

POLSKIE FORUM TRANSPORTU, LOGISTYKI I SPEDYCJI

27-28 czerwiec 2024 r.

A. NAUKA TRANSPORTOWA**A.6 ZINTEGROWANY SYSTEM TRANSPORTOWY POLSKI****A.6.6. ZINTEGROWANY MODEL RUCHU JAKO NARZĘDZIE DO OPRACOWANIA
PROGNOZ RUCHU – MATEUSZ WÓJCIK**

A.6.6. Zintegrowany Model Ruchu jako narzędzie do opracowania prognoz ruchu – Mateusz Wójcik

1. Wstęp

Model to odwzorowanie zjawiska za pomocą matematyki. Matematyczny model ruchu jest to kombinacja funkcji (przekształceń) matematycznych i ich parametrów pozwalających na przekształcenie zbioru informacji o danym obszarze (w przypadku modelu ZMR jest to obszar całego kraju) i jego sieci transportowej na informacje o ruchu na poszczególnych odcinkach sieci. Należy pamiętać, że jest to czysta matematyka i przeliczenia te można (przy odpowiednio długim czasie ich wykonywania) wykonać za pomocą długopisu i kilku - kilkuset kartek papieru. Komputery i specjalistyczne oprogramowanie pozwalają jedynie na przyspieszenie tych obliczeń i ułatwiają szybkie sprawdzenie poprawności funkcji czy przyjętych parametrów.

1.1 POWSTANIE ZINTEGROWANEGO MODELU RUCHU (ZMR)

Zintegrowany Model Ruchu (dalej: ZMR, Model lub Model Krajowy) jest usankcjonowanym na poziomie krajowym narzędziem wsparcia procesu planowania strategicznego oraz istotnym elementem w nowej perspektywie finansowej 2021-2027, w ramach której Polska planuje pozyskać środki na dalszy rozwój infrastruktury transportowej.

Zadanie zbudowania ZMR zostało powierzone CUPT przez trzy ministerstwa¹ w II połowie 2018 r. Bez wątplenia dostrzeżono potrzebę wzmocnienia zaplecza analitycznego w zakresie optymalizacji procesu planowania strategicznego i wdrażania polityki transportowej. Zadanie to osadzono w CUPT, jako wyspecjalizowanej instytucji skupiającej ekspertów w zakresie oceny projektów infrastrukturalnych.

1.2 CEL POWSTANIA ZINTEGROWANEGO MODELU RUCHU

Podstawowym celem opracowania ZMR jest wsparcie ministerstw i innych instytucji w procesie planowania oraz podejmowania decyzji inwestycyjnych zapewniających wiarygodną, dostępną, bezpieczną, komfortową oraz odporną infrastrukturę transportową, zaplanowaną na poziomie stymulującym rozwój gospodarczy kraju i pozwalającą na redukcję kosztów zewnętrznych.

ZMR jest również modelem przygotowanym do wspierania planowania na poziomie regionalnym i lokalnym, które może wynikać zarówno z modelu krajowego jak i powstających modeli regionalnych. ZMR stanowi model bazowy i wyjściowy dla planowania regionalnego i lokalnego.

¹ Ministerstwo właściwe ds. transportu, Ministerstwo właściwe ds. rozwoju regionalnego, Ministerstwo właściwe ds. gospodarki morskiej i żeglugi śródlądowej

Niezależnie od tak sformułowanego celu nadrzędnego Modelu Krajowego, narzędzie wspiera również spełnienie kryterium warunku podstawowego określonego w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) definiującego kształt i warunki wydatkowania funduszy europejskich². Kryterium, które musi być spełnione przy warunku podstawowym, tj. Kompleksowe planowanie transportu na odpowiednim poziomie, mającym zastosowanie do EFRR i Funduszu Spójności w zakresie celu szczegółowego *Rozwój odpornej na zmiany klimatu, inteligentnej, bezpiecznej, zrównoważonej i intermodalnej sieci TEN-T oraz Rozwój i udoskonalenie zrównoważonej, odpornej na zmiany klimatu, inteligentnej i intermodalnej mobilności na poziomie krajowym, regionalnym i lokalnym, w tym poprawa dostępu do sieci TEN-T oraz mobilności transgranicznej* obejmuje m.in. funkcjonowanie multimodalnego mapowania istniejącej i planowanej infrastruktury., z wyłączeniem poziomu lokalnego. Jednocześnie zgodnie z tym kryterium, planowane inwestycje w infrastrukturę transportową powinny być poddane *ocenie ekonomicznej* np. poprzez analizę oczekiwanych korzyści wynikających np. ze skrócenia czasu podróży czy zwiększenia poziomu ruchu, wprowadzając tym samym wymóg przeprowadzenia oceny ekonomicznej w oparciu o analizę popytu i modelowanie ruchu. Biorąc pod uwagę cel związany ze strategicznym planowaniem infrastruktury w Polsce oraz cel związany ze spełnieniem warunku podstawowego Komisji Europejskiej, jako priorytet nadano Modelowi rozwój modułu pasażerskiego w taki sposób, by możliwie najwierniej odzwierciedlał stan rzeczywisty i reagował na potencjalne zmiany zachowań podróżnych w przyszłości związane m.in. ze zmieniającą się infrastrukturą czy zmianami demograficznymi. Wychodząc z takiego założenia, przyjęto, że model popytu ruchu pasażerskiego będzie zbudowany, jako pełny model czterostopniowy i będzie odwzorowywać średni dobowy ruch roczny (SDRR) w transporcie indywidualnym jak i komunikacji zbiorowej. Ponadto, aby uzyskać pełen obraz potoków ruchu w modelu krajowym uwzględniono model ruchu ciężarowego na drogach.

1.3 ZAKRES MODELU

Bardzo często w opisach modeli ruchu pojawia się sformułowanie czterostopniowy czy czterofazowy model ruchu – czasem z dodatkiem klasyczny. Co należy pod tym rozumieć?

Czterostopniowy model ruchu, jak sama nazwa wskazuje, składa się z czterech etapów:

- Generacja ruchu,
- Rozkład przestrzenny ruchu,
- Podział zadań przewozowych,
- Rozkład ruchu na sieć.

Każdy z etapów zajmuje się inną częścią podróży.

Etap generacji ruchu próbuje znaleźć zależność pomiędzy zmiennymi opisującymi dany obszar a liczbą podróży rozpoczynanych i kończonych w tym obszarze. Odpowiada na pytanie ile będzie podróży.

Etap rozkładu przestrzennego ruchu poszukuje zależności pomiędzy czasem podróży i odległością pomiędzy obszarami a liczbą podróży pomiędzy nimi. Odpowiada na pytanie skąd i dokąd te podróże się odbywają.

Etap podziału zadań przewozowych próbuje znaleźć matematyczne formuły odwzorowujące decyzje ludzi o wyborze środka transportu. Odpowiada na pytanie czym odbywa się podróż.

I wreszcie ostatni etap to wybór ścieżki podróży czyli odpowiedź na pytanie którądy podróżujemy.

Powyższy proces można przedstawić w odmiennej formie, stosując podejście bardziej ekonomiczne:

² Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1060 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające wspólne przepisy dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Europejskiego Funduszu społecznego Plus, Funduszu Spójności, Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji i Europejskiego Funduszu Morskiego, Rybackiego i Akwakultury, a także przepisy finansowe na potrzeby tych funduszy oraz na potrzeby Funduszu Azylu, Migracji i Integracji, Funduszu Bezpieczeństwa Wewnętrznego i Instrumentu Wsparcia Finansowego na rzecz Zarządzania Granicami i Polityki Wizowej

- model podaży usług transportowych, czyli model sieci transportowej z jej parametrami i układem linii transportu publicznego;
- model popytu na transport, w skład którego wchodzi modele generacji i rozkładu przestrzennego ruchu oraz model podziału zadań przewozowych;
- model rozkładu ruchu na sieć – sprawdzenie jak podaż usług odpowiada na popyt.

2. MODEL PODAŻY

Zintegrowany Model Ruchu od strony podażowej posiada kompleksową międzygałęziową sieć połączeń w transporcie, na którą składają się:

- **sieć drogowa** w podziale na autostrady, drogi szybkiego ruchu, drogi krajowe, drogi wojewódzkie, drogi powiatowe, uproszczona sieć dróg miejskich;
- **siatka połączeń transportu publicznego:** rozkłady jazdy kolejowe i autobusowe;

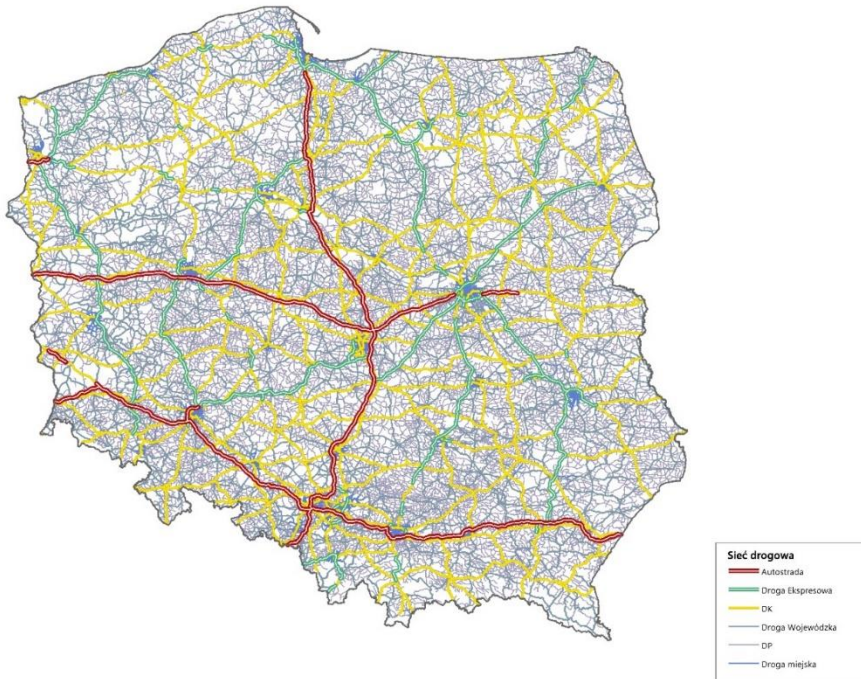
Tak kompleksowa sieć podaży umożliwia przeprowadzanie analiz międzygałęziowych na różnych środkach transportu na poziomie krajowym.

2.1 SIEĆ DROGOWA

Sieć drogowa w ZMR jest pierwszą tak szczegółową oraz odwzorowaną poprawnie topologicznie i topograficznie siecią w porównaniu do innych dostępnych modeli ruchu o skali krajowej.. W celu lepszego odwzorowania wyboru tras zdecydowano się na uproszczone kodowanie skrzyżowań w zależności od klas krzyżujących się dróg. W zależności od relacji na skrzyżowaniu zostały uwzględnione odpowiednio dodatkowe koszty przejazdu (szczególnie dla relacji podporządkowanych). Poziom szczegółowości modelu sieci został przyjęty adekwatnie do przyjętego poziomu szczegółowości rejonów komunikacyjnych. W związku z przyjęciem gmin jako rejonów komunikacyjnych zdecydowano się na zejście aż do poziomu dróg powiatowych. Ma to związek z zapewnieniem poprawnego tzw. „rozpływania” się ruchu oraz zapewnienia poprawnych połączeń między gminami sąsiednimi. Dodatkowo w myśl zasady, że aby poprawnie skalibrować model dla danego typu hierarchiczności dróg, przy budowie sieci dobrą praktyką jest zejście o jeden poziom niżej, w przypadku poprawnego skalibrowania modelu do pomiarów GPR2020/21 na drogach krajowych i drogach wojewódzkich należało zejść do poziomu dróg powiatowych.

Stworzono od podstaw systematykę typów odcinków drogowych w oparciu o wcześniej wypracowaną sieć drogową oraz nowe dostępne źródła danych. Uwzględniono takie cechy charakterystyczne dróg jak: zarządca, klasa, liczba pasów, szerokość, prędkość w ruchu swobodnym. Największą nowością i zmianą w stosunku do wcześniejszych modeli ruchu i używanych typów odcinków jest bardzo dokładna parametryzacja ze względu na prędkość w ruchu swobodnym. Możliwe to było dzięki pozyskaniu danych typu Big Data z sondowania pojazdów o prędkościach dla całej sieci dróg w Polsce. Łącząc wszystkie cechy danych odcinków zidentyfikowano 231 typów odcinków drogowych.

Rysunek 1 Sieć drogowa w ZMR

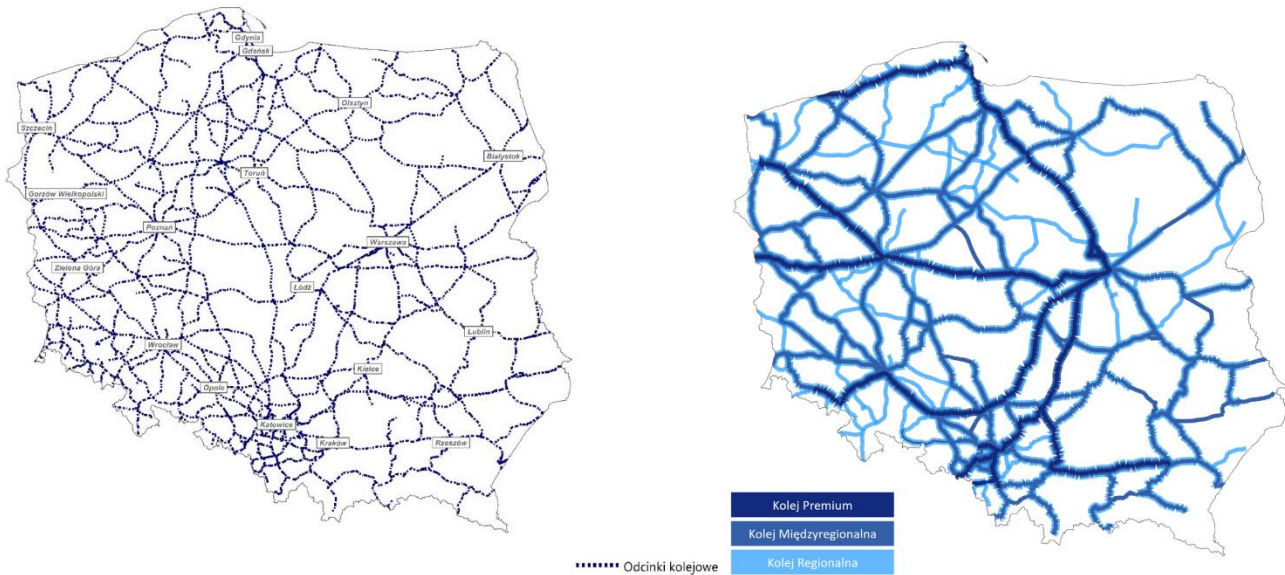


2.2 MODEL SIECI TRANSPORTU ZBIOROWEGO

Kolejnym elementem modelu podaży jest sieć transportu zbiorowego, na którą składają się połączenia kolejowe, autobusowe oraz uproszczone odwzorowanie sieci transportu miejskiego oraz aglomeracyjnego. Na sieć składają się nie tylko odcinki, po których mają możliwość jeździć pociągi czy autobusy, ale również przystanki i przede wszystkim rzeczywiste trasy przejazdu z czasami przejazdu między przystankami wraz z częstotliwością kursowania w ciągu doby. Wszystkie te elementy pozwalają odwzorować sposób podróżowania transportem zbiorowym wraz z całym procesem decyzyjnym, przed jakim staje podróżny decydujący się skorzystać z transportu zbiorowego.

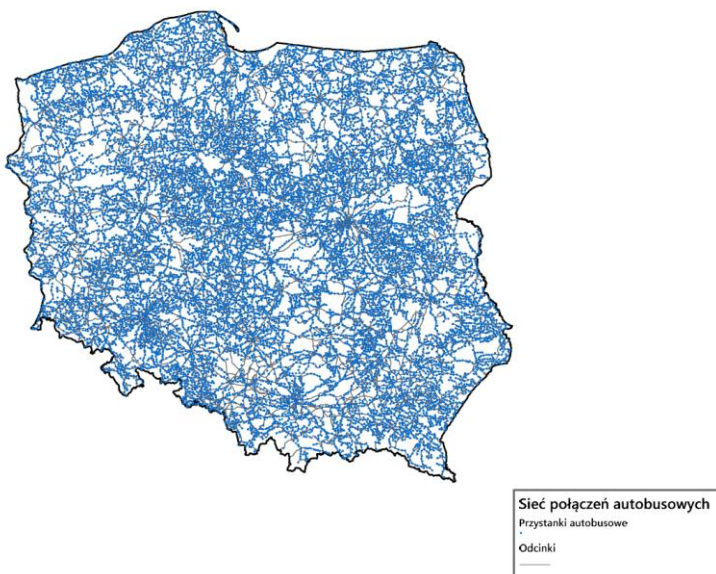
Poza zakodowanymi odcinkami, na których możliwy jest ruch pociągów czy przejazd autobusów, konieczne jest zakodowanie w modelu dokładnych tras przejazdu z wszystkimi elementami jak sekwencja przystanków, czasy przejazdu między poszczególnymi przystankami, czas postoju oraz częstotliwość kursowania. W Modelu Bazowym rozkłady jazdy zostały zakodowane na podstawie Rozkładu Jazdy Pociągów na bazie danych od PKP PLK S.A

Rysunek 2 Linie po których odbywa się ruch pociągów pasażerskich na terenie Polski, stan na rok 2022



W modelu w procesie kodowania sieci połączeń autobusowych uwzględniono wszystkich przewoźników z dostępnej bazy danych. Na potrzeby Modelu, z uwagi na jego skalę i strategiczny charakter, podjęto decyzję o agregacji przystanków znajdujących się w obrębie jednej miejscowości do jednego przystanku. Po agregacji przystanków do poziomu miejscowości zostało zidentyfikowanych ponad 27 000 przystanków. Taki poziom szczegółowości jest adekwatny do poziomu sieci drogowej, a jednocześnie pozwala na wysoki poziom odwzorowania tras autobusów na sieci drogowej.

Rysunek 3 Sieć drogowa z przystankami dla komunikacji autobusowej



3. MODEL POPYTU

3.1 WPROWADZENIE

Model popytu jest odzwierciedleniem zapotrzebowania na podróże w obrębie Polski w średni dzień w roku. Za pomocą przyjętych odpowiednich założeń dla formuł matematycznych można przedstawić ilość podróży oraz kierunki w podziale na dostępne środki transportu.

Model popytu został zbudowany w oparciu o podejście czterostopniowe, które proces podejmowania decyzji o podróży rozdziela na 4 etapy

Jak wspomniano wcześniej każdy z etapów odpowiada decyzjom, jakie podejmuje podróżny w oparciu o dostępne informacje na kolejnych etapach podróży.

3.2 SEGMENTACJA

Aby jak najlepiej odzwierciedlić zachowania komunikacyjne podróżnych wprowadzono segmentację pozwalającą wyłapać pewne charakterystyczne cechy danej grupy. Poniższe segmentacje wynikają z analizy dostępnych źródeł danych i są wynikiem procesu iteracyjnego budowy modelu ruchu i dobieraniem takiego zestawu segmentacji, aby jak najlepiej odzwierciedlić proces decyzyjny.

W ZMR uwzględniono następujące segmentacje:

- Motywacje podróży
 - Podróże obligatoryjne (Dom – Praca, Dom – Szkoła, Dom – Uczelnia)
 - Podróże nieobligatoryjne (Dom – Inne, Dom – Biznes, Niezwiązane z domem Inne, Niezwiązane z domem Biznes)
- Grupy wiekowe
 - Wiek przedprodukcyjny (0 - 18), Wiek produkcyjny (18 - 60/65), Wiek poprodukcyjny (60+/65+)
- Dostęp do samochodu/Brak dostępu do samochodu
- Typ funkcjonalny gminy zamieszkania
 - Warszawa
 - Miasto wojewódzkie
 - Miasto na prawach powiatu
 - Miejski Obszar Funkcjonalny miast wojewódzkich
 - Miejski Obszar Funkcjonalny miast na prawach powiatu (gminy ościenne)
 - Stolica powiatu
 - Gmina miejska
 - Gmina wiejska
 - Gmina miejsko – wiejska

W zależności od etapu modelu 4 stopniowego wykorzystywano różne kombinacje powyższych segmentacji, aby sprawdzić, które elementy najbardziej wpływają na podejmowanie decyzji. Ogólnym założeniem wynikającym z dostępności danych oraz biorąc pod uwagę optymalizację działania modelu ruchu, było, aby z etapu na etap zawężać przyjęte segmentację.

3.3 ZMIENNE OBJAŚNIAJĄCE

Zmienna objaśniająca jest to zmienna modelu statystycznego na podstawie której wylicza się zmienną objaśnianą (zależną). W celu wyznaczenia wielu parametrów modelu stosuje się szereg zmiennych objaśniających pochodzących ze źródeł statystycznych (m.in. GUS czy dane KBR). W procesie modelowania użyto odpowiednio aktualnych danych dla danego modelu bazowego.

Liczba ludności

Podstawową informacją z punktu widzenia etapu generacji podróży jest liczba ludności w rejonie komunikacyjnym. Dla każdego z ww. obszaru określona została jego populacja na podstawie opracowania GUS, dotyczącego stanu ludności na poziomie agregacji gminy.

Miejsca pracy

Liczba miejsc pracy została przypisana do rejonów komunikacyjnych na podstawie eksperymentalnego badania GUS pt. „Opracowanie metodologii i oszacowanie liczby pracujących w gospodarce narodowej według głównego miejsca pracy i miejsca zamieszkania na poziomie powiatów, stopy bezrobocia rejestrowanego na poziomie gmin oraz miar wynagrodzeń brutto na poziomie powiatów”. Miejsca pracy zostały podzielone na dwie kategorie: handel i usługi oraz pozostałe

Uczniowie

Zmienna dotycząca liczby uczniów przedstawia ich liczbę w szkołach podstawowych i ponadpodstawowych przypisanych do gminy. Zmienna ta pochodzi ze statystyk GUS-u.

Studenci

Liczba studentów jest zmienną opartą również na podstawie danych GUS. Urząd udostępnia ją jedynie na poziomie powiatu w konsekwencji czego wszyscy studenci w danej jednostce terytorialnej zostali przypisani do jej stolicy.

Liczba miejsc noclegowych

Liczba dostępnych miejsc noclegowych w ciągu roku oparta jest na danych GUS na poziomie gmin.

Wykorzystanie miejsc noclegowych

W celu zróżnicowania gmin pod kątem atrakcyjności miejsc noclegowych wprowadzono dodatkowy wskaźnik, obrazujący roczne wykorzystanie miejsc noclegowych na poziomie powiatu.

Wskaźnik motoryzacji

Wskaźnik motoryzacji jest informacją opisującą liczbę zarejestrowanych samochodów przypadających na 1000 mieszkańców. Pochodzi z corocznych statystyk udostępnianych przez GUS.

4. PROGNOZY RUCHU

Wspomniano na początku, że model można podzielić na dwie części, model popytu i model podaży. Podczas wykonywania prognoz ruchu należy osobno podejść do tematu prognoz dla tych dwóch elementów. Dla modelu podaży prognozami są założenia o stanie infrastruktury w danym okresie czyli inwestycji, które zostaną zakończone do danego roku czy horyzontu. Natomiast dla modelu popytu prognozami są wszystkie zmienne objaśniające jakie zostały użyte przy opisie zachowań komunikacyjnych oraz są możliwe do prognozowania. Przede wszystkim jest to prognoza ludności, która w największym stopniu determinuje sumaryczną ilość wykonywanych podróży.

4.1 ZAŁOŻENIA

Aby model mógł służyć jako narzędzie do aktualizacji krajowych strategii oraz oceny planów inwestycyjnych i zmian w infrastrukturze transportowej, należy w pierwszej kolejności odwzorować stan obecny, a następnie określić szereg zmiennych prognozowanych na zdefiniowane horyzonty czasowe, co ostatecznie umożliwi badanie scenariuszy rozwoju infrastruktury.

Prognozy ruchu zostały opracowane w oparciu o Bazowy Model Ruchu i uwzględniają horyzonty czasowe 2030, 2040 i 2050. W oparciu o dostępne dane jakimi są zmienne objaśniające i szczegółowe listy inwestycji możliwe jest stworzenie dowolnego scenariusza prognozy uwzględniającego rozwój sieci czy rok prognozy ze względu na dostępność danych w rozdzielczości rocznej.

Modele zostały opracowane na podstawie konsultacji z interesariuszami infrastruktury transportowej i dokumentów sektorowych. Z uwagi na fakt, ww. dokumenty strategiczne na kolejne lata będą podlegać aktualizacjom, przyjęte w modelu założenia rozwoju infrastruktury mogą w przyszłości ulec zmianie.

Modele prognostyczne zawierają analogiczną strukturę obliczeniową jak ta zastosowana w Modelu bazowym – czyli pełną procedurę obliczeniową dla modelu popytu oraz rozkładu ruchu na sieć.

W ramach przyjętych ogólnych założeń zakłada się, iż model będzie reagował na zmiany zachowania pasażerów w szczególności:

- zmiany na sieci (nowa/zmodernizowana infrastruktura i wynikające z niej zmiany parametrów, usług transportu publicznego);
- zmiany społeczno-gospodarcze.

W analizach skupiono się na zamodelowaniu przyszłych inwestycji infrastrukturalnych o charakterze ponadregionalnym i krajowym. Źródłem danych były przede wszystkim plany rozwojowe płynące z rządowych dokumentów strategicznych zarządców infrastruktury.

Należy pamiętać, że Zintegrowany Model Ruchu ukazuje średniodobowy ruch roczny dla dnia roboczego dla podróży międzygminnych i ponadregionalnych.

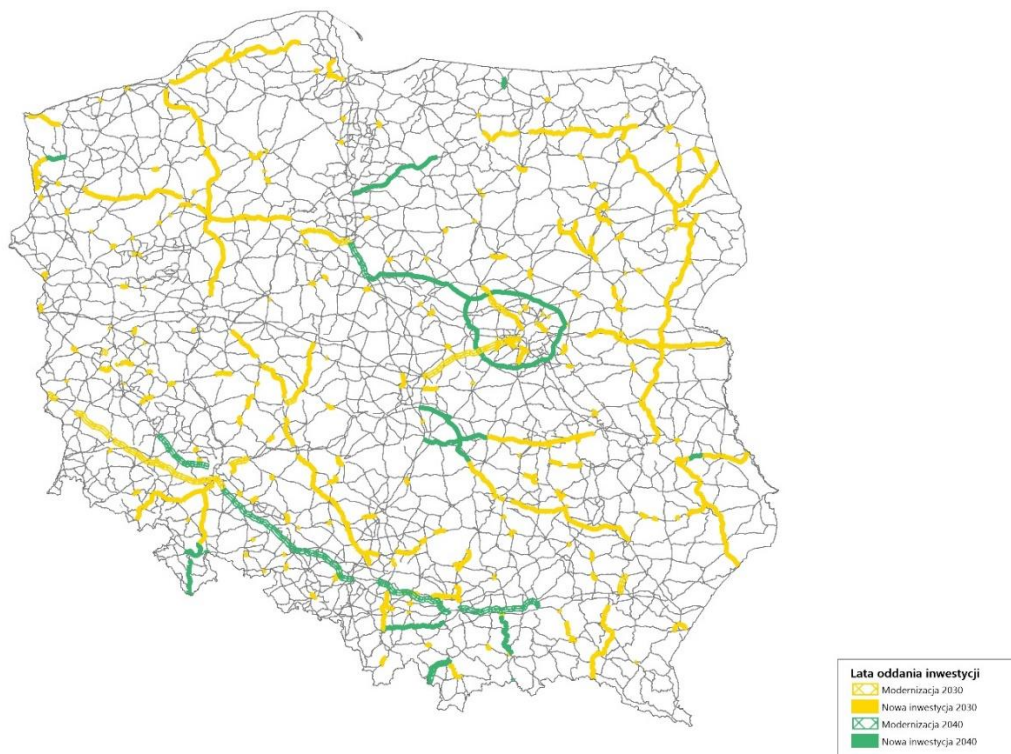
4.1.1 Sieć drogowa

Sieci drogowe w horyzontach prognostycznych zostały uwzględnione poprzez dodanie do istniejącej siatki połączeń odcinków tworzących pełne korytarze drogowe. Dodatkowo zostały obniżone parametry istniejących dróg krajowych znajdujących się w korytarzu planowanej inwestycji, dla lepszego odwzorowania rzeczywistości. Przykładem jest obniżenie parametrów istniejącej DK19 do drogi wojewódzkiej przy budowie S19 po nowym śladzie. Sieć drogową prognostyczną opracowano na podstawie danych udostępnionych przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad. Inwestycje te zostały zweryfikowane w zakresie przebiegów, lat ich oddania i dopisania ich do założonych okresów prognostycznych na podstawie projektów wieloletnich programów inwestycyjnych w ramach konsultacji z Ministerstwem Infrastruktury. W ramach tych dokumentów zaimplementowano w modelu wszystkie

planowane drogi szybkiego ruchu oraz drogi krajowe (z włączeniem obwodnic miast). Prognozowana sieć dróg wojewódzkich została oparta o dostępne plany inwestycyjne ZDW.

Połączenie planowanych dróg z istniejącą siecią odbywa się poprzez stworzenie węzłów w miejscach, w których drogi będą się funkcjonalnie łączyć. Dane o projektowanych węzłach uzyskano z informacji przekazanych przez GDDKiA. Nowe odcinki uzyskały parametry zgodne z dostępnymi informacjami na temat klasy drogi i jej parametrów technicznych, analogicznie do parametryzacji sieci istniejącej.

Rysunek 4 Sieć drogowa planowana



Źródło: opracowanie własne

4.1.2 Sieć kolejowa

Prognostyczna sieć kolejowa została stworzona w oparciu o dokumenty planistyczne pozyskane od spółek PKP Polskie Linie Kolejowe, PKP Intercity oraz Centralny Port Komunikacyjny. Analogicznie do sieci drogowej, stworzono listę nowych inwestycji kolejowych, co przełożyło się na zakodowanie w modelu nowych odcinków wraz z ich parametrami. Siatka połączeń kolejowych została stworzona z odwzorowaniem topograficznym, jeśli przebieg linii był znany, natomiast w pozostałych przypadkach zastosowano odwzorowanie topologiczne, tj. z dokładnością co do lokalizacji węzłów. Na podstawie konsultacji z ww. podmiotami oraz wiedzy eksperckiej przyjęto dodatkowe węzły wraz z przystankami osobowymi w większości gmin, przez które przebiega planowana linia, zależnie od zagęszczenia przystanków wzdłuż linii oraz występowania obszarów zamieszkałych.

Dodatkowo pozyskano informacje o modernizacjach linii kolejowych w zakresie zmian prędkości na odcinkach istniejących. Zmiany te zakodowano w formie atrybutu zmiany prędkości dla każdego horyzontu prognostycznego. Na podstawie zakodowanych prędkości stworzono procedury aktualizujące zmianę czasów przejazdu zależnie od planowanego roku wprowadzenia modernizacji. Oferta przewozowa dla horyzontów prognostycznych została opracowana zależnie od sieci po której pociągi miałyby kursować.

Dla istniejących relacji połączeń kolejowych, których przebieg nie wskazuje na możliwość przetrasowania na nowe, projektowane odcinki wykorzystano pozyskane od spółki PKP Intercity dane

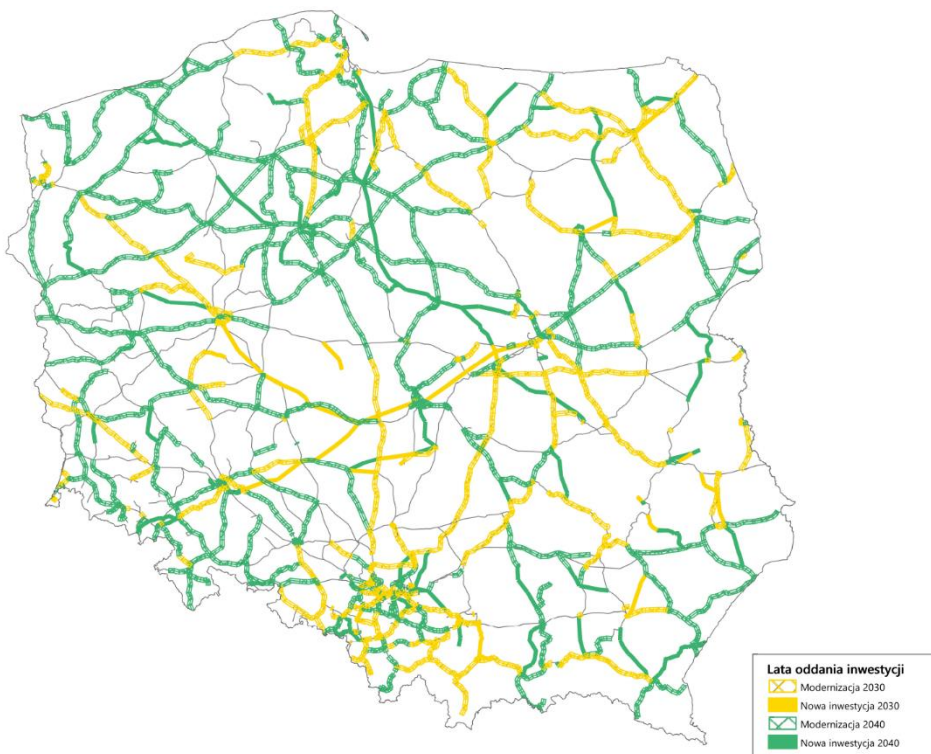
dot. planowanej liczby pociągów. Na poszczególnych relacjach zaimplementowano te informacje w formie zmiany częstotliwości kursowania pociągów.

Dla istniejących relacji połączeń kolejowych, których przebieg wskazuje na możliwość przetrasowania na nowe odcinki, zmieniono trasowanie pociągów według poniższych kryteriów przyjętych na podstawie wiedzy eksperckiej:

- Dla odcinków łączących ze sobą linie kolejowe wszystkie pociągi dalekobieżne zostały przetrasowane po nowym odcinku, natomiast dla połączeń regionalnych stworzono połączenie o “starym” przebiegu oraz biegnące po nowej linii, z częstotliwością połowę niższą niż pierwotnie na obu trasach.
- Dla łącznic kolejowych pozwalających przejechać odcinek bez zmiany czoła pociągu zostały przetrasowane wszystkich pociągów na nową trasę.

Stworzone także całkowicie nowe relacje połączeń na planowanych odcinkach kolei dużych prędkości, które stanowią połączenie między największymi aglomeracjami w najwyższym segmencie połączeń ekspresowych EIP/EIC.

Rysunek 5 Sieć kolejowa planowana



Źródło: opracowanie własne

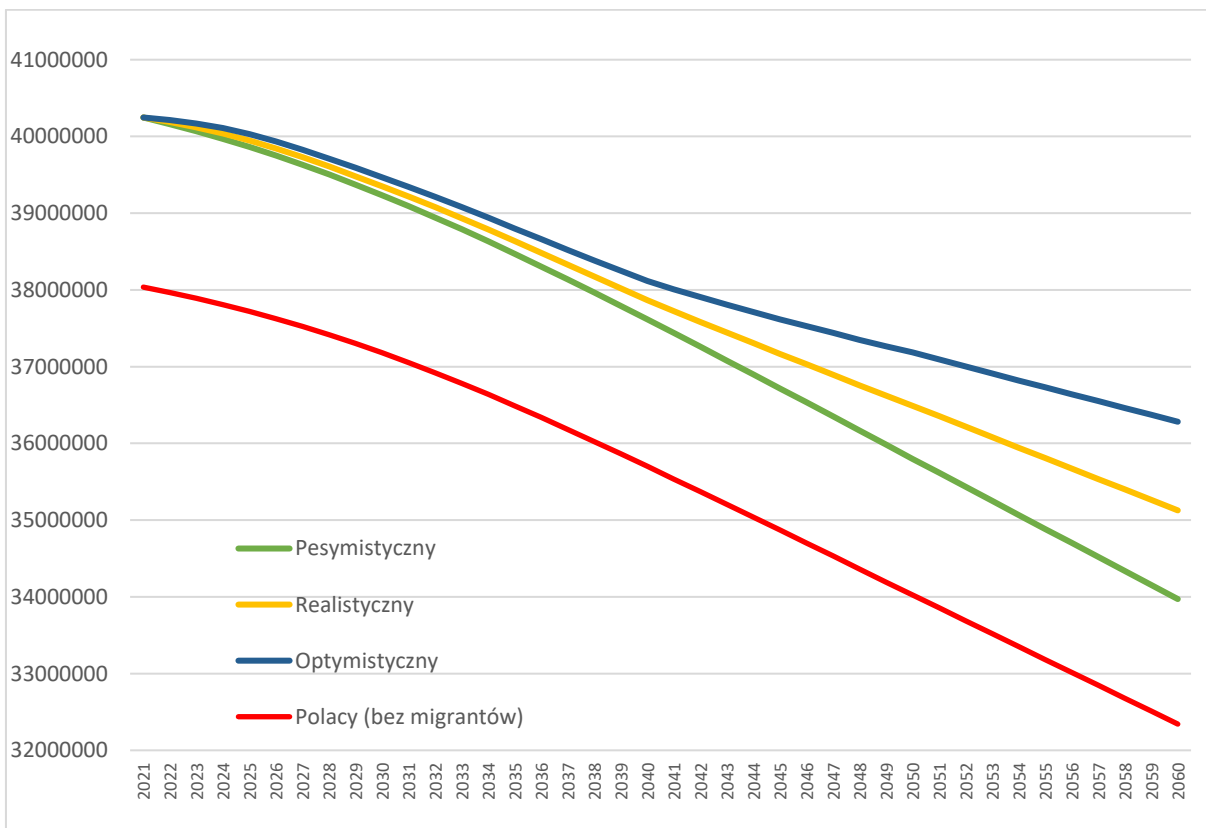
4.1.3 Zmienne objaśniające

Zmienne prognostyczne zostały przygotowane przy zastosowaniu zestawu eksperckich metod w oparciu o możliwie wiarygodne i jak najbardziej aktualne dane. Prognozy zmiennych objaśniających opracowano w następującym formacie:

- Zmienne objaśniające zostały przygotowane odpowiednio dla każdego roku na lata: 2023-2060.
- Podstawową zmienną jest ludność czyli liczba mieszkańców Polski w odpowiednich grupach wiekowych na bazie prognozy GUS „Prognoza ludności na lata 2023–2060” na poziomie gminnym.

- Bazując na dostępnych danych o migrantach z bazy PESEL, oszacowano i zaprognozowano ilość cudzoziemców przebywających na terenie Polski z uwzględnieniem ciągłego przyrostu wynikającego z konieczności uzupełnienia luki osób w wieku produkcyjnym na przestrzeni lat.
- Na bazie prognozy ludności obliczono prognozę pozostałych zmiennych objaśniających jakimi są m.in. miejsca pracy czy miejsca w szkołach.
- Przygotowano prognozy zmiennych w trzech wariantach: pesymistycznym, realistycznym i optymistycznym. Do obliczeń modelu bazowego oraz horyzontów prognostycznych użyto wariantu realistycznego.

Rysunek 6 Warianty prognoz demograficznych do 2060 r.



Źródło: opracowanie własne.

4.2 WYKORZYSTANIE MODELU RUCHU DO PROGNOZOWANIA

4.2.1 Hierarchiczność modeli ruchu – jak wykorzystywać modele wyższego rzędu

Niezależnie od podmiotu oraz celu wykorzystania modeli ruchu istotną kwestią jest sposób pracy na modelu wyższego rzędu. Należy zacząć przede wszystkim od teorii modelowania i hierarchii modeli ruchu. W zależności od poziomu zarządzania i planowanego obszaru analizy należy zastosować właściwe narzędzie.

Bez względu na obszar analizy zawsze należy kierować się planami i modelami wyższego rzędu, gdyż te będą obejmować swoim zakresem pewne ramy strategiczne wskazując cele i długoterminowe kierunki

rozwoju krajowych lub regionalnych czy też lokalnych sieci transportowych np.: kolei, dróg, portów, portów lotniczych, wód śródlądowych, które należy wziąć pod uwagę w analizie.

Model o zasięgu krajowym, jakim jest ZMR, może być wykorzystany m.in. jako narzędzie referencyjne i zasób danych stanowiący wkład do analiz obszarowych. Taki sposób pracy zapewnia zachowanie spójności poszczególnych elementów pomiędzy modelem wyższego a niższego rzędu. Dotyczy to m.in. warstwy popytowej oraz podażowej, które odzwierciedlają programy strategiczne i ich wpływ sieciowy. Należy jednak za każdym razem budowany model uszczegółowić w zakresie warstwy podaży i popytu oraz odpowiednio skalibrować. Są to jednak normalne działania i typowe kroki w budowaniu własnego narzędzia.

4.2.2 Jak interpretować wyniki

. Analitik zawsze musi sobie zdawać sprawę, jakie dane wchodziły do modelu oraz jakie założenia poczyniono podczas jego budowy. To wszystko determinuje późniejszą interpretację wyników otrzymanych na podstawie opracowanego narzędzia. Przyjęte założenia oraz jakość i dostępność danych mogą wpływać na sposób reakcji modelu i co za tym idzie na odwzorowanie zachowań transportowych.

Należy pamiętać, aby sprawdzać wyniki na każdym etapie modelowania oraz oczekiwać logicznych i możliwych do wyjaśnienia efektów. Należy również pamiętać, że porównanie wielkości potoków wyliczonych z pomierzonymi i uzyskanie wysokiej zgodności jest warunkiem KONIECZNYM, ale NIEWYSTARCZAJACYM do stwierdzenia poprawności modelu.

Uzyskanie wysokiej zgodności pomiędzy wartościami pomierzonymi a modelowanymi jest warunkiem KONIECZNYM, ale NIEWYSTARCZAJACYM do stwierdzenia poprawności modelu.

Zatem jak interpretować wyniki w modelu. Przede wszystkim **nigdy dosłownie**. Jak już wspomniano, wyżej model ruchu jest złożonym narzędziem i na generowane wyniki może wpływać bardzo dużo czynników. Jednocześnie należy pamiętać, że obciążenie sieci transportowej nie jest przypisanym atrybutem, a wiązką przejazdów realizowanych przez dany odcinek na podstawie parametryzowanych wcześniej matematycznych kroków obliczeń.

4.2.3 Różnica między oprogramowaniem a modelowaniem

Proces modelowania ruchu jest skomplikowany i wyróżnia dwa główne elementy: model popytu i model podaży, stąd wiedza z zakresu tylko jednej z dziedzin (np.: tylko o modelu podaży) może być niewystarczająca w całym procesie analitycznym. Podobnie znajomość samej podstawy teoretycznej obsługi programu do modelowania ruchu może być niewystarczająca, aby odpowiednio zinterpretować wyniki i właściwie przygotować wkład i założenia do analiz.

Dobrą analogią jest porównanie pomiędzy modelowaniem a ekonomią. Jedno i drugie to zbiór wielu praw, założeń czy pryncypiów, a w drugiej kolejności istotne jest wykorzystywane narzędzie do wykonywania obliczenia. Najczęściej stosowanym programem przy pracach przy szeroko pojętej ekonomii jest arkusz kalkulacyjny (np. MS EXCEL), lecz samo poznanie tego narzędzia nie jest równoznaczne z poznaniem i zrozumieniem praw, jakimi rządzi się ekonomia. Podobnie jest z programami używanymi do modelowania - wiedza jak dodać odcinek drogowy (przez „klikanie” odpowiednich elementów ręcznie) bez odpowiedniej wiedzy na temat parametryzacji (przepustowość, prędkość w ruchu swobodnym, funkcja oporu odcinka i inne) nie może być traktowane, jako zbudowanie sieci (modelu podaży) nadającej się do modelowania ruchu. Należy pamiętać, że program

często nie ma ograniczeń „logicznych” ze względu na pozostawienie pełnej funkcjonalności i użyteczności. Dla przykładu, program nie rozumie, że po odcinku o danym kolorze (np. biało czarny jak to często się przyjmuje się dla sieci kolejowej) nie może poruszać się samochód osobowy. To osoba tworząca i pracująca na modelu musi zdefiniować, że dany odcinek jest dedykowany odpowiednim środkom transportu za pomocą specyficznych parametrów (dla danego oprogramowania), a nie za pomocą wizualnych odwzorowań. Innym przykładem braku ograniczeń w modelu jest przepustowość czy prędkość. Modele nie mają ograniczeń do logicznych/realnych prędkości czy przepustowości. Pomimo nierealności założenia o prędkości na autostradzie równej 500 km/h, przy takim sparametryzowaniu dostaniemy wyniki jakbyśmy mogli się z taką prędkością poruszać. Często pojawia się stwierdzenie, że „**model wszystko przyjmie**” i należy o tym zawsze pamiętać.

Znajomość obsługi arkusza kalkulacyjnego nie czyni ekonomistą, tak jak znajomość obsługi programu do modelowania nie czyni modelarzem/planistą transportu.

4.3 Metody prognozowania przy użyciu ZMR

ZMR to tylko i aż narzędzie mogące być w różny sposób wykorzystywane podczas wykonywania prognoz ruchu. Przygotowany w sposób w pełni transparentny i zgodnie z metodyką pełnego modelu 4 stopniowego pozwala na szeroki wachlarz jego wykorzystania w procesie prognoz i dostosowanie wybranych elementów modelu do własnych potrzeb. Dla przykładu, chcąc wykonać prognozę ruchu dla obwodnicy mniejszego miasta i porównać ruch przy budowie różnych wariantów przebiegów, można użyć metod uproszczonych bez konieczności przeliczania pełnego modelu 4 stopniowego. Zawsze należy wyważyć optymalnie ilość danych dostarczanych z modelu do potrzeb. Poniżej przedstawiono możliwe sposoby korzystania z modelu ZMR jako modelu wyższego rzędu:

Metoda prognozowania:

- Pełne przeliczenie modelu 4 stopniowego
- Wycięcie lub agregacja modelu do poziomu regionalnego czy lokalnego z pozostawieniem modelu 4 stopniowego i lokalną kalibracją
- Wskaźnikowa metoda prognozowania modelu unimodalnego wraz z użyciem macierzy korygujących
- Uproszczona metoda prognozowania na bazie trendów historycznych

5. Podsumowanie

CUPT od lat wspiera zasadę zapewnienia spójnych zasad i jednolitych standardów prognozowania zjawisk transportowych. Stąd opracowany ze środków publicznych model ruchu jest udostępniany wszystkim zainteresowanym podmiotom. Przyczyni się to do efektywnej realizacji celów transportowych, w tym analiz rozwiązań sieciowych i planów strategicznych realizując tym samym interes publiczny w zakresie rozwoju zrównoważonej sieci transportowej kraju.



Fundusze Europejskie



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

