

Analiza skali wykluczenia komunikacyjnego na obszarze Polski wraz z rekomendacjami zmian legislacyjnych w kontekście publicznego transportu zbiorowego T-INCLUDED

Zadanie 13 Opracowanie cyfrowej mapy obszarów zagrożonych wykluczeniem komunikacyjnym

**Pilotaż systemu informacji o zagrożeniu wykluczeniem
komunikacyjnym**

31 stycznia 2025 r.



Rzeczpospolita
Polska

NCBR 
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



POLITECHNIKA
GDAŃSKA



Politechnika
Śląska

Politechnika
Warszawska

INFORMACJE O WYKONAWCY

Politechnika Poznańska

pl. M. Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznań

NIP: 7770003699

REGON: 000001608

e-mail: biuro.rektora@put.poznan.pl

strona: <http://www.put.poznan.pl>

ZESPÓŁ WYKONAWCÓW PRAC

Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej

ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań

strona: <https://wilit.put.poznan.pl>

Wykonawcy:

- Maciej Bieńczak – IT, ZST
- Andrzej Markiewicz – IT
- Wojciech Miechowicz – IT, ZST
- Waldemar Walerjańczyk – IT, ZST
- Michał Wojtał – IT
- Paweł Zmuda-Trzebiatowski – IT, ZST (*kierownik projektu na PP*)

Spis treści

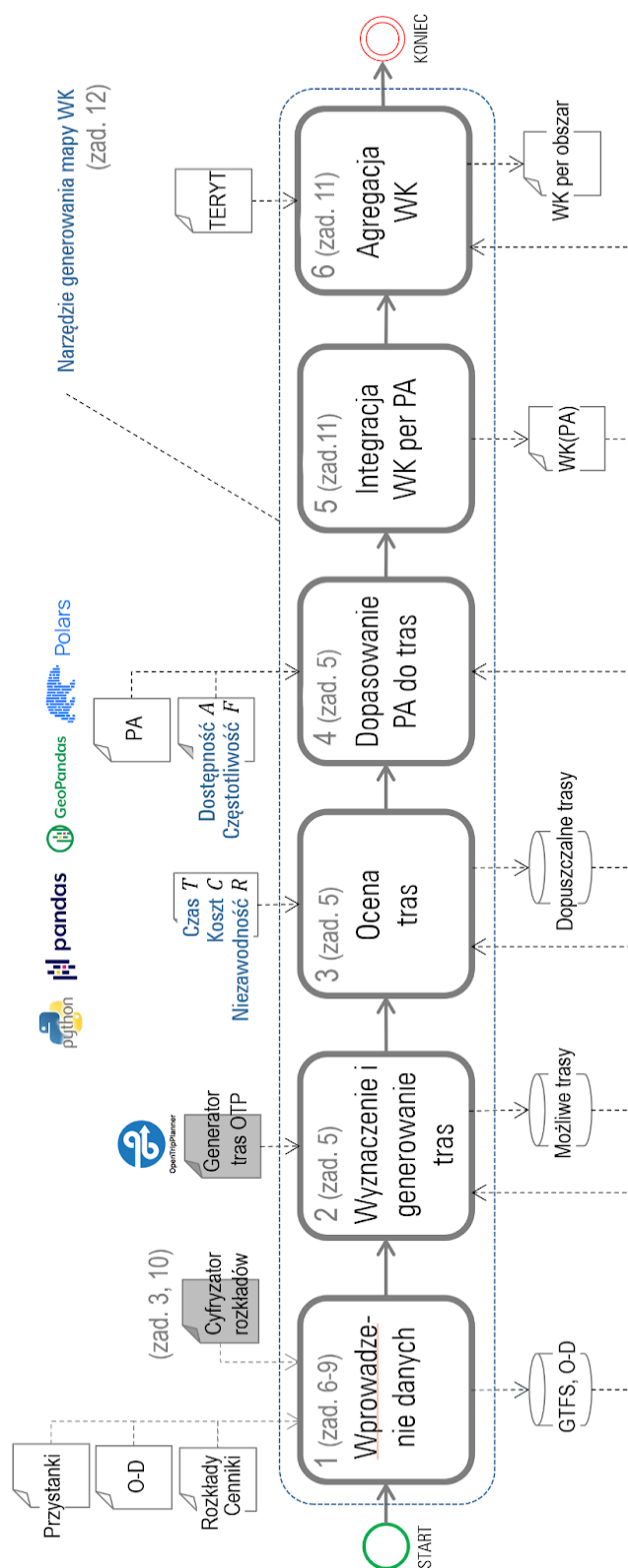
1. Wprowadzenie	4
2. Opracowanie cyfrowej mapy wykluczenia komunikacyjnego na terytorium Polski	6
2.1. Założenia wstępne	6
2.2. Optymalizacje	6
2.2.1. Dobór punktów docelowych podróży	6
2.2.2. Ograniczenia OpenTripPlanner-a	9
2.2.3. Modyfikacja kryterium dostępności oraz warunki deduplikacji planów podróży	10
2.2.4. Wyłączanie PA z obliczeń	10
2.2.5. Preferencja dla obliczeń dojazdów do siedziby powiatu i podstawowego modelu pasażera	11
2.3. Ograniczenia mapy	12
2.3.1. Założenia wstępne	12
2.3.2. Ograniczenia wynikające z błędnej lokalizacji przystanków	13
2.3.3. Ograniczenia wynikające z błędnego cennika	16
2.4. Algorytm wyboru ostatecznego wyniku w zakresie składowych WK	20
2.5. Prezentacja przykładowych rezultatów	21
3. Osiągnięcie kamienia milowego	27
4. Podsumowanie	28

1. Wprowadzenie

Celem zadania 13 jest opracowanie cyfrowej mapy zagrożenia wykluczeniem komunikacyjnym w Polsce, z wykorzystaniem wiedzy i doświadczeń zebranych podczas realizacji wszystkich poprzednich zadań. Za kluczowy rezultat, sformułowany w postaci kamienia milowego KM13.1 przyjęto, iż za jego spełnienie odpowiadają 2 parametry:

- minimum jedna wektorowa warstwa cyfrowa pokazująca zasięg zagrożenia wykluczeniem komunikacyjnym w miejscowościach,
- minimum jedna wektorowa warstwa cyfrowa pokazująca zagregowane zagrożenie wykluczeniem w gminach.

Generowanie mapy odbywało się wg procedury przedstawionej na rys.1. W pierwszym etapie do systemu wprowadzono dane rozkładowe GTFS, które pozyskano w ramach realizacji Zad. 6-9. W drugim etapie przyporządkowano punkty adresowe do przystanków oraz do punktów docelowych (centrów siedzib JST), a w efekcie przystanki do punktów docelowych. Dla tak określonych par punktów generowano plany podróży z wykorzystaniem narzędzia OpenTripPlanner. Tak wyznaczone plany podróży były oceniane pod kątem spełnienia składowych WK. W kolejnym etapie łączono plany podróży osiągalne z PA do punktu docelowego, z wykorzystaniem przystanków, które znajdują się w zasięgu dojścia z tego PA. Pozwoliło to na ostateczne wyznaczenie wartości składowych wykluczenia na poziomie PA. Składowe te były następnie integrowane do wskaźnika zagrożenia wykluczeniem. W ostatnim etapie następuje agregacja do poziomu JST (gmin, powiatów) lub innych wybranych, np. do siatki kilometrowej. W kolejnych rozdziałach przedstawiono opis działań prowadzących do produkcji mapy wykluczenia.



Rys. 1. Metodyka generowania mapy wykluczenia komunikacyjnego (wykluczenia z transportu zbiorowego)

2. Opracowanie cyfrowej mapy wykluczenia komunikacyjnego na terytorium Polski

2.1. Założenia wstępne

Zad. 13 przewiduje realizację jednego działania, tj. opracowanie cyfrowej mapy zagrożenia wykluczeniem komunikacyjnym na terytorium Polski. Jednak w związku z materializacją ryzyk, które uniemożliwiały realizację zadania, podjęto też szeregu działań pomocniczych, które opisano w poniższych rozdziałach.

2.2. Optymalizacje procedur generowania mapy

2.2.1. Przyczyny podjęcia optymalizacji

Po uzyskaniu docelowego zbioru rozkładów jazdy dla wybranych województw uruchomiono pełnoskalowe obliczenia dla tych jednostek terytorialnych. Z uwagi na odnotowany nieliniowy przyrost czasu obliczeń, względem szacunków uzyskanych na podstawie realizacji Zad. 5 i 11, przeprowadzono szereg działań optymalizacyjnych, które pozwoliły skrócić czas obliczeń obszaru wielkości województwa mierzony w miesiącach do czasu mierzonego w dniach a nawet godzinach. Poniżej, w kolejnych podrozdziałach przedstawiono podjęte działania optymalizacyjne.

2.2.2. Dobór punktów docelowych podróży

Pierwotnie opracowane algorytmy zakładały, że poszukiwane są możliwości połączeń do najbliższych: 5 siedzib gmin i 5 siedzib powiatu. W celu ograniczenia zasobochłonności opracowano następującą heurystykę dla gmin oraz powiatów. W przypadku gmin:

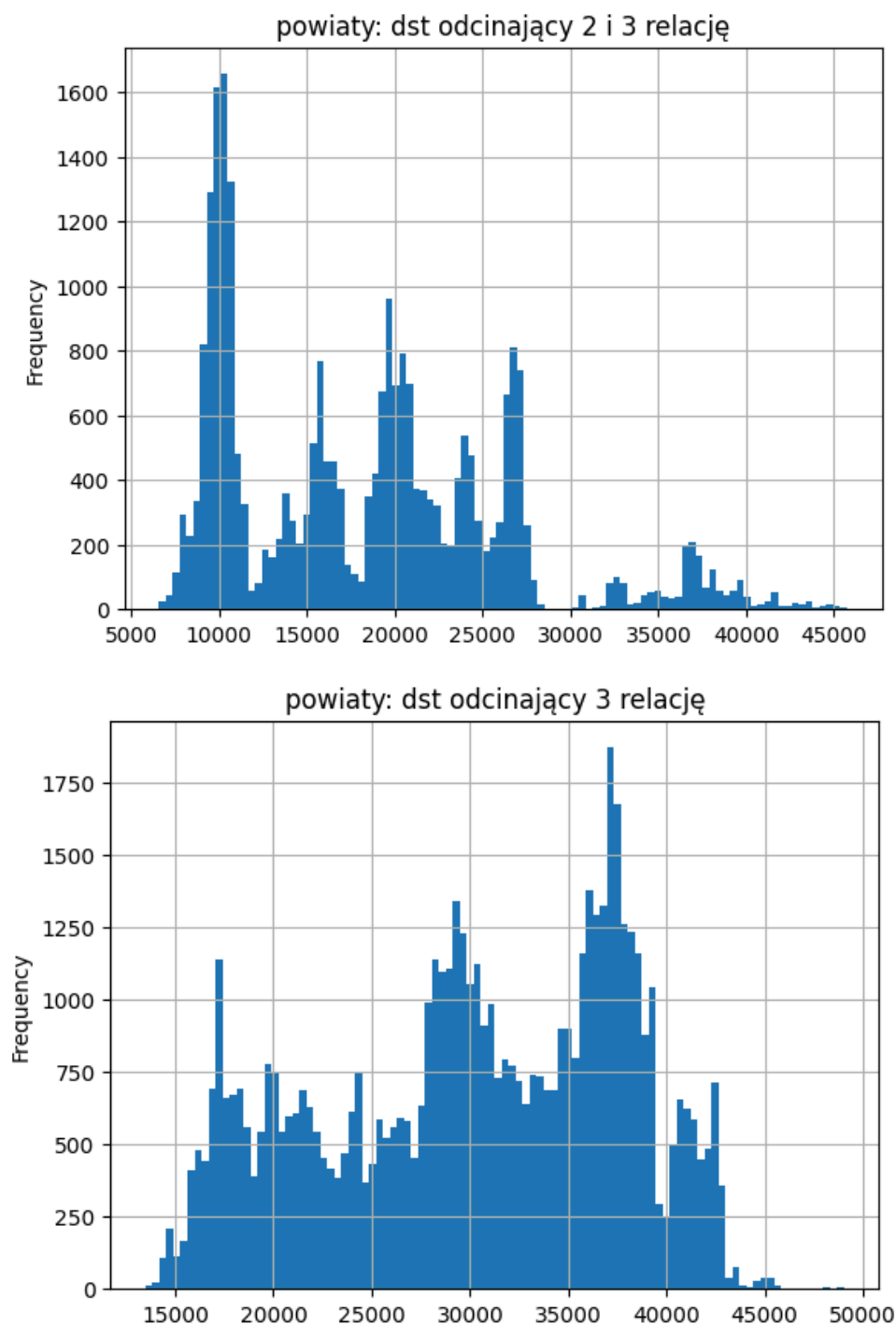
1. Wybierane są 3 najbliższe siedziby.
2. Każde przyporządkowanie <adres - miejscowość docelowa> otrzymuje wartość 1, która może być zwiększona:

- a. o kolejne 1, gdy miejscowość docelowa jest gminą miejską (w tym siedzibą powiatu), lub
 - b. 2 gdy jest to miasto na prawach powiatu albo była siedziba województwa (w podziale obowiązującym w latach 1975-1998).
3. Dla każdego adresu obliczana jest kumulanta oraz odcinane są wiersze po pierwszym, gdzie obliczona wartość przekracza 3.
4. Uzyskany zbiór jest dodatkowo docinany na podstawie oceny odległości do kolejnych miejscowości docelowych, przy czym:
 - a. druga (i ewentualna trzecia) miejscowość docelowa jest odcinana, jeśli odległość do niej jest 2 razy dłuższa od odległości do pierwszej miejscowości,
 - b. trzecia miejscowość jest odcinana, jeśli odległość do niej wynosi 125% lub więcej odległości od drugiej jednostki.

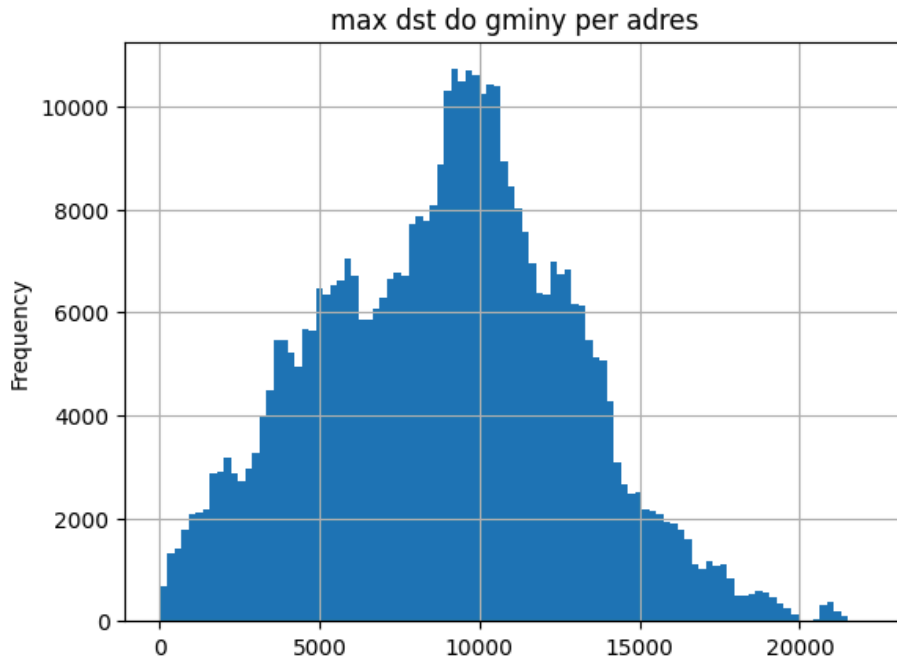
Obliczenia dla powiatów są analogiczne z wyjątkiem pkt. 2, gdzie siedziba gminy miejskiej nie wpływa na zwiększenie obliczonej wartości. W efekcie liczba sprawdzanych punktów docelowych wynosi od 1 (dany PA znajduje się bardzo blisko centrum siedziby miasta na prawach powiatu) do 6 (dany PA znajduje się w znacznej odległości od wszystkich miejscowości docelowych - występuje trudność z jednoznacznym określeniem, która z nich jest najlepiej rokująca).

Przyjęcie takich ograniczeń pozwoliło znacząco zmniejszyć zasobochłonność procedury. Jednocześnie w większości przypadków poszukiwane miejscowości docelowe i tak były tymi, do których pasażerowie chcieliby dotrzeć. Pewnymi wyjątkami były tu gminy zlokalizowane na półwyspach (Hel) oraz mierzejach (Krynica). W pierwszym przypadku poszukiwaną docelową siedzibą powiatu była Gdynia (pomijano Puck, który jest zlokalizowany bliżej na sieci drogowej, ale nie obliczając odległość po wielkim kole), a w drugim Elbląg (pomijano Nowy Dwór). Sytuacje te zostały uwzględnione w obliczeniach w drodze wyjątków. Systemowa poprawa w tym zakresie wymagałaby obliczania odległości nie po ortodromie, lecz po sieci drogowej, co znacząco zwiększyło by zasobochłonność obliczeń.

Warto zauważyć, że przyjęta heurystyka była testowana pod względem potencjału odcinającego. Na rysunkach 2 oraz 3 przedstawiono histogramy odległości do punktów docelowych.



Rys 2. Analiza odległości do siedzib powiatów, które są odcinane (woj. zachodniopomorskie)



Rys 3. Histogram przedstawiający odległość (metry) do najdalszej sprawdzanej siedziby gminy dla danego punktu adresowego.

2.2.3. Ograniczenia OpenTripPlanner-a

W celu przyspieszenia etapu generowania planów podróży przez OpenTripPlannera przyjęto następujące założenia:

- maksymalny czas trwania podróży: 90 minut,
- maksymalny czas dojścia pieszego na przystanek początkowy lub do punktu docelowego: 20 minut,
- maksymalna szerokość okna czasowego poszukiwań dla segmentu transportu zbiorowego: 60 minut,
- maksymalna liczba przesiadek: 3,
- maksymalny czas trwania przesiadki: 30 minut.

Przyjęte założenia pozwoliły wygenerować zbiór planów podróży możliwy do wykorzystania na późniejszym etapie (poprzez dalsze filtrowanie) w każdym scenariuszu oceniającym.

Ponadto z etapu generowania planów podróży wyłączono i przeniesiono do etapu oceny analizę kosztów podróży. Miało to związek z kilku dziesięciokrotnym spowolnieniem

tego etapu. Przy czym zespół autorski nie jest pewien czy spowolnienie wynikało z charakteru algorytmów OTP, czy z błędów występujących w pozyskanych cyfrowo cennikach, takich jak występowanie wielu różnych wycen jednego biletu dla danej relacji czy niemonotoniczności ceny biletu względem długości podróży biletów wraz ze wzrostem długości podróży. Biorąc jednak pod uwagę, że dostępność cenników była znacznie mniejsza od dostępności rozkładów, stosowanie heurystyk i tak było niezbędne w tym etapie (por. rozdz. 2.3).

2.2.4. Modyfikacja kryterium dostępności oraz warunki deduplikacji planów podróży

W celu zwiększenia prawidłowości obliczeń w zakresie oceny planów podróży zmodyfikowano także kryterium dostępności. Po modyfikacji maksymalna dopuszczalna odległość jest oceniana dla sumy dwóch segmentów pieszych:

- odległość dojścia do przystanku z punktu adresowego, mierzona po wielkim kole,
- odległość pokonywana w najdłuższym segmencie pieszym planu podróży, mierzona po sieci drogowej.

W związku z powyższym, zmodyfikowano także dopuszczalne maksymalne wartości tak obliczanej sumy, które przyjęto jako:

- 900 metrów dla punktów adresowych zlokalizowanych w obszarach miejskich, oraz
- 1500 metrów dla PA zlokalizowanych w obszarach wiejskich.

Modyfikacja ta pozwoliła na szybsze filtrowanie duplikujących się podróży. Ponadto plany podróży deduplikowano analizując typowe ich cechy, takie jak zbieżność identyfikatorów przystanków czy identyfikatorów wykorzystywanych kursów.

2.2.5. Wyłączanie PA z obliczeń

Z uwagi na zasobochłonność liczone były tylko podróże do powiatów, tj. PA znajdujące się w promieniu do 1,5 km od centrum siedziby powiatu domyślnie uznano za włączone (nie występuje wykluczenie od transportu zbiorowego). Zastosowanie takiego ograniczenia pozwoliło ograniczyć liczbę obliczeń w miejscach, w których i tak punkt docelowy jest

osiągalny pieszo lub z wykorzystaniem mikromobilności - niejednokrotnie w krótszym czasie oraz w dowolnie wybranym momencie oraz bez potrzeby ponoszenia nakładów finansowych.

Odległość 1,5 km była też graniczną wartością odległości, dla której poszukiwano przystanków. Stąd punkty adresowe, które nie miały w takim zasięgu ani jednego przystanku były uznane za wykluczone. Są to tzw. "białe plamy transportowe".

Oprócz odległości 1,5 km badano tu także odległości 1 km oraz 2 km. Zmiany te nie wpłynęły jednak znacząco na zasobochłonność obliczeń. Przykładowo liczba relacji do policzenia dla województwa zachodniopomorskiego, dla różnych wartości tego parametru zmienia się w zakresie 5%, tj.:

- 1000 m - 29 704 relacji,
- 1500 m - 29 266 relacji,
- 2000 m - 28 354 relacji.

2.2.6. Preferencja dla obliczeń dojazdów do siedziby powiatu i podstawowego modelu pasażera

Przedstawione powyżej rozwiązania ciągle okazały się niewystarczające. Stąd podjęto decyzję, że ostateczny wskaźnik wykluczenia będzie oceniany tylko na podstawie możliwości połączeń z siedzibami powiatów. Połączenia te są postrzegane, jako posiadające większą wagę od połączeń gminnych (większa liczba potencjalnych celów podróży, która może skutkować skłonnością do realizacji dłuższych podróży). Jednocześnie należy zauważyć, że siedziby powiatów są jednocześnie siedzibami gmin.

Zrezygnowano ponadto z pełnoskalowego obliczania scenariusza "pasażer z ograniczeniami mobilności". Obliczenia dla tego scenariusza testowo przeprowadzono dla obszarów województw: lubuskiego i łódzkiego. W tabeli 1 przedstawiono rezultaty.

Tab 1. Wyniki porównania scenariusza bazowego ze scenariuszem "ograniczona mobilność".

Województwo	Wykluczenie - scenariusz bazowy	Wykluczenie - scenariusz "pasażer z ograniczoną mobilnością"	Zmiana	Liczba PA, które przestały być wykluczone w scenariuszu ograniczenia mobilności względem bazowego
lubuskie	50%	67%	+17p. %	2%
łódzkie	39%	62%	+23p. %	<1%

Rezultaty wskazują na zwiększenie, w scenariuszu ograniczeń mobilności, poziomu wykluczenia o około 20 punktów procentowych. Sugeruje to znacznie większy brak gotowości systemu publicznego transportu zbiorowego do obsługi pasażerów ze szczególnymi potrzebami. Dodatkowo problematyczny jest tu częsty brak deklarowania dostępności środków transportu i infrastruktury. Analizując wyniki warto zauważyć, że w obu województwach występują nieliczne (około 1%) punkty adresowe, które są wykluczone w scenariuszu bazowym, a nie są w scenariuszu ograniczeń mobilności. Dotyczy to części punktów, dla których w scenariuszu bazowym przekroczony został dopuszczalny koszt biletów. Ograniczenie to zostało poluzowane w scenariuszu ograniczeń mobilności.

2.3. Ograniczenia mapy

2.3.1. Założenia wstępne

Mapa nie zawiera informacji o ogólnokrajowym i międzynarodowym transporcie na życzenie (usługi taxi czy przewozu osób). Transport tego rodzaju, jakkolwiek oferowany przez wiele podmiotów, zazwyczaj przekracza kryterium budżetowe, szczególnie w codziennych dojazdach. Nie uwzględniono także przewozów o charakterze regularnym specjalnym (szkolne, pracownicze, itp.) jako niespełniających kryterium powszechnej dostępności. Jakkolwiek w rzeczywistości mogą istnieć pewne (faktyczne i niekoniecznie zgodne z prawem) możliwości korzystania z takich usług. Nie uwzględniono też rzecznych przepraw promowych, które w przypadku niektórych PA mogą wpływać na wykluczenie (jeśli nie są skomunikowane z usługą PTZ świadczoną po drugiej stronie rzeki).

Ponadto sporym ograniczeniem generowanej mapy jest jakość i dostępność informacji pasażerskiej - rozkładów jazdy i cenników. Należy zauważyć, że problem ten może sam z siebie wpływać na zjawisko wykluczenia komunikacyjnego - jeśli pasażer nie wie, że może

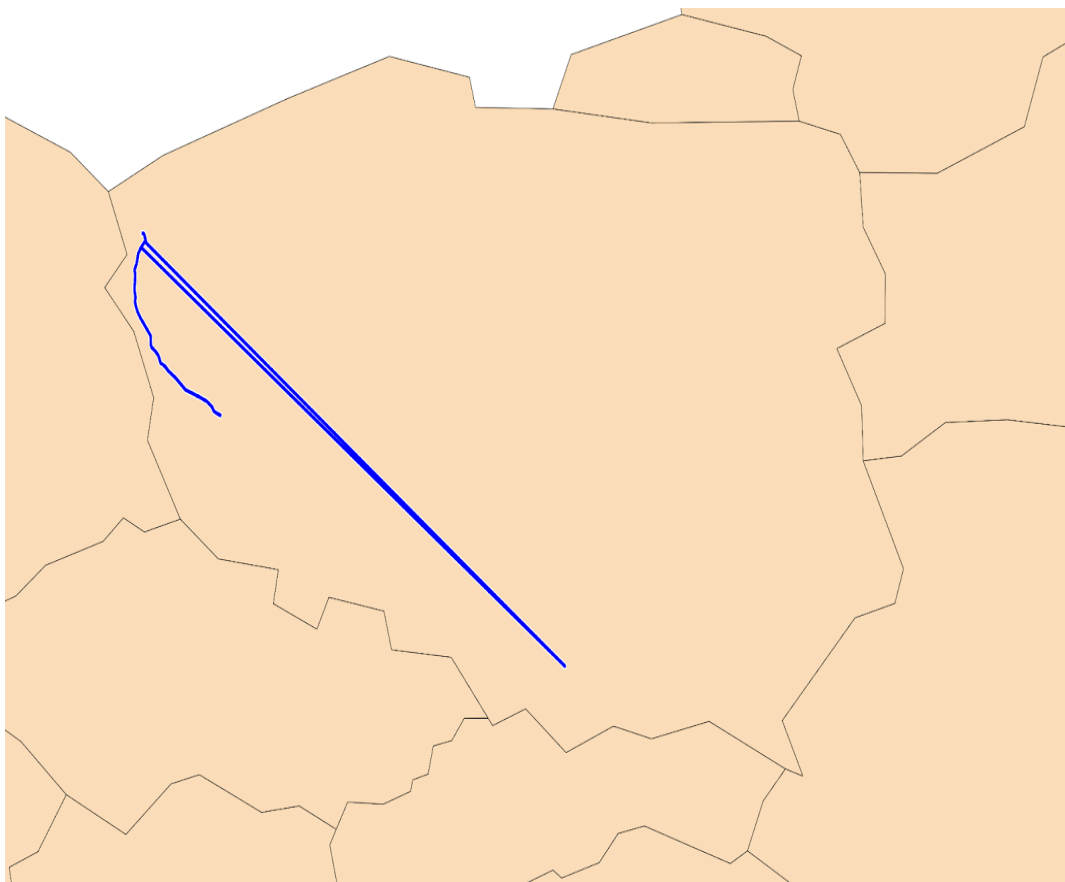
odbyć podróż, to de facto jest wykluczony, pomimo istnienia opcji transportowych. Na potrzeby generowania mapy, oprócz możliwie dokładnego pozyskiwania możliwie aktualnych danych (co szerzej opisano w raporcie z Zad. 6-9), stosowano też szereg innych technik mających na celu poprawę uzyskanych rezultatów. Działania te prowadzono szczególnie w zakresie poprawy lokalizacji przystanków i ustalania cen biletów.

2.3.2. Ograniczenia wynikające z błędnej lokalizacji przystanków

W przypadku przystanków, analizowano występowanie lokalizacji znacznie odstających odległościowo od przebiegu kursu, np. nagłych przemieszczeń do miejscowości o zbliżonej nazwie, ale zlokalizowanej na drugim końcu kraju. Lokalizacje te były poprawione przez uśrednianie lokalizacji sąsiadujących przystanków. Rys. 4 i 5 obrazują (najbardziej ewidentne) przykłady błędów w lokalizacjach. Należy jednak zauważyć, że błędy te obejmowały też przesunięcie przystanku do miejscowości w sąsiednim powiecie, co jest trudniej wykrywalne.



Rys 4. Błąd lokalizacji przystanków (współrzędne 0, 0 oraz zamienione miejscami) dla przykładowego GTFS. Podkład mapowy: [naturalearthdata.com](https://www.naturalearthdata.com)



Rys 5. Błąd lokalizacji przystanku (przejazd do miejscowości o identycznej/zbliżonej nazwie, ale w innym województwie) dla przykładowego GTFS. Podkład mapowy: naturalearthdata.com

Problem dotyczy przede wszystkim przypadków zbiorów cyfrowych GTFS, które były konwertowane z niestandardyzowanego zapisu cyfrowego do postaci standardu GTFS. Jak wspomniano przypadki ewidentne zostały zidentyfikowane i zmodyfikowane, niemniej mniej oczywiste były trudne do wyeliminowania. Stanowi to jednak ewidentną przesłankę do wprowadzenia procedur weryfikacji każdego zbioru GTFS, jaki po przygotowaniu przez organizatora, a przed jego udostępnieniem i opublikowaniem powinien być walidowany w sposób eliminujący zdiagnozowany problemów dokładności odzwierciedlenia przebiegu linii.

2.3.3. Ograniczenia wynikające z błędnego cennika

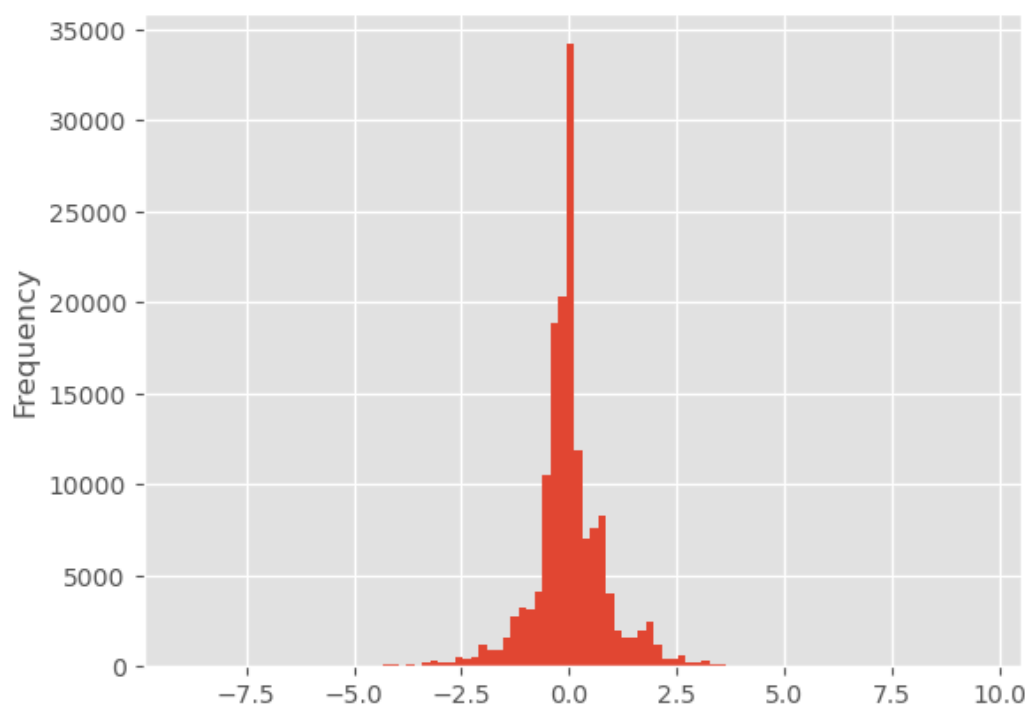
Jak wspomniano wcześniej, mechanizm obliczania kosztów został wyłączony z OTP do niezależnej heurystyki działającej dla już wyznaczonych tras. Opierała się ona o pozyskane cenniki biletów i umożliwiała integrację taryfową różnych organizatorów i operatorów (agency) do zbiorczych dostawców usług. Jak również wspomniano, problemy z aplikacją taryf w OTP mogły wynikać z niskiej jakości informacji o taryfach, np. występowaniu wielu, różnych cen dla jednego biletu. Jednak bardziej problematyczna była tu zdecydowanie większa niedostępność tego typu informacji, względem podstawowej informacji rozkładowej. Przedstawia to poniższa statystyka obrazująca zebraną informację o rozkładach i taryfach:

- w zbiorach GTFS zaewidencjonowano 1198 podmiotów będących operatorami PTZ/PR,
- w przypadku 931 podmiotów rozkład jazdy nie został zidentyfikowany (dostarczony),

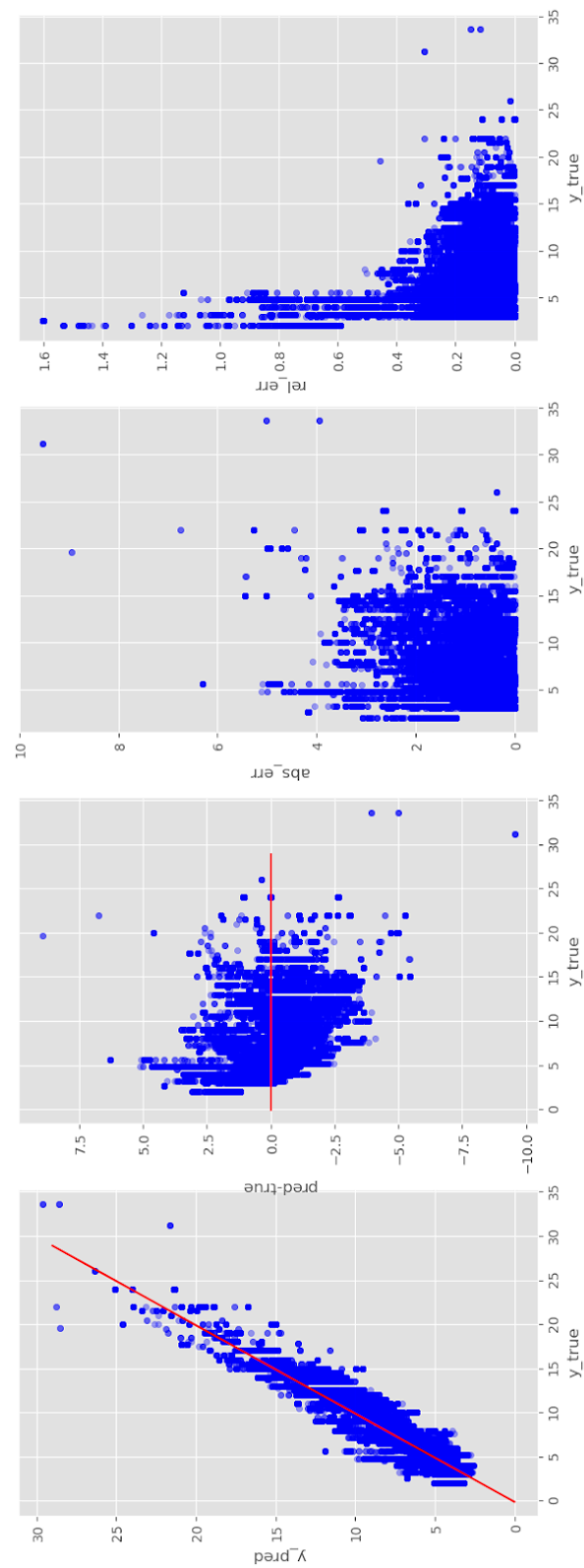
Ponadto informacja taryfowa, jeśli istniała, była czasem wątpliwa pod względem aktualności, szczególnie w związku z dość wysoką inflacją w poprzednich latach. W związku z tym opracowano algorytm prognozujący ceny podróży dla relacji, w których informacja ta była niedostępna na podstawie cen, dla których dane były dostępne. Testy algorytmu dla zbioru danych testowych wskazały na względnie niski błąd prognozy, tj.:

- średni bezwzględny błąd procentowy: ~12% - mediana 8,4%
- średni błąd bezwzględny: 57 groszy - mediana 35 groszy
- 75 percentyl błędu bezwzględnego: 0,74 PLN
- 90 percentyl błędu bezwzględnego: 1,47 PLN
- 95 percentyl błędu bezwzględnego: 1,94 PLN
- 99 percentyl błędu bezwzględnego: 3,1 PLN

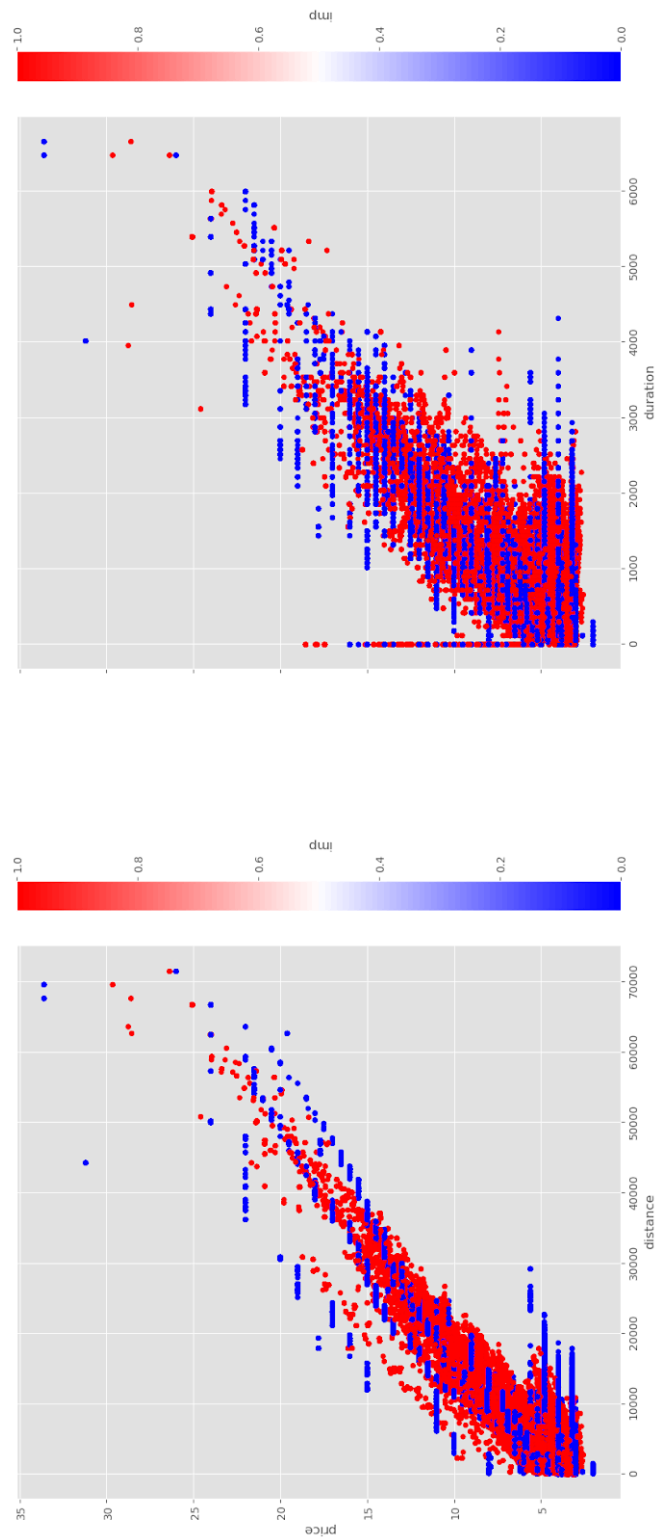
Na rysunkach 6-8 przedstawiono szczegółowe wyniki testów.



Rys 6. Histogram błędu (PLN) dla testowego zbioru danych.



Rys 7. Szczegółowe charakterystyki błędów dla testowego zbioru danych



Rys 8. Porównanie cen imputowanych (kolor czerwony) z rzeczywistymi danymi (kolor niebieski) dla zbioru testowego

Należy zauważyć, że w pozyskanych danych występowały też sytuacje, gdy do jednego kursu przypisane było wiele różnych cen biletu normalnego. W tej sytuacji stosowano średnią w celu wyłonienia pojedynczej kwoty.

2.4. Algorytm wyboru ostatecznego wyniku w zakresie składowych WK

W przypadku wielu PA określano możliwość dotarcia do wielu punktów docelowych. Na potrzeby prezentacji wyników założono, że przedstawiane będą wyniki tylko dla najlepiej rokującej siedziby. W związku z tym:

- Jako że liczba kursów do punktu docelowego oraz powrotnych nie musi być symetryczna (tj. np. w jedną stronę - TAM, występuje skomunikowanie, a w drugą - POWRÓT nie, lub dla kursów w jedną stronę istnieje przystanek w założonym zasięgu dojścia, a w drugą nie), dla obliczanych składowych WK do dalszych etapów wybierane jest minimum z kursów TAM i POWRÓT.
- Z miejsc docelowych wybierana jest ta siedziba, która charakteryzuje się największą liczbą par kursów spełniających wszystkie składowe (tj. parametr, który bezpośrednio decydował o klasyfikacji punktu adresowego pod względem wykluczenia).
- W przypadku, gdy istnieje więcej niż jeden punkt docelowy z maksymalną liczbą par kursów, w kolejnym kroku z pozostałego zbioru wybierany jest punkt dla którego znaleziono najwięcej kursów w jedną stronę, które spełniają wszystkie składowe wykluczenia.
- W przypadku, gdy ciągle istnieje więcej niż jeden punkt docelowy, którego wartości obu parametrów są maksymalne, z pozostałego zbioru wybierany jest punkt docelowy, dla którego liczba wszystkich znalezionych planów podróży jest największa.
- W przypadku, gdy ciągle nie ma rozstrzygnięcia, z pozostałego zbioru wybierany jest punkt docelowy, dla którego suma planów podróży spełniających poszczególne składowe częściowe jest największa.
- W przypadku braku rozstrzygnięcia, tj. sytuacji, w których każdy punkt docelowy w zasadzie jest tak samo dobrze rokujący, wybierany jest pierwszy punkt docelowy ze zbioru.

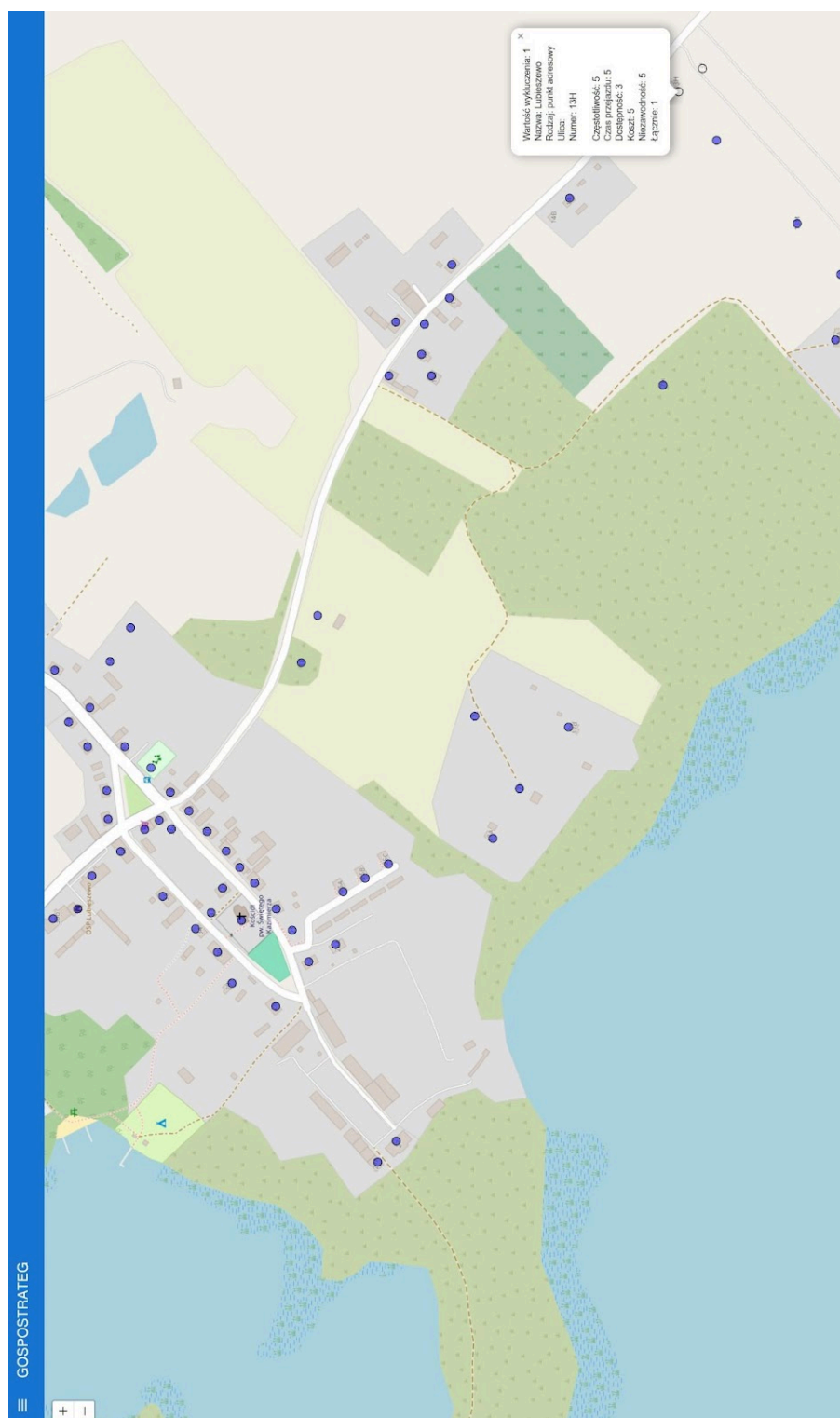
W efekcie prac obliczeniowych, dla każdego punktu adresowego generowana jest pojedyncza wartość wykluczenia oraz statystyki liczby kursów, które spełniają określone składowe wykluczenia, a także wszystkie składowe łącznie.

2.5. Prezentacja przykładowych rezultatów

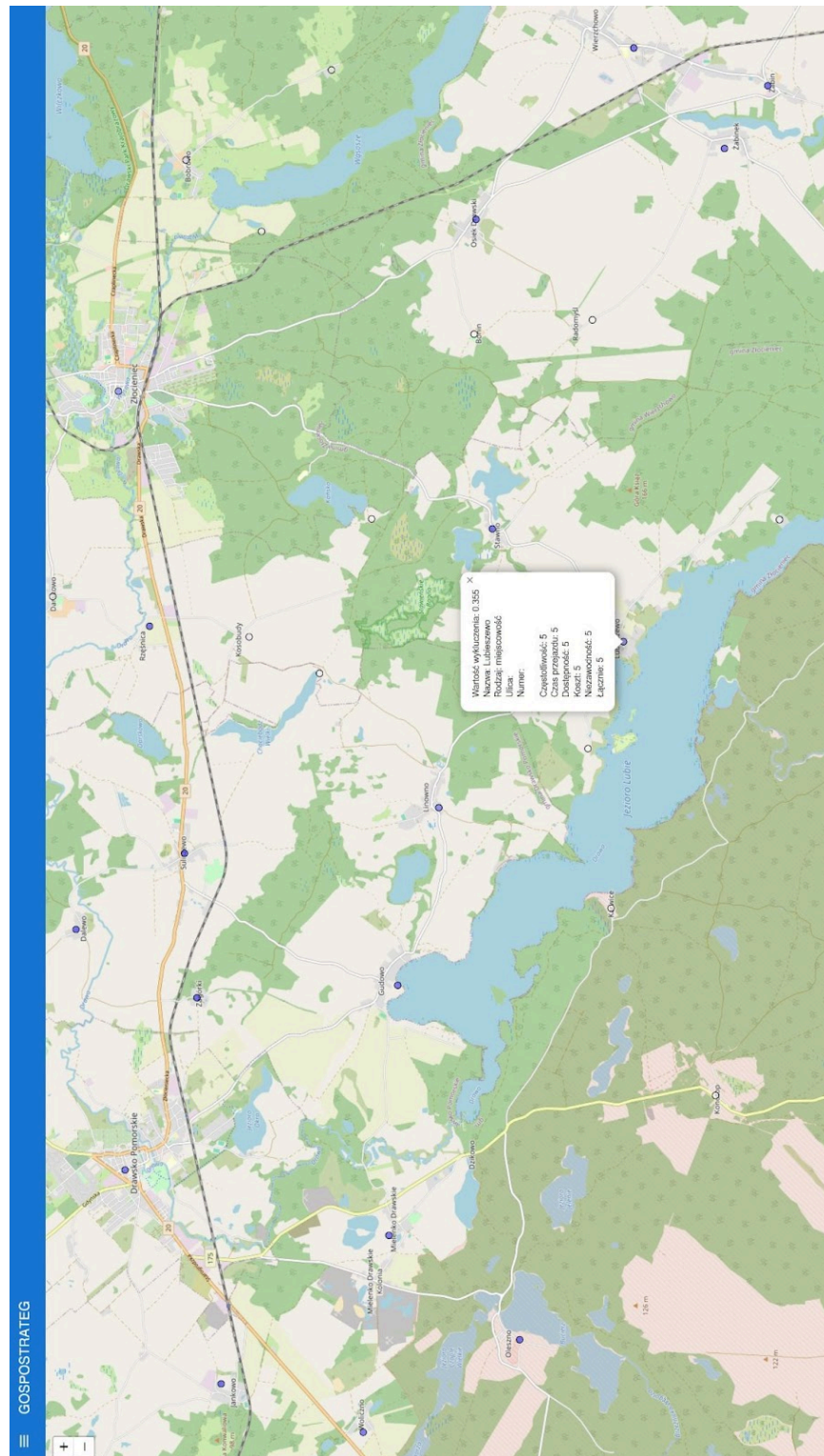
Założenia opisane w poprzednich podrozdziałach pozwoliły na wygenerowanie mapy wykluczenia na poziomie punktów adresowych oraz różnych agregacji. Na rysunkach 9-12 przedstawiono przykładowe wyniki, przy czym:

- na rys. 9 zaprezentowano fragment mapy wykluczenia **z dokładnością do punktu adresowego**, informacja wyświetlana w postaci "dymku" dla przykładowego punktu (punktu adresowego) wskazuje:
 - wartość wykluczenia: 1 - występuje WK, 0 - brak WK,
 - nazwa: nazwa miejscowości,
 - ulica: nazwa ulicy,
 - numer: numer lokalu (PA),
 - częstotliwość: liczba dostępnych kursów (wygenerowanych planów podróży),
 - czas przejazdu: liczba kursów spełniających kryterium dopuszczalnego czasu dojazdu,
 - dostępność: liczba kursów spełniających kryterium pieszej dostępności do przystanków,
 - koszt: liczba kursów spełniających kryterium kosztu dojazdów,
 - niezawodność: liczba kursów spełniających kryterium niezawodności,
 - łącznie: liczba kursów spełniających łącznie wszystkie kryteria;
- na rys. 10 zaprezentowano fragment mapy wykluczenia komunikacyjnego, zagregowanego **z dokładnością do poziomu miejscowości**, informacja wyświetlana w postaci "dymku" dla przykładowego punktu (miejscowości) wskazuje:
 - wartość wykluczenia: udział wykluczonych PA na terenie jednostki terytorialnej,
 - nazwa: nazwa jednostki,
 - ulica: nie dotyczy (brak),

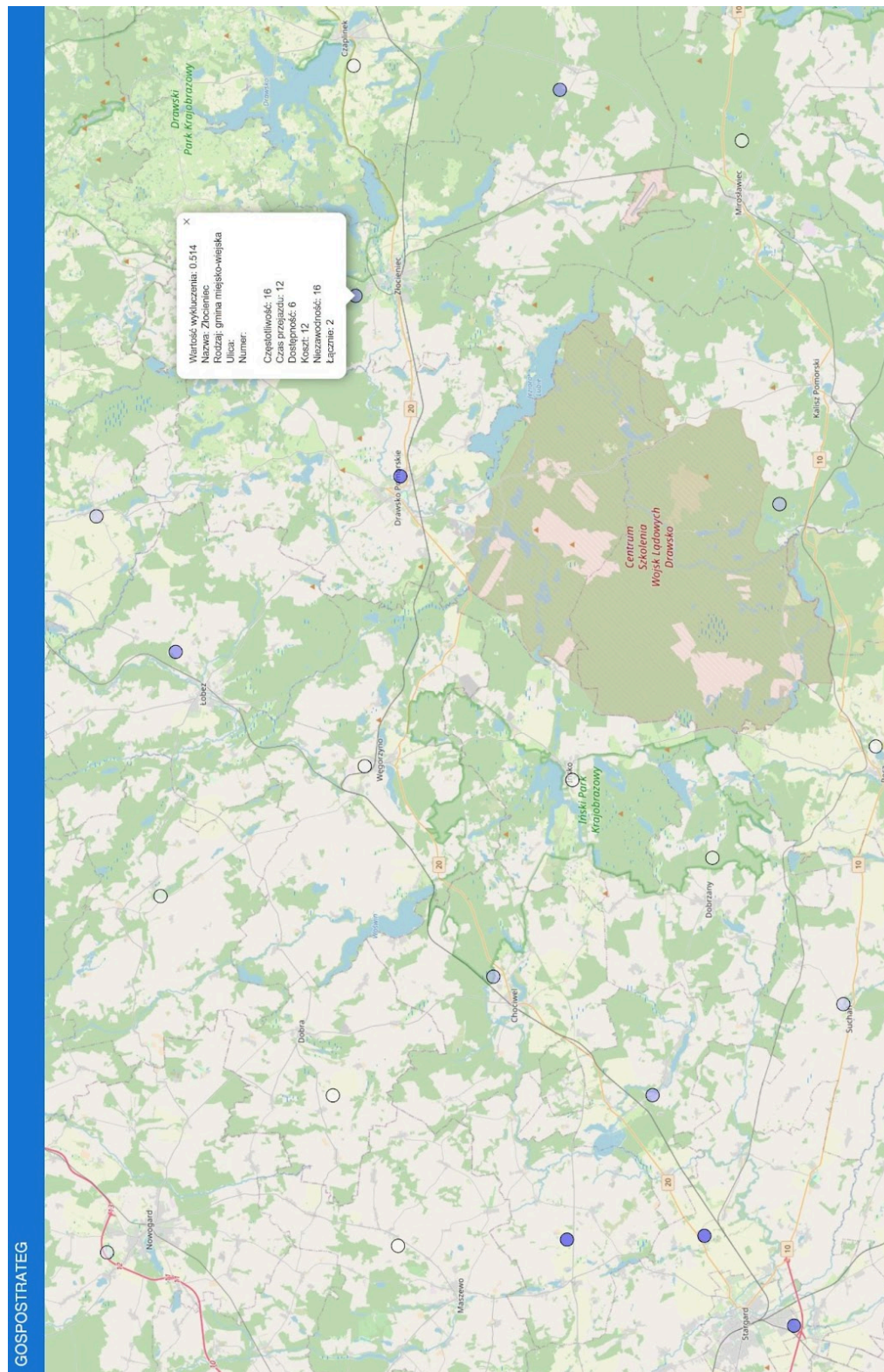
- numer: nie dotyczy (brak),
 - częstotliwość: mediana liczby dostępnych kursów (wygenerowanych planów podróży) dla PA należących do jednostki terytorialnej,
 - czas przejazdu: mediana liczby kursów spełniających kryterium dopuszczalnego czasu dojazdu dla PA należących do jednostki terytorialnej,
 - dostępność: mediana liczby kursów spełniających kryterium pieszej dostępności do przystanków dla PA należących do jednostki terytorialnej,
 - koszt: mediana liczby kursów spełniających kryterium kosztu dojazdów dla PA należących do jednostki terytorialnej,
 - niezawodność: mediana liczby kursów spełniających kryterium niezawodności dla PA należących do jednostki terytorialnej,
 - łącznie: mediana liczby kursów spełniających łącznie wszystkie kryteria dla PA należących do jednostki terytorialnej;
- na rys. 11 zaprezentowano fragment mapy wykluczenia komunikacyjnego, zagregowanego **z dokładnością do poziomu gminy**, informacja wyświetlana w postaci "dymku" dla przykładowego punktu (gminy) - patrz interpretacja jak dla miejscowości;
 - na rys. 12 zaprezentowano fragment mapy wykluczenia komunikacyjnego, zagregowanego **z dokładnością do poziomu powiatu**, informacja wyświetlana w postaci "dymku" dla przykładowego punktu (powiatu) - patrz interpretacja jak dla miejscowości.



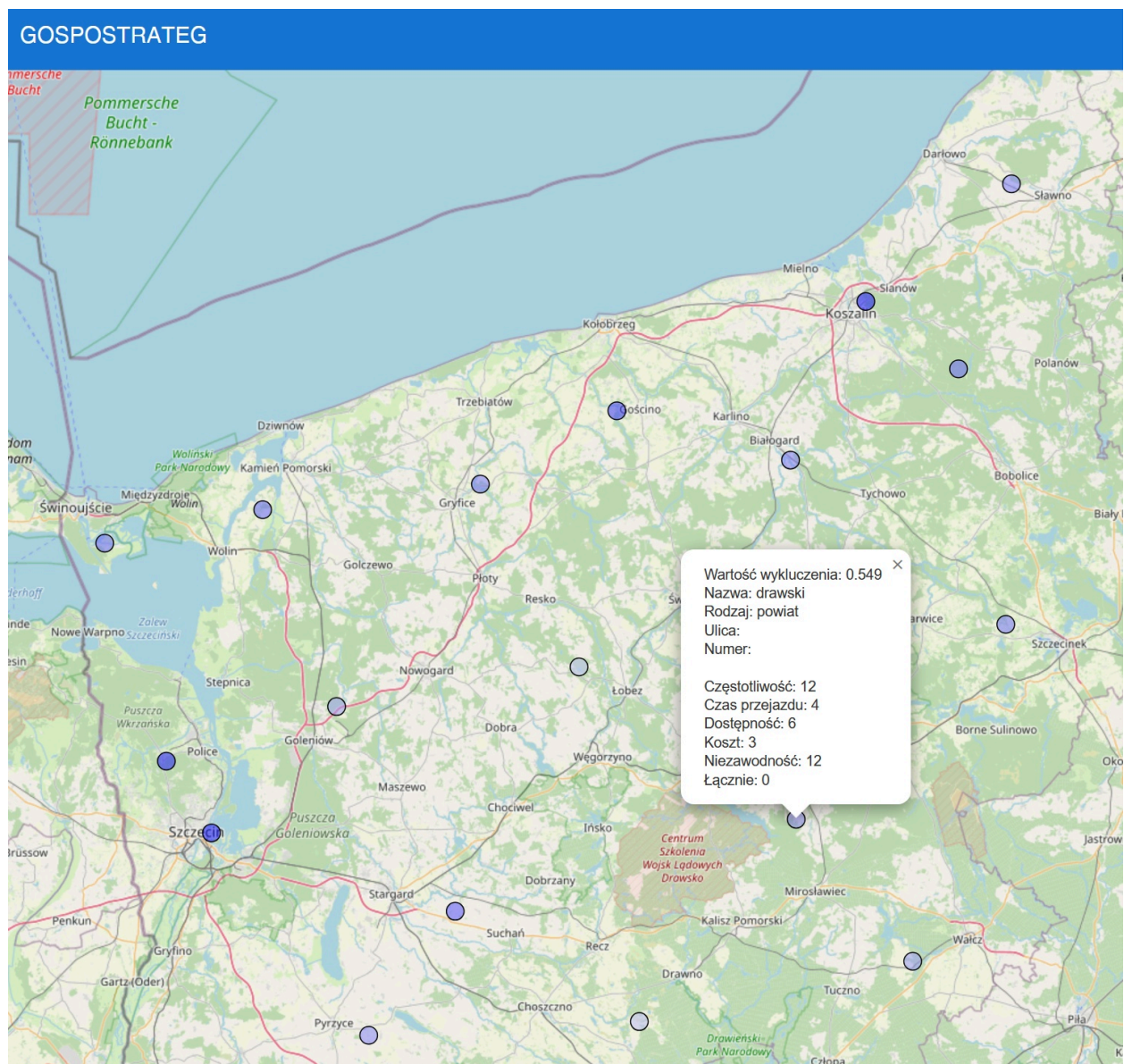
Rys 9. Przykład fragmentu mapy wykluczenia na poziomie punktów adresowych



Rys 10. Przykład fragmentu mapy wykluczenia - agregacji do poziomu miejscowości



Rys 11. Przykład fragmentu mapy wykluczenia dla agregacji na poziomie gmin



Rys 12. Przykład fragmentu mapy wykluczenia - agregacja na poziomie powiatów

3. Osiągnięcie kamienia milowego

Kamieniem milowym zadania (KM13.1) został określony jako wygenerowanie mapy przedstawiającej zagrożenie WK w formie zagregowanej, w tym minimum jedna wektorowa warstwa cyfrowa zagrożenia WK dla:

- poziomu miejscowości, oraz
- poziomu gminy.

W wyniku realizacji prac projektowych w Zad. 13 utworzono wektorowe warstwy cyfrowe zagrożenia WK dla:

- punktu adresowego,
- miejscowości,
- gminy,
- powiatu,
- województwa,
- kraju,

co daje podstawy do stwierdzenia, że **kamień milowy został osiągnięty**.

4. Podsumowanie

Zad. 13 polegało na opracowaniu wektorowych warstw cyfrowych obrazujących zasięg ryzyka wystąpienia zjawiska WK. Zadanie to zostało zrealizowane w przekroju od punktu adresowego, poprzez szereg poziomów agregacji, w tym: miejscowość, gminę, powiat, województwo i kraj.

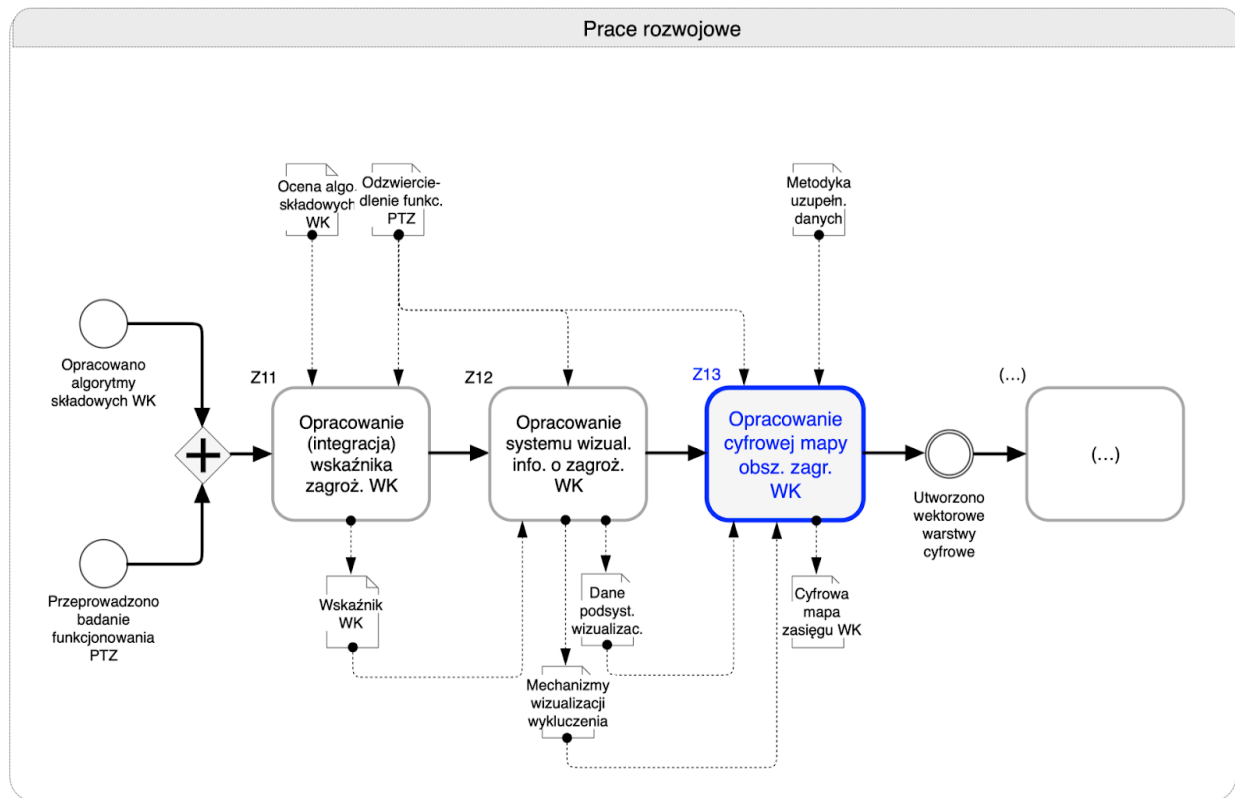
Zadanie to stanowi zwieńczenie wcześniejszych pracy, w których:

- W Zad. 11 opracowano podstawy integracji wszystkich składowych WK do spójnego i wielowymiarowego wskaźnika WK, z dokładnością do PA; podstawą tego zadania były opracowane algorytmy obliczeniowe składowych WK oraz przeprowadzenie badań funkcjonowania PTZ w Polsce. Rezultatem Zad. 11 jest wskaźnik zagrożenia WK w PA.
- W Zad. 12 opracowano podstawy systemu wizualizacji informacji o zagrożeniu WK, co na podstawie danych o funkcjonowaniu PTZ w Polsce, oraz wskaźnika WK (efekt integracji składowych WK i agregacji WK dla PA), doprowadziło do przeglądu i ostatecznie wypracowania mechanizmów wizualizacji wykluczenia.
- Zad. 13 stanowi połączenie wcześniejszych efektów w postaci cyfrowego obrazu obszaru zagrożenia WK.

Wszystkie wspomniane elementy procesu badawczego zostały przedstawione w postaci modelu BPMN na rys. 13, poniżej.

W niniejszym raporcie przedstawiono szereg wskazówek metodycznych i praktycznych wynikających z realizacji wspomnianego procesu badawczego, m.in.:

- przedstawiono uogólnioną postać procedury obliczeniowej z wykorzystaniem otwartego narzędzia planowania podróży multimodalnych OpenTripPlanner (por. rys. 1); nie przedstawiono opracowanego kodu przygotowanego na potrzeby generowania tras, wyceny planów podróży, oceny spełnienia poszczególnych kryteriów oraz integracji składowych do postaci wskaźnika WK. Kod zostanie udostępniony na żądanie Uprawnionego, jednak pełne wdrożenie tego rozwiązania wymaga szeregu prac wdrożeniowych związanych z jego optymalizacją;



Rys 13. Fragment metodyki realizacji projektu z uwzględnieniem kluczowych interakcji z Zad. 13

- procedura obliczeniowa, oprócz oceny wykluczenia dla danego punktu adresowego, potrafi wskazywać także przyczyny owego wykluczenia, tj:
 - związany z dostępnością: biała plama transportowa - brak aktywnego przystanku w pobliżu;
 - związane z segmentem pieszym podróży: podróż do siedziby powiatu wymaga przebycia pieszo >900 m lub >1500 m w zależności od lokalizacji PA;
 - związany z ofertą przewozową: występują aktywne przystanki w pobliżu PA, ale dostępna na nich oferta przewozowa nie pozwala na odbycie wystarczającej liczby podróży do siedziby powiatu przy założonych ograniczeniach;
 - związane z czasem podróży: podróż do siedziby powiatu przekracza 70 minut
 - związane z niezawodnością podróży (rozumianą statycznie): wykorzystywane w podróży linie składają się z dużej liczby przystanków, co zwiększa ryzyko opóźnienia;

- związane z kosztem biletów miesięcznych: pojedyncze podróże wymagają przeznaczenia zbyt dużych środków na zakup biletu;
- wynikające z połączenia wszystkich składowych na poziomie pojedynczej podróży - np. występuje wiele podróży tanich oraz wiele podróży szybkich, ale nie istnieje wystarczająca liczba połączeń zarówno tanich, jak i szybkich;
- wynikające ze złożenia wielu podróży, z których każda indywidualnie spełnia warunki braku wykluczenia: w celu zapewnienia wystarczającej liczby połączeń do siedziby powiatu wymagane jest skorzystanie z usług różnych podmiotów, z których żaden samodzielnie nie jest w stanie zapewnić oczekiwanej liczby połączeń - w efekcie sumaryczny koszt biletów miesięcznych przekracza dopuszczalny budżet;
- zastosowanie rozwiązań open-source, pozwala w razie potrzeb Zamawiającego, na opracowanie też innych statystyk związanych z wykluczeniem, np. szacowanie odsetka pojedynczych podróży, które zostały wykluczone cenowo w związku ze zbyt wysoką ceną pojedynczego biletu oraz odsetka związanego z przekroczeniem ceny biletu miesięcznego na sumie segmentów transportu zbiorowego, np. w efekcie konieczności korzystania ze złożenia podróży transportem gminnym, koleją oraz powiatową komunikacją miejską w celu dotarcia do centrum siedziby powiatu;
- w przyjętej metodyce obliczeniowej w zakresie wskaźnika WK zasadne było wprowadzenie szeregu działań optymalizacyjnych celem wyeliminowania nadmiernej, ale zbędnej merytorycznie, złożoności obliczeniowej i uzyskanie redukcji zasobo- i czasochłonności obliczeń; w tym zastosowano:
 - zmniejszenie liczby generowanych planów podróży tylko do tych, które związane są z przejazdami do siedziby powiatu jako generujących potencjalnie dłuższy (bardziej krytyczny) warunek czasowy;
 - redukcję liczby generowanych planów podróży do takich, których czas realizacji nie przekracza 90 min i 3 przesiadek - w praktyce podróżny unika tras z takimi parametrami dla regularnych podróży;
 - zmodyfikowano parametry przestrzennej dostępności przystanków (z 600-900 m do 900-1500 m), w celu odzwierciedlenia ograniczeń związanych z segmentami pieszymi podróży, w tym oprócz odległości <PA - przystanek> również przesiadki w ramach <przystanek - przystanek>;

- wyłączenie z obliczeń części PA znajdujących się w zasięgu pieszych podróży z PA do punktu docelowego;
- generowanie cyfrowej mapy uwidocznilo szereg mankamentów tkwiących w cyfrowej postaci rozkładów jazdy, pomimo przeprowadzenia działań walidacyjnych i weryfikacji stwierdzonych ewidentnych błędów w zapisie, w tym:
 - ostateczna postać (klasyfikacja PA do wykluczonych/włączonych) może być obciążona zlokalizowaniem niektórych przystanków na terenie innej jednostki terytorialnej niż rozważana (w efekcie powoduje zmniejszenie prawdopodobieństwa spełnienia warunku dostępności przystanku dla wybranych PA);
 - brak dostępnego taryfikatora lub jego błędy mogą powodować niedoszacowania lub przeszacowania w zakresie składowej kosztu podróży, problem został rozwiązany poprzez estymację cenników dla wybranego obszaru;
- zaklasyfikowanie punktu adresowego do kategorii “wykluczony” może wynikać z braku kompletności rozkładów jazdy na wybranym terenie, pomimo spełnienia wymogu uzyskania rozkładów dla 99% JST (gmin) oraz skorzystania z czterech komplementarnych źródeł¹ pozyskiwania tych rozkładów istnieje ryzyko pominięcia - ryzyko niedostępności w żadnym z tych źródeł. Podobnie błąd klasyfikacji może wynikać z błędów w dostarczonych danych, jak np. niewłaściwa lokalizacja przystanku, czy przedstawienie nieaktualnego rozkładu, jako aktualnego. Warto jednak zauważyć, że zespół projektowy poza ręczną weryfikacją danych w zad. 6-9, wdrożył także algorytmy minimalizujące błędy, np. poszukiwanie dojazdów do siedzib powiatów, które znajdują się wyłącznie w sąsiedztwie analizowanego PA, częściowo uodparnia algorytm na błąd polegający na szybkim przemieszczeniu pasażera w odległy punkt kraju. Ponadto w skali kraju liczba takich błędów musi być duża - by zmienić wynik o 1 punkt procentowy, jednostronnie błędnie sklasyfikowanych punktów adresowych musi być ponad 82 tysiące przy ponad 8,2

¹ w tym: 1) zweryfikowane pod względem okresu obowiązywania i czytelności analogowe rozkłady uzyskane z JST i przekształcone w ramach projektu do postaci GTFS (z zastosowaniem kreatora rozkładów cyfrowych), 2) otwarte zbiory GTFS udostępniane przez operatorów i organizatorów PTZ/PR, 3) zbiory GTFS będące w posiadaniu podmiotów biznesowych i używane na potrzeby wygenerowania mapy WK, 4) zbiory cyfrowe nieustandaryzowanych danych będące w posiadaniu podmiotów biznesowych i konwertowane usługowo do postaci standardu GTFS

mln PA w całym kraju. Jednak błędy te będą bardziej widoczne w mniejszych skalach (gmina, miejscowość). Zaleca się zatem wykonanie weryfikacyjnej oceny WK w momencie wprowadzenia w życie postulowanej wcześniej regulacji i jej egzekwowanie w zakresie obowiązku tworzenia i upowszechnienia cyfrowych rozkładów jazdy w standardzie GTFS, jako podstawy uzyskania zezwolenia na realizację przewozów PTZ i PR.