartosiewicz B., Wiśniewski S.**, *Lokalny transport zbiorowy w Łodzi w świetle dostępności*, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 2016, 19, 31-43 [DOI: 10.4467/2543859XPKG.16.009.6307].
- C.59. Wiśniewski S.**, *Łódź Accessibility by Public Transport*, *Europa XXI*, 2016, 31, 7-26 [DOI: 10.7163/Eu21.2016.31.5].
- C.60. Bartosiewicz B., Wiśniewski S.**, *Ocena modelu zrównoważonego transportu zbiorowego w Łodzi 2020+ w świetle analiz rozmieszczenia punktowych elementów sieci lokalnego transportu zbiorowego*, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 2016, 19, 69-80 [DOI: 10.4467/2543859XPKG.16.006.6304].
- C.61. Wiśniewski S.**, *Przestrzenne zróżnicowanie potencjalnej dostępności głównych węzłów sieci drogowej województwa łódzkiego*, *Prace Geograficzne*, 2016, 144, 91-104 [DOI: 10.4467/20833113PG.16.005.5130].
- C.62. Wiśniewski S.**, *Spatial Accessibility of Hospital Healthcare in Łódź Voivodeship*, *Quaestiones Geographicae*, 2016, 35, 157-166 [DOI: 10.1515/quageo-2016-0043].
- C.64. Borowska-Stefańska M., Wiśniewski S.***, *Vehicle Routing Problem as Urban Public Transport Optimization Tool*, *Computer Assisted Methods in Engineering and Science*, 2016, 23, 213-229.
- C.66. Wiśniewski S.**, *Zmiana dostępności wewnątrzregionalnej województwa łódzkiego w skutek otwarcia wschodniej i zachodniej obwodnicy Łodzi*, *Studia Regionalne i Lokalne*, 2016, 4, 79-96 [DOI: 10.7366/15094995546605].
- C.71. Wiśniewski S.**, *Lokalizacja parkingów Park and Ride w przestrzeni Łodzi*, *Problemy Rozwoju Miast*, 2015, XII, 37-45.
- C.78. Wiśniewski S.**, *Zmiany dostępności miast województwa łódzkiego w transporcie indywidualnym w latach 2013-2015*, *Przegląd Geograficzny*, 2015, 87, 321-341 [DOI: 10.7163/PrzG.2015.2.6].
- C.81. Wiśniewski S.**, *Historyczne uwarunkowania rozwoju korytarza transportowego Bałtyk-Adriatyk na obszarze Polski*, *Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Geographica Socio-Oeconomica*, 2014, 17, 185-202.
- C.82. Wiśniewski S.**, *Spójność sieci transportowych województwa łódzkiego w świetle analiz grafowych*, *Transport Miejski i Regionalny*, 2014, 9, 23-29.
- C.83. Kowalski M., Wiśniewski S.***, *Ocena możliwości realizacji transportu zbiorowego przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Łodzi na terenie kształtującego się Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego*, *Transport Miejski i Regionalny*, 2013, 3, 26-32.

- C.84.** Napierała T., Adamiak M., **Wiśniewski S.**, *Regionalna sieć transportowa determinantą lokalizacji centrów logistycznych w województwie łódzkim*, Transport Miejski i Regionalny, 2013, 9, 14-19.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

Początek aktywności naukowej miał miejsce na etapie studiów, kiedy to przygotowując pracę licencjacką na kierunku logistyka, uczestniczyłem jednocześnie w badaniu prowadzonym przez Zakład Logistyki na Wydziale Zarządzania Uniwersytetu Łódzkiego. Badanie było przeprowadzone na grupie blisko 200 podmiotów gospodarczych funkcjonujących na obszarze województwa łódzkiego w branży TSL, produkcji i dystrybucji. Badanie zostało zrealizowane na przestrzeni marca i kwietnia 2011 r. Dotyczyło ono czterech obszarów tematycznych: procesów innowacyjnych w przedsiębiorstwie oraz postępu technologicznego w transporcie zewnętrznym, wewnętrznym i gospodarce magazynowej. Ponadto, część wyników badań przeprowadzonych na potrzeby pracy magisterskiej zostało następnie wykorzystanych podczas pracy nad publikacją Bartosiewicz B., **Wiśniewski S.**, *Przemiany małego miasta i jego otoczenia a rozwój centrów logistycznych - przykład miasta i gminy Strykowa*, [w:] Bartosiewicz B., Marszał T. (red.), *Przemiany przestrzeni i potencjału małych miast w wybranych regionach Polski z perspektywy 20 lat transformacji*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2011, 93-118. **(B.2.)**.

Wzrost intensywności aktywności naukowej był związany z rozpoczęciem studiów doktoranckich na Wydziale Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego w 2011 r. a następnie zatrudnieniem na stanowisku asystenta w Katedrze Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej na Wydziale Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego w 2012 r. Poza aktywnością omówioną w punkcie 4.2.1. autoreferatu, brałem też udział między innymi w badaniach dotyczących powiązań transportowych w Łódzkim Obszarze Metropolitalnym prowadzonych w Katedrze zatrudnienia.

Już na etapie studiów licencjackich i magisterskich na kierunku gospodarka przestrzenna rozpocząłem kontakty z Narodowym Uniwersytetem – Politechniką Lwowską na Ukrainie. Wtedy miały one charakter wizyt związanych z ćwiczeniami terenowymi, realizowanymi na Ukrainie w ramach programu studiów. Kontakt ten pozostał jednak aktywny również później, kiedy jako pracownik Uniwersytetu Łódzkiego uczestniczyłem w konferencjach i seminariach naukowych (np. 15-17 października 2015 r., *Polityka mieszkaniowa dużych miast. Europejskie doświadczenie i ukraińska praktyka*; 17-19 października 2018 r., *Komunikacja społeczna w przestrzeni miast*) **(D.10.)** organizowanych między innymi przez Katedrę Projektowania Architektonicznego w Narodowym Uniwersytecie

– Politechnice Lwowskiej. W ramach omawianej współpracy, w 2019 r. odbyłem tygodniowy (10.02.2019 r. – 17.02.2019 r.) staż naukowy w Katedrze Projektowania Architektonicznego, pod opieką Dr. Sc., Prof. Mykoli Habrela (**G.2.**). W ramach pobytu we Lwowie wziąłem udział w warsztatach badawczych obejmujących prace koncepcyjne nad przyszłym projektem (*Zróżnicowanie wzorców mobilności w dużych miejskich ośrodkach postsocjalistycznych na przykładzie Łodzi i Lwowa*) oraz publikacjami naukowymi realizowanymi we współpracy międzynarodowej pomiędzy Katedrą Projektowania Architektonicznego Narodowego Uniwersytetu – Politechniki Lwowskiej a Instytutem Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej Uniwersytetu Łódzkiego. Przy okazji stażu uczestniczyłem również w spotkaniach naukowych z przedstawicielami Instytutu Badań Regionalnych Ukraińskiej Narodowej Akademii Nauk (przede wszystkim Katedry Zagospodarowania Przestrzennego) oraz Lwowskiego Uniwersytetu Narodowego im. Iwana Franki (przede wszystkim Katedry Geografii Społeczno-Ekonomicznej) podczas, których omawialiśmy kierunki badań realizowanych w poszczególnych jednostkach i płaszczyzny potencjalnej współpracy.

Ważnymi partnerami w pracy naukowej są również badacze z Rumunii. Od 2017 r. prowadzę stałą współpracę między innymi z Spiru Haret University w Bukareszcie. Nasze działania badawcze (np. z dr Madaliną-Teodorą Andrei) zaowocowały kilkoma wspólnymi artykułami naukowymi (np. Borowska-Stefańska M., Andrei M.-T., **Wiśniewski S.**, *The Functioning of Hospital Emergency Rooms in the Łódź Region in the Light of Spatial Analysis*, *Modern Management Review*, 2017, XXII, 17-31 [DOI: 10.7862/rz.2017.mmr.14]. (**C.46.**)) oraz wystąpieniami konferencyjnymi zarówno w Polsce jak i Rumunii (np. Bukareszt, 26-28 maja 2017 r., The 9th International Symposium on Geography "Landscapes: Perception, Knowledge, Awareness and Action") (**D.15.**). Drugim rumuńskim ośrodkiem, z którym podjąłem współpracę jest Wydział Geografii, Turyzmu i Sportu Uniwersytet w Oradei. Dzięki środkom dostępnym w ramach akcji mobilności edukacyjnej programu Erasmus+, miałem dwukrotnie (w 2018 i 2019 r.) możliwość poprowadzić cykl zajęć dla uczestników studiów doktoranckich tamtejszego Wydziału (**G.3-4.**).

Kolejnym ośrodkiem uniwersyteckim, z którym współpracuję jest Justus-Liebig-Universität Gießen. Przede wszystkim należy wskazać kilkumiesięczną współpracę z przedstawicielami Katedry Planowania Przestrzennego i Geografii Urbanistycznej tamtejszego Uniwersytetu przy przygotowywaniu wspólnego projektu badawczego zatytułowanego *Zarządzanie ryzykiem powodziowym w krajach UE* (kierownik projektu: dr Marta Borowska-Stefańska; kierownik zespołu partnera zagranicznego: prof. dr inż. Christian Diller), który został złożony do konkursu o finansowanie w ramach OPUS-LAP Narodowego Centrum Nauki

w grudniu 2021 r. (N.1.) W ramach wymiany osobowej na rok 2022 związanej z współpracą Uniwersytetu Łódzkiego i Justus-Liebig-Universität Gießen, w dniach 25.04.2022 r. - 29.04.2022 r. odbędę staż naukowy w Katedrze Planowania Przestrzennego i Geografii Urbanistycznej Uniwersytetu w Gießen, który poświęcony będzie wspólnie realizowanemu tematowi badawczemu - *Zarządzanie ryzykiem powodziowym w krajach UE (przykład Polski i Niemiec)*. Opiekunem stażu będzie prof. dr inż. Christian Diller (N.2.).

Współpraca międzynarodowa związana z przygotowaniem wspólnego wniosku o finansowanie badań naukowych łączy mnie również z Katedrą Geografii Ekonomicznej i Społecznej, Demografii i Rozwoju Terytorialnego Uniwersytetu Komeńskiego w Bratysławie. Wraz z doc. Mgr. Marcelem Hornákiem, PhD. (kierownikiem zespołu ze strony Republiki Słowackiej) w 2021 r. złożyliśmy projekt zatytułowany *Changes in the functioning of the transport systems of large cities accompanying the COVID-19 pandemic: temporary modification or permanent transformation? – examples of Łódź and Bratislava* do konkursu zorganizowanego przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej na wspólne projekty badawcze pomiędzy Polską i Słowacją (N.3.). Decyzją BPN/BSK/2021/1/00022/DEC/1 projekt ten uzyskał finansowanie i będzie realizowany w latach 2022-2023 (E.1.). Cel naszych wspólnych badań dotyczy określenia cech i skali wpływu globalnego zagrożenia na lokalne systemy transportowe dużych ośrodków miejskiego w Polsce i na Słowacji – Łodzi i Bratysławy oraz zidentyfikowaniu trwałości tego oddziaływania. Pierwsza grupa problemów badawczych rozpatrywanych w projekcie koncentruje się wokół określenia zakresu oddziaływania pandemii na sferę podaży transportu (np. organizację lokalnego transportu zbiorowego) i popytu na niego (obrazowanego przez zestaw zachowań transportowych mieszkańców badanych miast). Druga grupa zagadnień badawczych dotyczy natomiast trwałości zaobserwowanych w pierwszej grupie prawidłowości. Zaprezentowany opis problemu, którego rozwiązania podejmują się wnioskodawcy można oprzeć o trzy zasadnicze hipotezy badawcze: (1) Funkcjonowanie miejskich systemów transportowych Łodzi i Bratysławy uległo modyfikacji na skutek pandemii COVID-19 zarówno w zakresie ich organizacji jak i użytkowania; (2) Przekształcenia w zakresie organizacji i użytkowania miejskiego transportu zbiorowego w Łodzi i Bratysławie są trwałe i niezależne od poziomu zagrożenia epidemicznego; (3) Pandemia COVID-19 zahamowała rozwój zrównoważonej mobilności miejskiej w obu ośrodkach.

Zakres współpracy przewidziany w projekcie dotyczy trzech zasadniczych grup zadań. Pierwsza z nich to analizy baz danych w zakresie zidentyfikowania prawidłowości charakteryzujących równowagę lokalnego systemu transportowego na poszczególnych etapach

pandemii COVID-19 oraz w przypadku jej ustąpienia. Zarówno strona polska jak i słowacka jest odpowiedzialna za pozyskanie i przygotowanie wszelkich przewidzianych w projekcie danych dotyczących odpowiednio Łodzi i Bratysławy do dalszych badań. Etap analiz prowadzony będzie symultanicznie przez oba zespoły, przy założeniu zastosowania tożsamej procedury badawczej i metodologii. Wnioskowanie również prowadzone będzie równolegle. Porównywanie wyników charakteryzujących oba ośrodki miejskie będzie przeprowadzone przez oba zespoły jednocześnie. Druga grupa zadań odnosi się do przygotowania treści publikacji zawierających wyniki projektu oraz wystąpień konferencyjnych mających za zadanie ich popularyzację w środowisku naukowym w Polsce i na Słowacji. Trzeci zestaw zadań dotyczy zainicjowania pracy w ramach kolejnego projektu, związanego tematycznie z badaniami zawartymi w niniejszym wniosku.

Działania partnerów to regularne spotkania przy wykorzystaniu narzędzi umożliwiających zdalną komunikację. Gwarantują one realizację kolejnych zadań badawczych zgodnie z przyjętym harmonogramem oraz dają możliwość rozwiązywania ewentualnych problemów na bieżąco. Ponadto w ramach uzyskanych środków w niniejszym projekcie zostaną zrealizowane dwie wizyty polskiego zespołu w jednostce słowackiej. Pierwsza obejmować będzie spotkanie inauguracyjne w Bratysławie, podczas którego będzie miało miejsce omówienie szczegółowego planu i harmonogramu współpracy wraz z wyznaczeniem kamieni milowych, których osiągnięcie będzie niezbędne do przejścia do kolejnych etapów badawczych. Podczas wizyty przeprowadzone zostaną wywiady z przedstawicielami samorządu miejskiego dotyczące mapowanie dostępnych danych oraz zaznajomienie polskiego zespołu z specyfiką funkcjonowania bratysławskiego systemu transportowego. Druga wizyta w Bratysławie, przewidziana na koniec zaplanowanej w niniejszym wniosku współpracy, dotyczyć będzie podsumowania projektu oraz omówienia zasadniczych ram kolejnego, szerszego projektu badawczego. Strona słowacka również zrealizuje dwie wizyty w polskiej jednostce. Pierwsza z nich odbędzie się na początku okresu realizacji projektu. Wizyta w Łodzi będzie miała za zadanie zaznajomienie słowackiego zespołu z obszarem badań w Polsce oraz obejmować będzie przeprowadzenie wywiadów z przedstawicielami łódzkiego samorządu miejskiego dotyczących dostępnych danych. Druga wizyta zespołu ze Słowacji odbędzie się po zebraniu pierwszej transzy niezbędnych danych.

Praca badawcza nad przygotowaniem wspólnego wniosku o finansowanie międzynarodowych badań naukowych łączy mnie również z Katedrą Geografii i Geologii Uniwersytetu Mateja Bela w Bańskiej Bystrzycy. Do konkursu zorganizowanego w 2021 r. przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej na wspólne projekty badawcze pomiędzy

Polską i Słowacją złożyliśmy projekt zatytułowany *Optimization of activities related to flood risk management (population evacuation process) in the Mazowieckie Voivodeship with the use of modern computer tools* (kierownikiem zespołu polskiego jest dr Marta Borowska-Stefańska a zespołu Republiki Słowackiej jest Mgr. Lenka Balážovičová, PhD.) (N.4).

Podjęmowana aktywność naukowa wiąże się również z krajowymi jednostkami naukowymi. Do tej grupy zaliczyć należy Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN a szczególnie Zakład Przestrzennego Zagospodarowania. Brałem udział między innymi w zebraniach zakładowych (np. prezentując problematykę pracy doktorskiej czy projektu badawczego finansowanego przez NCN), konferencjach (np. 17-18 grudnia 2012 r., *Polityka przestrzenna a transportowa – ewaluacja inwestycji infrastrukturalnych*) i warsztatach (np. 3 kwietnia 2014 r., *Korytarze drogowe a środowisko przyrodnicze i rozwój społeczno-gospodarczy*) organizowanych przez Zakład. Ponadto w terminie 01.02.2019 r. – 30.04.2019 r. odbyłem trzymiesięczny staż naukowy w Zakładzie. Staż naukowy obejmował między innymi: prezentacje założeń projektu *Zmiany teoretycznej dostępności transportowej i obciążenia sieci drogowej na skutek wystąpienia powodzi na terytorium Polski*, udział w warsztatach badawczych, zebraniach naukowych, prace koncepcyjne nad przyszłym projektem badawczym oraz publikacjami naukowymi, w tym realizowanymi we współpracy pomiędzy Instytutem Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej Uniwersytetu Łódzkiego i Instytutem Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN (G.1.). W listopadzie 2021 r. rozpoczęliśmy współpracę dotyczącą przygotowania wspólnego wniosku grantowego zatytułowanego *Wrażliwość lokalnych i ponadlokalnych systemów transportowych w Polsce na globalne zagrożenia bezpieczeństwa – przykład pandemii COVID-19*. Wniosek zostanie złożony do konkursu OPUS Narodowego Centrum Nauki wiosną 2022 r. (w ramach konsorcjum Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN i Instytutu Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej Uniwersytetu Łódzkiego).

Współpracę badawczą prowadziłem również w 2016 i 2017 r. z przedstawicielami Uczelnianego Laboratorium Ruchu i Wydolności Fizycznej Człowieka "DynamoLab" Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Prowadziliśmy (wraz z dr hab. inż. arch. Anną Wojnarowską, prof. UŁ.) wspólne badania, dotyczące tematyki *Proposal for a Method of Constructing Inclusive Urban Green Infrastructure*, które zaowocowały publikacją w czasopiśmie *European Spatial Research and Policy* (C.42.).

Aktywność naukową realizowałem również we współpracy z Zakładem Zastosowania Nowoczesnych Technologii w Logistyce Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Łódzkiego oraz

Centrum Technologii Bezpieczeństwa w Logistyce Uniwersytetu Łódzkiego (w latach 2017-2018). Wraz z zespołem dr hab. inż. Remigiusza Kozłowskiego, prof. UŁ. przygotowałem wspólne publikacje naukowe (np. Kozłowski R., **Wiśniewski S.**, Palczewska A., *Dostępność lądowych terminali kontenerowych w Polsce*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, 2018, 505, 359-370 [DOI: 10.15611/pn.2018.505.27]. (**C.24.**)) oraz wzięliśmy wspólnie udział w konferencji naukowej - Bruksela, 4-6 września 2017 r., The 6th Eugeo Congress on the Geography of Europe z wystąpieniem *The potential of intermodal terminals in Poland in the context of commercial exchange with China* (**D.14.**).

Rozpocząłem również współpracę z Katedrą Transportu Drogowego i Miejskiego, Wydział Eksploatacji i Ekonomiki Transportu oraz Komunikacji Uniwersytetu w Żylinie (szczególnie z dr inż. Miroslavą Mikušová), Wydziałem Inżynierii Transportu Uniwersytetu Technologiczny w Isfahanie (szczególnie z dr. Alirezą Sahebgharanim) oraz Wydziałem Bezpieczeństwa Lotniczego Lotniczej Akademii Wojskowej w Dęblinie (szczególnie z dr. Krzysztofem Goniewiczem), która bardzo poszerzyła zakres podejmowanych zagadnień badawczych i już przelożyła się na wymierne osiągnięcia w postaci wspólnych publikacji (np. Borowska-Stefańska M., Kowalski M., Kurzyk P., Mikusowa M., **Wiśniewski S.**, *Privileging Electric Vehicles as an Element of Promoting Sustainable Urban Mobility – Effects on the Local Transport System in a Large Metropolis in Poland*, *Energies*, 2021, 14, 3838 [DOI: 10.3390/en14133838]. (**C.7.**), czy Goniewicz K., Burkle Jr. F. M., Horne S., Borowska-Stefańska M., **Wiśniewski S.**, Khorram-Manesh A., *The Influence of War and Conflict on Infectious Disease: Unattended Lessons Too Easily Ignored. Are We Now Too Late?*, *Sustainability*, 2021, 13, 10783. [DOI: 10.3390/su131910783]. (**C.8.**)).

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

Jestem promotorem 20 prac licencjackich, 16 prac inżynierskich oraz 10 prac magisterskich przygotowywanych na seminariach dyplomowych prowadzonych na Wydziale Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego. Ponadto, pełnię funkcję promotora pomocniczego pracy doktorskiej zatytułowanej *Miejski system transportowy a centra handlowe w przestrzeni Łodzi*, przygotowywanej przez mgra Michała Kowalskiego (przewód doktorski został otwarty decyzją Rady Wydziału Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego). Rolę recenzenta pełniłem w przypadku 38 prac licencjackich, 12 prac inżynierskich oraz 7 prac magisterskich.

W ramach działalności dydaktycznej prowadzę zajęcia związane przede wszystkim z tematyką systemów informacji przestrzennej oraz geografii transportu z elementami inżynierii ruchu dla kierunków: Gospodarka przestrzenna, Planowanie i organizacja przestrzeni oraz Geoinformacja. Wśród nich wymienić można między innymi: Wprowadzenie do GIS, Rysunek i grafika komputerowa, Logistyka miejska, Wykorzystanie GIS w logistyce miejskiej, Miejskie systemy transportowe, Badania ruchu i analizy podróży czy Inteligentne systemy transportowe. We wrześniu 2018 r. i maju 2019 r., dzięki akcji mobilności edukacyjnej w ramach programu Erasmus+, miałem również możliwość poprowadzenia cyklu zajęć dla uczestników studiów doktoranckich Wydziału Geografii, Turyzmu i Sportu Uniwersytetu w Oradei (Rumunia).

Jestem zaangażowany w realizację założeń projektu dydaktycznego Student's POWER, prowadzonego w Uniwersytecie Łódzkim, w zakresie modyfikacji treści i prowadzenia przedmiotu Wprowadzenie do GIS. Wraz z zespołem (dr Martą Borowską-Stefańską i mgr. Michałem Kowalskim) opracowałem program modułu wybieralnego o nazwie Miejskie systemy transportowe dla studentów kierunku Planowanie i organizacja przestrzeni. Cennym elementem modułu jak i kilku innych prowadzonych przedmiotów jest wprowadzenie do ich treści zagadnień z zakresu inżynierii ruchu, realizowanych przy wykorzystaniu oprogramowania służącego symulacyjnemu modelowaniu ruchu.

W 2019 r. zająłem trzecie miejsce w plebiscycie absolwentów studiów II stopnia na kierunku Geoinformacja na najlepszego nauczyciela akademickiego, organizowanym na Wydziale Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego (N.5.).

Istotnym elementem działalności dydaktycznej jest włączanie studentów w prace badawcze związane z działalnością naukową. Kilukrotnie zaowocowało to opracowaniem

wspólnej publikacji naukowej, np. Borowska-Stefańska M., **Wiśniewski S.**, Modrzejewska K., *Differentiation of residential development in Poland's provincial capitals*, Urban Development Issues, 2018, 58, 5-18 [DOI: 10.2478/udi-2018-0019]. (**C.23.**).

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

Od 2020 r. jestem członkiem Zarządu Komisji Geografii Komunikacji Polskiego Towarzystwa Geograficznego (**F.1.**). W 2019 zostałem członkiem zespołu zadaniowego Komitetu Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN ds. wielkoskalowych projektów rozwojowych (**F.2.**). Od 2018 r. jestem członkiem Canadian Association of Geographers (**F.3.**). W kadencji 2016-2020 byłem przedstawicielem w grupie asystentów i adiunktów do Rady Wydziału Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego (**N.6.**). W kadencji 2020-2024 jestem członkiem Rady Instytutu Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej Uniwersytetu Łódzkiego (**N.7.**). W latach 2016-2020 i 2020-2024 jestem członkiem Wydziałowej Komisji ds. Nagród (**K.2.**).

Od 2016 r. pełnię funkcję redaktora tematycznego czasopisma naukowego Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG (**H.1.**) a od 2014 r. jestem sekretarzem redakcji czasopisma naukowego Biuletyn Szadkowski (wydawanego przez Instytut Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej Uniwersytetu Łódzkiego przy wsparciu miasta i gminy Szadek) (**H.2.**).

W 2019 r. pełniłem funkcję jednego z trzech sekretarzy IV międzynarodowej konferencji naukowej z cyklu Problemy i wyzwania geografii komunikacji, organizowanej przez Instytut Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej Uniwersytetu Łódzkiego, Ośrodek Badawczy Europejskiej Polityki Przestrzennej i Rozwoju Lokalnego Uniwersytetu Łódzkiego oraz Komisję Geografii Komunikacji PTG, która odbyła się na Wydziale Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego. W latach 2015-2017 byłem jednym z trzech sekretarzy międzynarodowych konferencji naukowych z cyklu Wzorce rozwoju lokalnego - lokalna polityka przestrzenna, organizowanej przez Ośrodek Badawczy Europejskiej Polityki Przestrzennej i Rozwoju Lokalnego Uniwersytetu Łódzkiego na Wydziale Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego (**D.9, 16, 18, 21**). Od 2016 r. pełnię ponadto funkcję jednego z trzech sekretarzy Ośrodka (**N.8.**).

W 2019 r. pełniłem funkcję opiekuna stażu w ramach programu wsparcia studentów Uniwersytetu Łódzkiego Staż na start (**N.9.**). Jestem również zaangażowany w prowadzenie staży studenckich w ramach założeń projektu dydaktycznego Student's POWER,

realizowanego w Uniwersytecie Łódzkim (N.10.). W roku akademickim 2018/2019 byłem opiekun I roku studiów stacjonarnych I stopnia na kierunku Gospodarka przestrzenna (N.11.).

W 2012 i 2016 r. brałem udział w organizacji ogólnowydziałowych uroczystości związanych odpowiednio z 25. rocznicę śmierci oraz setną rocznicą urodzin Profesora Ludwika Straszewicza, twórcy Łódzkiej Szkoły Geografii Społeczno-Ekonomicznej (N.12.).

W 2014 r. byłem wolontariuszem podczas IGU Regional Conference w Krakowie. Do moich obowiązków należała pomoc organizacyjna w przebiegu sesji referatowych (N.13.).

6.3. Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki

Od roku akademickiego 2018/2019 biorę udział w cyklu otwartych wykładów zatytułowanym Ogarnij Gegrę, organizowanych przez Wydział Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego. Jest on skierowany do maturzystów przygotowujących się do egzaminu z zakresu geografii. W ramach moich wystąpień zatytułowanych *O roli transportu w rozwoju miast, regionów i krajów. Rodzaje transportu. Wpływ transportu na rozwój gospodarczy w różnych skalach przestrzennych*, prezentuję uczniom wyniki przykładowych badań realizowanych w tej tematyce na Wydziale Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego (N.14.).

W roku akademickim 2021/2022 wraz z zespołem (dr Martą Borowską-Stefańską i mgr. Michałem Kowalskim) biorę udział w programie cyklicznych prelekcji pod nazwą GEOCZWARTKI, promujących osiągnięcia badawcze łódzkiego środowiska geografów, organizowanym przez Oddział Łódzki PTG. W ramach programu goszczeni są wybrani autorzy publikacji książkowych oraz monotematycznych zbiorów artykułów wydanych w ciągu ostatnich 2-3 lat. 20 stycznia 2022 zaprezentujemy prelekcję pt. *Funkcjonowanie roweru publicznego w dużym mieście*, powstałą na kanwie monografii naszego autorstwa wydanej nakładem Wydawnictwa Uniwersytetu Łódzkiego w 2020 r. (N.15.)

W 2021 r. w ramach Akademii Uniwersytetu Łódzkiego prowadzonej przez Serwis Samorządowy Polskiej Agencji Prasowej ukazała się publikacja pt. *Transport drogowy wobec katastrof naturalnych – przykład powodzi* (N.16.). Artykuły umieszczane w Serwisie skierowane są przede wszystkim do samorządowców, decydentów i społeczników, a ich treści mają charakter użyteczny, acz są specjalistyczne.

19 maja 2016 r. na Wydziale Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego wraz z dr. Bartoszem Bartosiewiczem poprowadziłem seminarium zorganizowane przez Ośrodek Badawczy Europejskiej Polityki Przestrzennej i Rozwoju Lokalnego Uniwersytetu Łódzkiego oraz Towarzystwo Urbanistów Polskich, o. Łódź i Urząd Miasta Łodzi zatytułowane *Wnioski i*

rekomendacje dla modelu transportowego w świetle wyników badań dostępności do transportu zbiorowego w Łodzi oraz konsultacji społecznych, podczas którego zostały zaprezentowane wyniki badań przeprowadzonych w ramach przygotowania ekspertyzy na zlecenie Urzędu Miasta Łodzi o tym samym tytule. Seminarium było dedykowane między innymi studentom kierunków prowadzonych na Wydziale Nauk Geograficznych UŁ, pracownikom UŁ, członkom TUP i przedstawicielom Urzędu Miasta Łodzi (N.17.).

12 stycznia 2016 r., jako jeden z przedstawicieli Uniwersytetu Łódzkiego, współprowadziłem spotkanie warsztatowe dla studentów poświęcone *Modelowi Zrównoważonego Transportu Zbiorowego w Łodzi 2020+*. W spotkaniu wzięli udział przedstawiciele kół naukowych, studenci związani z tematyką komunikacji miejskiej. Spotkanie miało charakter warsztatowy, podczas którego studenci opracowywali w grupach odpowiedzi na zadane zagadnienia z zakresu optymalizacji funkcjonowania miejskich systemów transportowych. Natomiast 8 grudnia 2015 w roli eksperta uczestniczyłem w konsultacjach społecznych *Modelu Zrównoważonego Transportu Zbiorowego Łodzi 2020+* (N.18.)

22 i 23 września 2014 r. brałem udział w *I Forum Korytarza Bałtyk – Adriatyk w Łodzi*. Przedstawiłem na nim referat dotyczący *Dziedzictwa Korytarza Bałtyk-Adriatyk*. Była to pierwsza ogólnopolska debata nad nową polityką transportową UE – wprowadzoną Rozporządzeniami Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 11 grudnia 2013 r. – w sprawie transeuropejskiej sieci transportowej. Forum zgłosiło kluczowe dla Korytarza propozycje dostosowania opracowywanego „Planu działania dla Korytarza Bałtyk-Adriatyk” do największych potencjałów rozwojowych tego korytarza – na terenie Polski. W seminarium uczestniczyli między innymi przedstawiciele lokalnego i regionalnego samorządu terytorialnego, organizacji pozarządowych i podmiotów gospodarczych (N.19.).

7. Inne informacje, dotyczące kariery zawodowej

7.1. Dorobek publikacyjny – ujęcie syntetyczne

Jestem autorem lub współautorem 92 publikacji naukowych. Na tę liczbę składa się: 86 artykułów naukowych (w tym osiem przed doktoratem), dwa rozdziały w monografiach naukowych (w tym jeden przed doktoratem) oraz cztery monografie naukowe. Połowa publikacji została przygotowanych w języku angielskim. 15 artykułów naukowych zostało opublikowanych w czasopismach o obliczonym wskaźniku wpływu – Impact Factor (min. IF 0,047, max. IF 5,495).

Sumaryczny Impact Factor czasopism publikujących artykuły mojego współautorstwa wynosi 41,464 (zgodnie z rokiem publikacji artykułu; w przypadku artykułów opublikowanych w 2021 r., przyjęto IF ustalony dla 2020 r.). Całkowita wartość punktowa publikacji, zgodnie z punktacjami resortu nauki (MNiSW/MEiN) wynosi 1113 przy założeniu tzw. „starej” punktacji lub 2552 przy uwzględnieniu tzw. „nowej” punktacji dla publikacji wydanych od 2019 r. W przypadku 37 publikacji naukowych jestem jedynym autorem. W grupie pozostałych 55 prac współautorskich, rolę autora wiodącego pełniłem 24 razy.

W czasie przygotowywania autoreferatu, na etapie recenzji było sześć artykułów naukowych (**N.33.**) (w przypadku akceptacji artykułów przez czasopisma, do których zostały złożone, ich wartość punktowa wyniesie 680 a łączy IF 27,441 – zgodnie z danymi za 2020 r.). Ponadto, na zlecenie Oxford University Press wraz z dr Martą Borowską-Stefańską przygotowuję jedną z części Research Encyclopedia of Natural Hazard Science, pt. Flood Risk Management – Analysis of Evacuation Process. Jestem odpowiedzialny za tematykę dotyczącą: Functioning of road transport in the light of flood occurrence, The role of road transport in the evacuation proces, Influence of evacuation on transport balance (**N.32.**).

Pod moją redakcją lub współredakcją ukazał się jeden numer czasopisma naukowego European Spatial Research and Policy (Volume 26 (2019) No. 1) (**N.20.**), trzy numery czasopisma naukowego Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG (2016 (19)1, 2017 (20)2, 2019 (22)4) (**N.21.**) oraz jeden numer specjalny czasopisma naukowego Sustainability, zatytułowany The Impact of Natural Hazards on Transport (**N.22.**).

7.2. Udział i rola w projektach badawczych – ujęcie syntetyczne

Brałem lub biorę udział łącznie w 13 projektach badawczych (w tym w dwóch przed uzyskaniem stopnia doktora). W przypadku czterech z nich (lata 2018-2022), finansowanie pochodzi z Narodowego Centrum Nauki. Rolę kierownika pełniłem lub pełnię w trzech

projektach (MINIATURA, SONATA, OPUS) zaś w jednym opiekuna naukowego (PRELUDIUM). Łączny budżet tych projektów wynosi 1 090 209 zł. Funkcję koordynatora pełnię ponadto w międzynarodowym grantie finansowanym przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej (w latach 2022-2023). W przypadku sześciu kolejnych projektów badawczych (lata 2013-2018), środki pochodziły z dotacji celowej na działalność związaną z prowadzeniem badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych. W dwóch projektach (lata 2021-2023 i 2022-2024) finansowanych w ramach zwiększonej o 2% subwencji dla Uczelni, które przystąpiły do konkursu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza, pełnię funkcję wykonawcy.

7.3. Udział w konferencjach naukowych – ujęcie syntetyczne

Brałem udział w 26 konferencjach naukowych (czterech przed uzyskaniem stopnia doktora), w tym ośmiu zagranicznych. 13 konferencji miało charakter międzynarodowy. Jestem autorem lub współautorem 41 wystąpień. W przypadku czterech konferencji byłem członkiem komitetu organizacyjnego. Kilukrotnie moderowałem sesje konferencyjne.

7.4. Współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym – ujęcie syntetyczne

Jestem współautorem dziewięciu ekspertyz (w tym jednej przed doktoratem), przygotowywanych na potrzeby jednostek samorządu terytorialnego (Urzędu Miasta Łodzi), organizacji pozarządowych (np. WWF Polska) i podmiotów gospodarczych (Sprint S.A.) (M.1-7.). Współpracowałem ponadto z podmiotami gospodarczymi, prowadzącymi działalność z zakresu inżynierii oprogramowania informatycznego oraz architektury i urbanistyki (C.14, 21. L.1-2.).

7.5. Odbyte szkolenia i kursy

W marcu 2020 r. ukończyłem szkolenie zatytułowane *Migracja z aplikacji ArcMap do ArcGIS Pro* zorganizowane przez ESRI Polska, Autoryzowane Centrum Szkoleniowe ESRI (N.23.). Natomiast w czerwcu 2020 r. ukończyłem szkolenie zatytułowane *ArcGIS Pro: Tworzenie i edycja danych* zorganizowane również przez ESRI Polska, Autoryzowane Centrum Szkoleniowe ESRI (N.24.).

W 2019 r. z wynikiem bardzo dobrym ukończyłem studia podyplomowe *Inżynieria Ruchu i Planowanie Transportu*, prowadzone przez Zakład Systemów Transportowych w ramach Instytutu Transportu na Wydziale Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej. Program studiów obejmował 210 h zajęć wykładowych, ćwiczeniowych i

laboratoryjnych podzielonych na dwa semestry. W ramach studiów zrealizowano następujące przedmioty: Modelowanie i symulacja ruchu, Miejskie systemy transportowe, Badania ruchu i analizy podróży, Regulacje prawne w zakresie polityki transportowej, Planowanie transportu, Analiza efektywności projektów transportowych, Sterowanie ruchem, Metody organizacji ruchu, Ocena oddziaływania transportu na środowisko i społeczeństwo (N.25.).

7.6. Otrzymane nagrody i wyróżnienia

W 2021 r. zespół pod moim kierownictwem otrzymał "Premię za granty" dla zespołów badawczych Uniwersytetu Łódzkiego najaktywniej pozyskujących projekty finansowane ze źródeł zewnętrznych w dowolnej dyscyplinie nauki. Premia była finansowana w ramach zwiększonej o 2% subwencji dla Uczelni, które przystąpiły do konkursu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza (N.26.).

W 2018 r otrzymałem Zespołową Nagrodę II stopnia Rektora Uniwersytetu Łódzkiego za osiągnięcia naukowe (za cykl publikacji zatytułowany: Zastosowanie analiz sieciowych w badaniach geograficznych) (N.27.). Rok wcześniej otrzymałem nagrodę tego samego stopnia lecz indywidualnie (za cykl publikacji zatytułowany: Metody oceny dostępności transportowej) (N.28.). W roku 2016 została mi przyznana Indywidualna Nagroda I stopnia (za cykl publikacji zatytułowany dotyczących geografii transportu, w szczególności dostępności) (N.29.).

W 2017 r. otrzymałem nagrodę II stopnia w konkursie im. Profesora Ludwika Straszewicza na najlepszy artykuł naukowy podejmujący w wymiarze przestrzennym problematykę społeczną i ekonomiczną (N.30.) (za artykuł: *Przestrzenne zróżnicowanie potencjalnej dostępności głównych węzłów sieci drogowej województwa łódzkiego*, *Prace Geograficzne*, 2016, 144, 91-104 [DOI: 10.4467/20833113PG.16.005.5130]. (C.61.)).

W 2012 r. otrzymałem nagrodę Marszałka Województwa Łódzkiego w konkursie na najlepszą pracę magisterską tematycznie związaną z województwem łódzkim (N.31.).