

PROBLEM ZDOLNOŚCI PRZEPUSTOWEJ LINII KOLEJOWYCH W OBSZARZE AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ¹

Radosław Gleba

Student, Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii
Lądowej i Środowiska, ul. Narutowicza 11/12, 80-
233 Gdańsk

Sławomir Grulkowski

dr inż., Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii
Lądowej i Środowiska, Katedra Transportu Szyno-
wego, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, tel
58 348-60-89, slawi@pg.gda.pl

Jerzy Zariczny

mgr inż., Politechnika Gdańska, Wydział Inżynie-
rii Lądowej i Środowiska, Katedra Transportu Szy-
nowego, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk,
tel 58 348-60-89, jeczaric@pg.gda.pl

Streszczenie. Szczegółowej analizie poddano główny kolejowy korytarz transpor-
towy aglomeracji trójmiejskiej, tj. fragment ciągu transportowego E 65 składającego się
z linii kolejowej nr 9 Warszawa Wschodnia Osobowa - Gdańsk Główny oraz linii ko-
lejowej nr 202 Gdańsk Główny - Stargard Szczeciński, a także linii kolejowej nr 226
Pruszcz Gdański - Gdańsk Port Północny. Obliczono zdolności przepustowe odcinków
linii kolejowych dla ich stanu technicznego po ukończeniu wszelkich robót budowlanych.
Otrzymane wyniki zestawiono z prognozowanym natężeniem ruchu pociągów dla roku
2020 i 2025.

Słowa kluczowe: przepustowość linii kolejowych, modernizacja linii kolejowej,
dostępność transportowa

1. Wprowadzenie

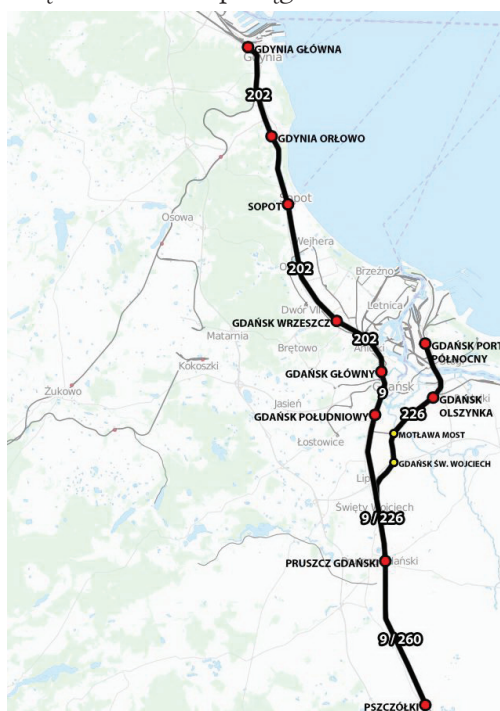
Aglomeracja trójmiejska charakteryzuje się dużym zapotrzebowaniem na pasa-
żerskie oraz towarowe przewozy kolejowe, które zgodnie z prognozami i założenia-
mi strategii transportowych ulegnie znaczącemu wzrostowi w najbliższym czasie.
Wpływ na dany wzrost zapotrzebowania będą miały m.in. postępująca suburba-
nizacja aglomeracji oraz dynamiczny rozwój transportu intermodalnego i rosnące
przeładunki towarów masowych w trójmiejskich portach [2]. Ponadto w aglo-
meracji trójmiejskiej prowadzone są liczne inwestycje infrastrukturalne związane
z modernizacją lub rewitalizacją istniejących linii kolejowych oraz budową nowych
(Pomorska Kolej Metropolitalna), w celu zapewnienia konkurencyjności trans-
portu kolejowego, głównie względem transportu drogowego. Jednocześnie wielu

¹ Wkład autorów w publikację: Gleba R. 50%, Grulkowski S. 25%, Zariczny J. 25%

interesariuszy transportu kolejowego zgłasza swoje obawy dotyczące zbyt niskiej zdolności przepustowej linii kolejowych w stosunku do przyszłego zapotrzebowania, co w znaczący sposób może odbić się na wydajności ich działalności gospodarczej.

Niniejszy artykuł ma na celu przedstawienie, jaką zdolnością przepustową będą się charakteryzowały linie kolejowe w obrębie aglomeracji trójmiejskiej po zakończeniu wszelkich prac modernizacyjnych oraz czy jej wartość będzie wystarczająca, aby zaspokoić zapotrzebowanie na pociągi wynikające z prognozowanego natężenia ruchu.

Szczegółowej analizie poddano główny kolejowy korytarz transportowy aglomeracji trójmiejskiej, tj. fragment ciągu transportowego E 65 składającego się z linii kolejowej nr 9 Warszawa Wschodnia Osobowa - Gdańsk Główny na odcinku Pszczółki - Gdańsk Główny oraz linii kolejowej nr 202 Gdańsk Główny - Stargard Szczeciński na odcinku Gdańsk Główny - Gdynia Główna, a także linii kolejowej nr 226 Pruszcz Gdański - Gdańsk Port Północny (rys. 1). Obliczono zdolności przepustowe danych odcinków linii kolejowych dla ich stanu technicznego po ukończeniu wszelkich robót budowlanych wykonywanych w ramach projektów „Modernizacja linii kolejowej E65/C-E65 na odcinku Warszawa - Gdynia - obszar LCS Gdańsk, LCS Gdynia” oraz „Projekt poprawy dostępu kolejowego do Portu Gdańsk (most + dwutorowa linia kolejowa)”. Otrzymane wyniki zestawiono z prognozowanym natężeniem ruchu pociągów dla roku 2020 i 2025.



Rys. 1. Obszar analizy

Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne

2. Obliczenia trakcyjne (przejazd teoretyczny pociągu)

Zdolność przepustowa linii kolejowej wyraża maksymalną liczbę pociągów lub par pociągów, które mogą w sposób płynny przejechać po określonym odcinku badanej linii kolejowej w ciągu określonego czasu (zazwyczaj doby lub godziny). Uzależniona jest od stanu technicznego toru i jego parametrów techniczno-eksploatacyjnych, sposobu organizacji ruchu pociągów i rodzaju urządzeń sterowania ruchem oraz struktury rodzajowej pociągów i własności dynamicznych pojazdów trakcyjnych [1]. Na podstawie powyższych elementów składowych można stwierdzić, że wartość zdolności przepustowej stanowi jedną z miar określających sprawność funkcjonowania transportu kolejowego na badanym odcinku linii kolejowej, ponieważ łączy w sobie zarówno elementy związane z infrastrukturą transportu kolejowego, jaki i inżynierią ruchu kolejowego.

W analizach rozpatruje się dwa rodzaje zdolności przepustowej: rzeczywistą oraz maksymalną teoretyczną. Rzeczywista zdolność przepustowa wyznaczana jest na podstawie wykresów ruchu pociągów odnoszących się do istniejącego rozkładu jazdy, według którego prowadzony jest ruch na analizowanym odcinku linii kolejowej. Maksymalna teoretyczna zdolność przepustowa wyznaczana jest w celu określenia wartości granicznej przepustowości, przy której możliwe jest płynne prowadzenie ruchu pociągów z uwzględnieniem wcześniej przyjętych założeń (najczęściej są to założenia związane z docelową formą organizacji ruchu na badanym odcinku linii kolejowej).

Wyznaczenie zdolności przepustowej linii kolejowej w głównej mierze opiera się na znajomości czasu jazdy pociągu na szlaku (bądź czasu jazdy pociągu liczonego od osi posterunku zapowiadawczego do osi drugiego posterunku odstępowego - *jazda pod zielone światło*). W przypadku obliczeń dotyczących maksymalnej teoretycznej zdolności przepustowej, czas jazdy pociągu można wyznaczyć na dwa sposoby. Pierwszy polega na obliczeniu przybliżonych czasów jazdy za pomocą metody obliczeń uproszczonych opartej na prawach kinematyki i zasadach geometrii analitycznej, drugi zaś polega na obliczeniu dokładnych czasów jazdy w oparciu o prawa dynamiki ruchu pociągu [1].

W prezentowanej analizie wyznaczono maksymalną teoretyczną zdolność przepustową, a czasy jazdy pociągów obliczono za pomocą przejazdu teoretycznego pociągu, opierającego się na metodzie analitycznej - *metodzie średnich prostokątów*, która szczegółowo została opisana w pozycji [3]. Sposób ten uwzględnia w obliczeniach równanie ruchu pociągów ($F_p = F - W[N]$, gdzie: F_p - siła przyspieszająca, F - siła pociągowa, W - opory ruchu pociągu), a więc odwzorowuje rzeczywiste warunki ruchu.

Wykorzystanie danej metody analitycznej wymaga stworzenia swego rodzaju modelu sieci linii kolejowych analizowanego obszaru (szczegółowe dane nt. położenia posterunków ruchu i punktów eksploatacyjnych na liniach kolejowych, dopuszczalnych prędkościach, itp.) oraz bazy danych zawierającej informacje o strukturze rodzajowej kursujących pociągów, ich parametrach i własnościach dynamicznych pojazdów trakcyjnych (charakterystyki trakcyjne) [6,7,8,9]. Do obliczeń wybrano

13 typowych dla aglomeracji trójmiejskiej zestawów składów pociągów pasażerskich i towarowych, za pomocą których wykonano łącznie 20 przejazdów teoretycznych po analizowanych odcinkach linii kolejowych.

Podstawowe założenia przejazdu teoretycznego:

- zasadnicze opory ruchu pociągu wyliczono ze wzorów empirycznych opracowanych przez Instytut Kolejnictwa (dawniej Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa),
- dodatkowe opory ruchu (opór na łukach poziomych oraz opór na wzniesieniach) zostały pominięte w obliczeniach,
- obliczenia uwzględniają rzeczywiste rozmieszczenie posterunków ruchu,
- przejazd wykonano z uwzględnieniem optymalnej, docelowej organizacji ruchu pociągów na odcinku Pszczółki - Gdynia Główna (ruch pociągów towarowych na danym odcinku prowadzony jest bez zatrzymania),
- przejazd wykonano przy forsowaniu prędkości jazdy (brak jazdy na wybiegu),
- przejazd wykonano z uwzględnieniem stanu technicznego linii kolejowej oraz dopuszczalnych prędkości jazdy dla kierunku nieparzystego (przyjęto, że czas jazdy na kierunku parzystym jest równy czasowi jazdy na kierunku nieparzystym),
- przejazd teoretyczny zakłada zgodne z rozkładem jazdy postoje pociągów pasażerskich na stacjach oraz przystankach osobowych,
- do obliczeń przyjęto kilka rodzajów pociągów uwzględniając ich typ, ciężar, liczbę wagonów, liczbę osi, charakterystykę trakcyjną lokomotywy lub zespołu trakcyjnego, itp.

Poniżej przedstawiono wynik końcowy przykładowego przejazdu teoretycznego pociągu oraz zestawienie składów pociągów wykorzystanych do obliczeń.

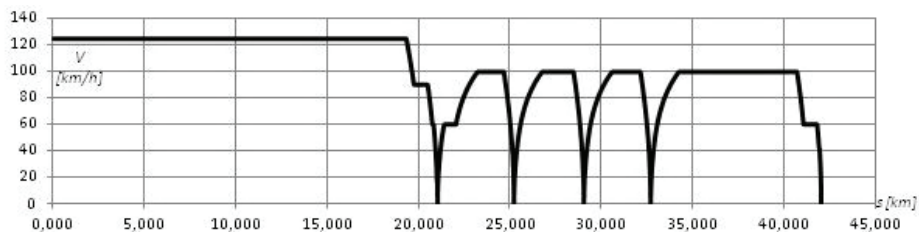
Tabela 1. Wynik przykładowego przejazdu teoretycznego

PRZYKŁADOWY PRZEJAZD TEORETYCZNY					
KATEGORIA POCIĄGU			TLK - Twoje Linie Kolejowe		
SKŁAD POCIĄGU			lokomotywa EU07 + 8 wagonów pasażerskich		
MASA CAŁKOWITA [t]			405,40		
DŁUGOŚĆ SKŁADU [m]			212,00		
ODCINEK			PSZCZÓŁKI - GDYNIA GŁÓWNA		
LP.	LINIA KOLEJOWA	KILOMETRAŻ POMIARU	PUNKT EKSPLOATACYJNY	CZAS JAZDY POMIĘDZY PUNKTAMI [min]	CZAS POSTOJU [min]
1	9	0,000	ST PSZCZÓŁKI	0,00	
2	9	10,437	ST PRUSZCZ GDAŃSKI	5,00	
3	9	19,170	ST GDAŃSK POŁUDNIOWY	4,18	
4	9 / 202	21,065	ST GDAŃSK GŁÓWNY	1,56	2,00
5	202	25,245	ST GDAŃSK WRZESZCZ	3,70	1,00

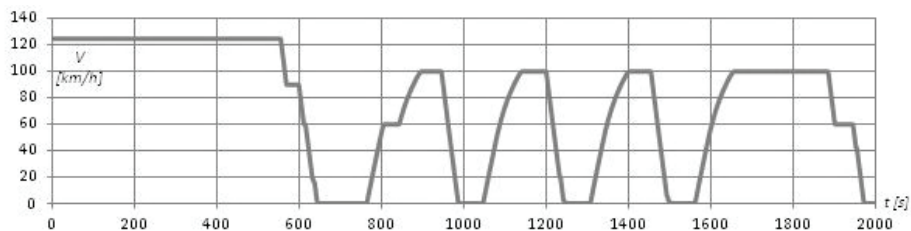
6	202	29,073	PO GDAŃSK OLIWA	3,34	1,00
7	202	32,726	ST SOPOT	3,24	1,00
8	202	36,951	ST GDYNIA ORŁOWO	3,14	
9	202	42,057	ST GDYNIA GŁÓWNA	3,70	5,00

Tabela 2. Wynik przykładowego przejazdu teoretycznego - pomiar czasu jazdy pod zielone światło

PRZYKŁADOWY PRZEJAZD TEORETYCZNY				
KATEGORIA POCIĄGU		TLK - Twoje Linie Kolejowe		
SKŁAD POCIĄGU		lokomotywa EU07 + 8 wagonów pasażerskich		
MASA CAŁKOWITA [t]		405,40		
DŁUGOŚĆ SKŁADU [m]		212,00		
ODCINEK		PSZCZÓŁKI - GDYNIA GŁÓWNA		
POMIAR CZASU JAZDY „POD ZIELONE ŚWIATŁO”				
LP.	LINIA KOLEJOWA	KILOMETRAŻ POMIARU	SZLAK	CZAS JAZDY [min]
1	9	4,210	PSZCZÓŁKI - PRUSZCZ GDAŃSKI	2,02
2	9	13,847	PRUSZCZ GDAŃSKI - GDAŃSK POŁUDNIOWY	1,63
3	9	21,065	GDAŃSK POŁUDNIOWY - GDAŃSK GŁÓWNY	1,56
4	202	23,619	GDAŃSK GŁÓWNY - GDAŃSK WRZESZCZ	2,39
5	202	29,295	GDAŃSK WRZESZCZ - SOPOT	4,87
6	202	34,941	SOPOT - GDYNIA ORŁOWO	1,94
7	202	39,241	GDYNIA ORŁOWO - GDYNIA GŁÓWNA	1,37



Rys. 2. Przebieg przykładowego przejazdu teoretycznego - prędkość w funkcji drogi



Rys. 3. Przebieg przykładowego przejazdu teoretycznego - prędkość w funkcji czasu

Tabela 3. Zestawienie składów pociągów pasażerskich użytych do obliczeń

LP.	RODZAJ POC.	LOKOMOTYWA				WAGONY						SKŁAD			
		TYP	Masa [t]	Dłg. [m]	L. osi	TYP	Masa [t]	Dłg. [m]	L. osi	W skł.	Ład.	Masa ład. [t]	Masa [t]	Dłg. [m]	L. osi
1	EC/EIC	EU44	86,0	19,58	4	XB-FPS	43,0	26,40	4	2	nd.	nd.	322	151,58	24
						154A	52,0	26,40	4	1					
						139A	38,0	26,40	4	1					
						WRmnouz	45,0	26,40	4	1					
2	EIC/TLK	EP09	83,5	16,74	4	XB-FPS	43,0	26,40	4	3	nd.	nd.	299	146,84	24
						139A	38,0	26,40	4	1					
						113A	33,5	24,50	4	1					
3	TLK/EIC	EU07	83,4	16,24	4	112A	33,5	24,50	4	2	nd.	nd.	405,4	212,24	36
						111A	39,5	24,50	4	5					
						113A	33,5	24,50	4	1					
4	TLK/ REGIO/ AGLO	PESA ELF 22WE										147	75,25	10	
5	EIC PREMIUM	PENDOLINO ED250										422	187,4	28	
6	REGIO/ AGLO	EN57AKM										138,5	64,97	12	

Tabela 4. Zestawienie składów pociągów towarowych użytych do obliczeń

LP.	RODZAJ POC.	LOKOMOTYWA				WAGONY						SKŁAD			
		TYP	Masa [t]	Dłg. [m]	L. osi	TYP	Masa [t]	Dłg. [m]	L. osi	W skł.	Ładunek	Masa ład. [t]	Masa [t]	Dłg. [m]	L. osi
1	Intermod.	EU07	83,4	16,24	4	Sgs	22	19,9	4	27	3 TEU	37,5	1689,9	~ 600	112
2	Intermod.	TRAXX	85	18,9	4	Sgs	22	19,9	4	27	3 TEU	37,5	1691,5	~ 600	112
3	Intermod.	ET22	120	19,24	6	Sgs	22	19,9	4	27	3 TEU	37,5	1726,5	~ 600	114
4	Masowy	EU07	83,4	16,24	4	Eaos	20	14	4	31	węgiel/ żłom	40	1943,4	~ 600	128
5	Masowy	TRAXX	85	18,9	4	Eaos	20	14	4	38	węgiel/ żłom	60	3125	~ 600	156
6	Masowy	ET22	120	19,24	6	Eaos	20	14	4	38	węgiel/ żłom	60	3160	~ 600	158

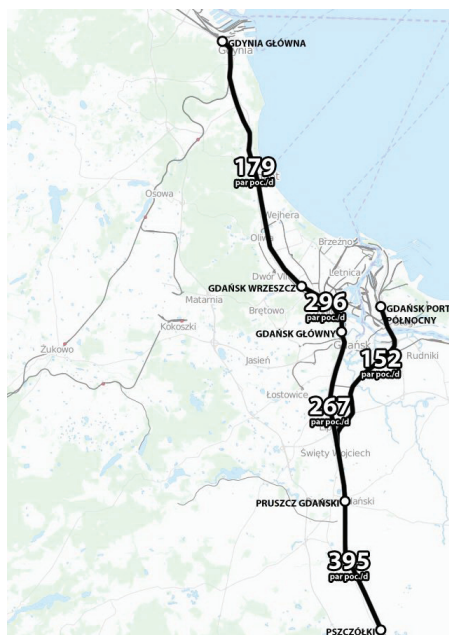
3. Zdolność przepustowa linii kolejowych

Zgodnie z wyżej przedstawionym schematem obliczono czasy jazdy na odcinkach linii kolejowych analizowanego obszaru dla pociągów różnego typu. Wyznaczono szlakowe odstępy czasu następstwa pociągów poprzez powiększenie czasu jazdy pociągu na szlaku (lub na odcinku pomiędzy osiã posterunku zapowiadawczego a osiã drugiego semafora SBL) o czasy dodatkowe, zależne od tego czy pociąg rusza z posterunku zapowiadawczego, czy też przejeżdża bez zatrzymania przez dany posterunek. Pociąg, którego przejazd charakteryzował się największą wartością szlakowego odstępu czasu następstwa pociągów determinował wielkość zdolności przepustowej danego szlaku [1].

W tabeli 5 przedstawiono obliczone wartości maksymalnej teoretycznej zdolności przepustowej dla odcinków linii kolejowych analizowanego obszaru.

Tabela 5. Maksymalna teoretyczna zdolność przepustowa szlaków linii kolejowych analizowanego obszaru

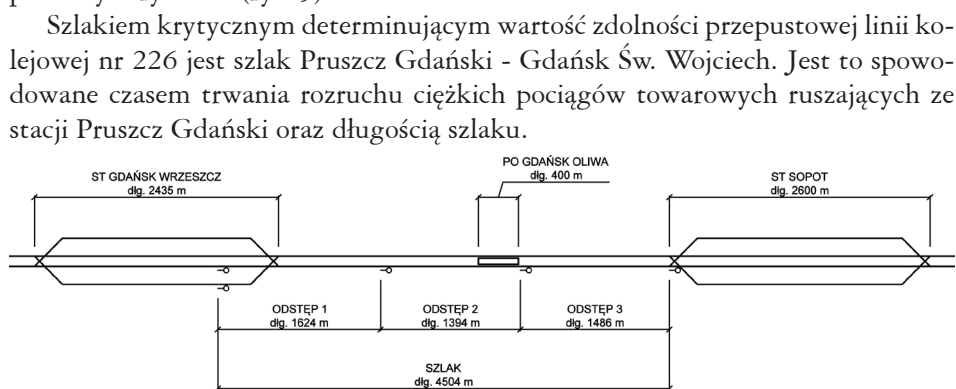
LINIA KOLEJOWA	SZLAK	MAKSYMALNA TEORETYCZNA ZDOLNOŚĆ PRZEPUSTOWA [par poc./d]		
		TOR1	TOR 2/3	Σ
9	PSZCZÓŁKI - PRUSZCZ GDAŃSKI	175	220	395
226	PRUSZCZ GDAŃSKI - GDAŃSK ŚW. WOJCIECH	152		
226	GDAŃSK ŚW. WOJCIECH - MOTŁAWA MOST	250		
226	MOTŁAWA MOST - GDAŃSK OLSZYNKA	353		
226	GDAŃSK OLSZYNKA - GDAŃSK PORT PŁN.	234		
9	PRUSZCZ GDAŃSKI - GDAŃSK POŁUDNIOWY	267		
9	GDAŃSK POŁUDNIOWY - GDAŃSK GŁÓWNY	401		
202	GDAŃSK GŁÓWNY - GDAŃSK WRZESZCZ	296		
202	GDAŃSK WRZESZCZ - SOPOT	179		
202	SOPOT - GDYNIA ORŁOWO	330		
202	GDYNIA ORŁOWO - GDYNIA GŁÓWNA	323		



Rys. 4. Maksymalna teoretyczna zdolność przepustowa odcinków linii kolejowych analizowanego obszaru

Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne

Odcinek Gdańsk Wrzeszcz - Gdynia Główna po zakończeniu modernizacji prowadzonej w ramach projektu pn. „Modernizacja linii kolejowej E65/C-E65 na odcinku Warszawa - Gdynia - obszar LCS Gdańsk, LCS Gdynia”, charakteryzował się będąc najmniejszą wartością zdolności przepustowej w ciągu linii kolejowych nr 9 oraz 202 analizowanego obszaru. Zdolność przepustowa danego odcinka determinowana jest przez szlak krytyczny Gdańsk Wrzeszcz - Sopot. Dany szlak ma długość 4,504 km i podzielony jest na trzy odstępy blokowe. Drugi semafor odstępowy SBL znajduje się w km 8,227 linii kolejowej nr 202, za przystankiem osobowym Gdańsk Oliwa (koniec przystanku - km 8,208). Wpływa to na wartość szlakowego odstępu czasu następstwa pociągów dla jazdy pod zielone światło, ponieważ pociągi pasażerskie zatrzymując się na przystanku blokują drugi odstępowy i uniemożliwiają wyprawienie kolejnych pociągów ze stacji Gdańsk Wrzeszcz w kierunku Gdyni. Sytuację ruchową na danym szlaku zobrazowano na poniższym rysunku (rys. 5).



Rys. 5. Schemat szlaku Gdańsk Wrzeszcz - Sopot

4. Natężenie ruchu pociągów w 2020 oraz 2025 roku

Do określenia stopnia wykorzystania zdolności przepustowej linii kolejowych w 2020 oraz 2025 roku niezbędna jest znajomość natężenia ruchu pociągów.

4.1. Natężenie ruchu pociągów pasażerskich

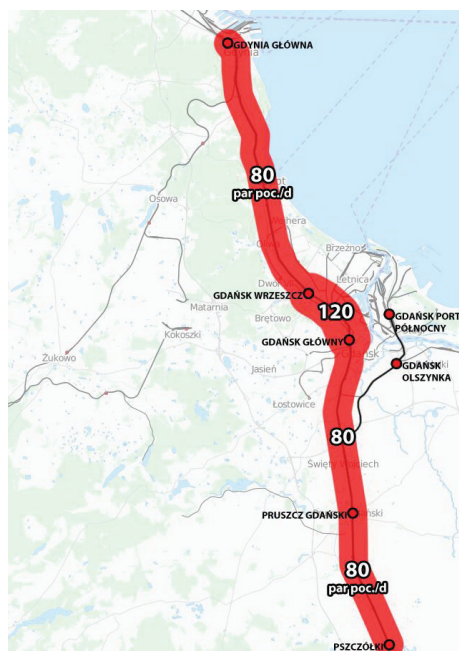
Analizę natężenia pasażerskiego ruchu kolejowego w obrębie aglomeracji trójmiejskiej w 2020 oraz 2025 roku, przeprowadzono w oparciu o:

- Plan Zrównoważonego Rozwoju Transportu Zbiorowego dla Województwa Pomorskiego,
- Plan Zrównoważonego Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego – Międzywojewódzkie i Międzynarodowe Przewozy Pasażerskie w Transporcie Kolejowym,
- Master Plan dla Transportu Kolejowego w Polsce do 2030 Roku,

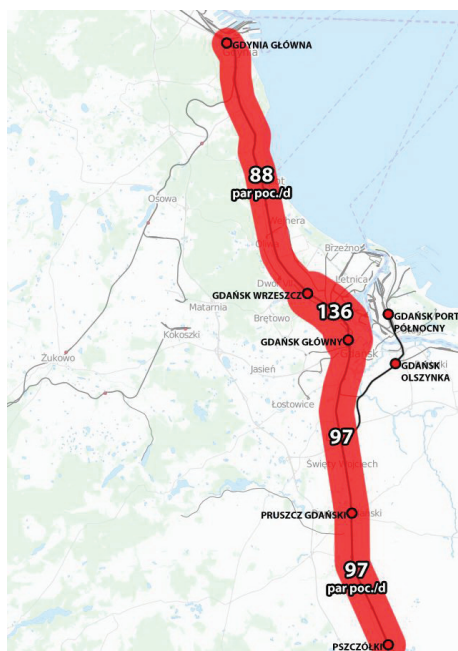
- inwestycje taborowe PKP Intercity S.A.:
 - * tzw. *Projekt Pendolino* – inwestycja taborowa związana z zakupem 20 sztuk składów zespołowych dużych prędkości Alstom Pendolino (wg nazewnictwa PKP – ED250), które w ilości 10 par pociągów na dobę będą obsługiwały trasę Warszawa – Gdynia,
 - * tzw. *Projekt Pendolino II* – inwestycja taborowa związana z zakupem 20 sztuk nowoczesnych elektrycznych zespołów trakcyjnych, które w ramach kategorii TLK, będą obsługiwały trasę Katowice – Łódź – Bydgoszcz – Gdynia.

Zakłada się, że w 2020 roku organizacja ruchu pociągów pasażerskich będzie prowadzona zgodnie z wytycznymi zawartymi w ww. planach transportowych, a liczba uruchamianych tras pociągów będzie odpowiadała zasygnalizowanemu w planach zapotrzebowaniu. Przyjęto m.in., że ruch pociągów pasażerskich w obrębie Trójmiejskiego Węzła kolejowego będzie prowadzony przede wszystkim w godzinach 06:00 – 22:00, a częstotliwość kursowania pociągów będzie dostosowana do występowania tzw. godzin szczytowych (tj. 06:00 – 10:00 oraz 14:00 – 18:00). Uwzględniono rozpoczęcie kursowania pociągów aglomeracyjnych PKM na określonych trasach oraz pociągów SKM typu Sprinter, które planowo będą jeździły po torach dalekobieżnych (linia kolejowa nr 9 oraz 202) w relacji Tczew – Słupsk.

Na poniższych kartogramach przedstawiono jak będzie się kształtowało natężenie ruchu pociągów pasażerskich na liniach kolejowych analizowanego obszaru w 2020 oraz 2025 roku.



Rys. 6. Natężenie ruchu poc. pasażerskich w 2020 r.
Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne



Rys. 7. Natężenie ruchu poc. pasażerskich w 2025 r.
Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne

4.2. *Natężenie ruchu pociągów intermodalnych*

Natężenie ruchu pociągów intermodalnych określono na podstawie autorskiej prognozy przeładowanych kontenerów w trójmiejskich terminalach morskich do 2025 roku. Podstawą do wykonania prognozy były dane wynikające z prognoz opracowanych na zlecenie Zarządu Województwa Pomorskiego oraz Zarządu Morskiego Portu Gdynia S.A. i Zarządu Morskiego Portu Gdańsk S.A. Prognozy te zakładają, że przeładunki w trzech największych terminalach morskich (BCT, GCT i DCT) będą wynosiły od 2 mln do 2,5 mln TEU (z wyłączeniem transshipments). Przy uwzględnieniu transshipments przeładunki będą oscylowały w okolicach 3,5 mln TEU.

W horyzoncie 2020 roku opracowano trzy scenariusze - pesymistyczny, realistyczny oraz optymistyczny. Każdemu ze scenariuszy przypisano wartość przeładunków w 2020 roku odpowiadającą wynikom prognozy Zarządu Morskiego Portu Gdynia S.A., tj. pesymistyczny - 2 mln TEU, realistyczny - 2,25 mln TEU, optymistyczny - 2,5 mln TEU. Na podstawie wyników przewozów kontenerów do/z trójmiejskich terminali morskich w 2013 roku, określono stały wzrost procentowy przeładunków rok do roku, któremu odpowiada podscenariusz „0” w każdym ze scenariuszy. Uwzględniono również podscenariusze, które zwiększają elastyczność wykonywanej prognozy. W scenariuszu pesymistycznym opracowano podscenariusz zakładający wolniejszy o jeden punkt procentowy wzrost przeładunków w stosunku do wyjściowego wzrostu procentowego dla danego scenariusza (podscenariusz „-1”). W scenariuszu realistycznym opracowano dwa podscenariusze zakładające odpowiednio wolniejszy o jeden punkt procentowy oraz szybszy o jeden punkt procentowy wzrost przeładunków w stosunku do wyjściowego wzrostu procentowego dla danego scenariusza (podscenariusz „-1” oraz „+1”). W scenariuszu optymistycznym opracowano podscenariusz zakładający szybszy o jeden punkt procentowy wzrost przeładunków w stosunku do wyjściowego wzrostu procentowego dla danego scenariusza (podscenariusz „+1”).

W horyzoncie 2025 roku rozwinięty został jedynie scenariusz realistyczny wraz z odpowiadającymi mu podscenariuszami. Wynika to z faktu wysokiej niepewności prognozy dla danego przedziału czasowego, ze względu na dynamicznie zmieniającą się sytuację geopolityczną oraz społeczno-gospodarczą, które mają znaczący wpływ na wielkość przeładunków w terminalach morskich.

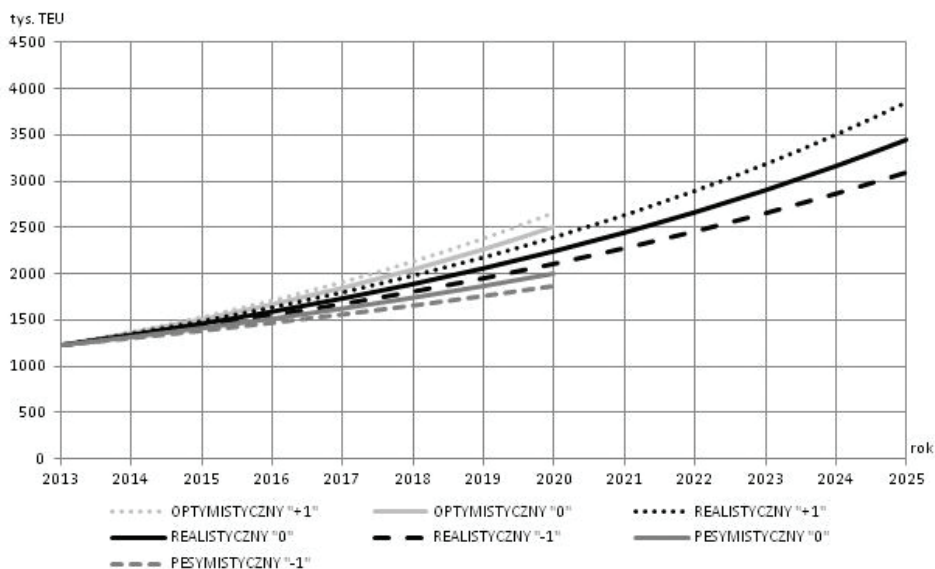
Prognoza zakłada stały udział każdego z terminali w rynku oraz stały udział przeładunków typu transshipments. Dane udziały mogą ulegać zmianom w przypadku wyczerpania zdolności przeładunkowej jednego z terminali. Założono, że wielkość przeładunków, których nie będzie w stanie przyjąć BCT Bałtycki Terminal Kontenerowy Sp. z o.o. lub Gdynia Container Terminal S.A., przejmuje DCT Gdańsk S.A.

Założenie związane jest z aliansem strategicznym pod nazwą „P3”, jaki zawarli między sobą trzej najwięksi armatorzy w Europie - Maersk Line (ML), Mediterranean Shipping Company (MSC) oraz CMA CGM. Alians ma na celu stworzenie sojuszu operacyjnego w świadczeniu usług transportowych na połączeniach mię-

dzykontynentalnych, który będzie się charakteryzował największą flotą kontenerowców na świecie. Sojusz funkcjonował będzie jako jeden armator obsługujący wybrane porty-huby, w tym terminal DCT Gdańsk S.A. w Porcie Gdańsk. Port w Gdyni nie został uwzględniony w rozkładach „P3”, co może oznaczać zmniejszenie znaczenia terminali znajdujących się w danym porcie, tym bardziej, że do tej pory obsługiwały je statki MSC oraz CMA CGM. Dane założenie jest również istotne ze względu na tzw. „dyrektywę siarkową”, która nakłada obowiązek redukcji zawartości siarki od 2015 roku z obecnego 1% do 0,1% w paliwach wykorzystywanych przez statki pływające na wodach Morza Bałtyckiego, Morza Północnego oraz Kanału La Manche. Wpłyne to na zwiększenie kosztów transportu morskiego oraz zwiększenie rozmiarów oraz znaczenia portów-hubów (np. Port Gdańsk) kosztem mniejszych morskich terminali kontenerowych [1].

W prognozie uwzględniono wszelkie inwestycje wpływające na zdolności przeładunkowe poszczególnych terminali kontenerowych.

Na poniższym wykresie przedstawiono wynik przeprowadzonej prognozy.



Rys. 8. Prognoza przeładunków w trójmiejskich terminalach kontenerowych (bez transshipments)

Prognozę natężenia ruchu pociągów intermodalnych wykonano w oparciu o prognozę ilości przeładowanych kontenerów w trójmiejskich terminalach morskich. Dla roku 2020 oraz 2025, uwzględniono jedynie scenariusz realistyczny w podscenariuszu „0”. Zakłada się, że wyniki prognozy w danym scenariuszu są najbardziej prawdopodobne do spełnienia.

Założenia przyjęte w prognozie natężenia:

- skład o długości ok. 600 m, mogący przewieźć 81 TEU,
- utylizacja jest zależna od struktury procentowej ilości kontenerów import - export, tj. 100% - 68% (81 TEU – 55 TEU),

- liczba dni roboczych w ciągu roku - 352,
- udział procentowy transshipments w roku bazowym (2013): BCT - 5%, GCT - 5%, DCT - 65%,
- udział transportu kolejowego w obsłudze terminali: BCT - 50%, GCT - 30%, DCT - 40%.

Wyniki prognozy natężenia ruchu pociągów intermodalnych przedstawiono w poniższych tabelach oraz na kartogramach.



Rys. 9. Natężenie ruchu poc. intermod. w 2020 r.
Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne



Rys. 10. Natężenie ruchu poc. intermod. w 2025 r.
Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne

Tabela 6. Prognozowane natężenie ruchu pociągów intermodalnych w aglomeracji trójmiejskiej w 2020 r.

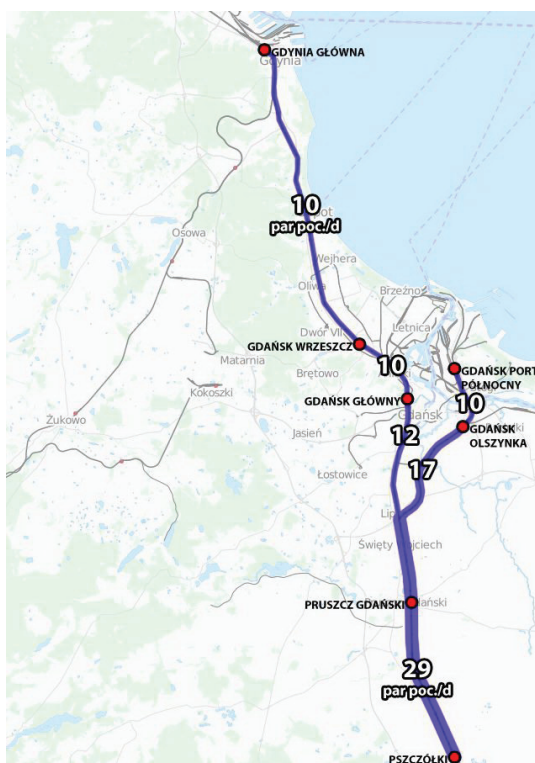
Rok	Terminal	Transshipments		Przeladunki bez Transshipments [TEU]	Transport kolejowy		IMPORT - EXPORT (40% - 60%)		
		Udział	Ilość [TEU]		Udział	Ilość [TEU]	PSZCZÓŁKI - PRUSZCZ GDAŃSKI	PRUSZCZ GDAŃSKI - GDAŃSK PORT PÓLNOCCNY	PRUSZCZ GDAŃSKI - GDYNIA PORT
2020	BCT	5,00%	40615	771693	50%	385847	9		9
	GCT	5,00%	30000	570000	30%	171000	4		4
	DCT	62,88%	1544781	911969	40%	364787	8	8	
	RAZEM	41,75%	1615396	2253662	N/A	921634	21	8	13

Tabela 7. Prognozowane natężenie ruchu pociągów intermodalnych w aglomeracji trójmiejskiej w 2025 r.

Rok	Terminal	Transshipments		Przeładunki bez Transshipments [TEU]	Transport kolejowy		IMPORT - EXPORT (40% - 60%)		
		Udział	Ilość [TEU]		Udział	Ilość [TEU]	PSZCZÓŁKI - PRUSZCZ GDAŃSKI	PRUSZCZ GDAŃSKI - GDAŃSK PORT	PRUSZCZ GDAŃSKI - GDYNIA PORT
2025	BCT	5,00%	60000	1140000	50%	570000	12	PÓŁNOCNY	12
	GCT	5,00%	30000	570000	30%	171000	4		4
	DCT	65,40%	2616134	1383866	40%	553546	12	12	
	RAZEM	46,66%	2706134	3775365	N/A	1294546	28	12	16

4.3. Natężenie ruchu pociągów masowych

Ze względu na brak jednoznacznej tendencji w przeładunkach towarów masowych w trójmiejskich portach na przestrzeni ostatnich lat, nie jest możliwe wykonanie odpowiedniej prognozy przeładunków. Tym samym nie można prognozować natężenia ruchu pociągów przewożących towary masowe. Do dalszych analiz przyjęto natężenie ruchu pociągów odpowiadające średniodobowemu natężeniu ruchu z roku 2013 (rys. 10).



Rys. 11. Natężenie ruchu poc. masowych w 2013 roku

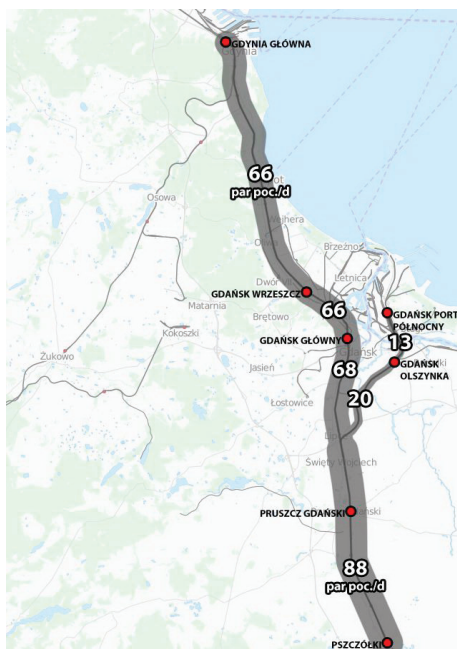
Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne na podstawie danych PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

4.4. Zestawienie natężeń ruchu pociągów

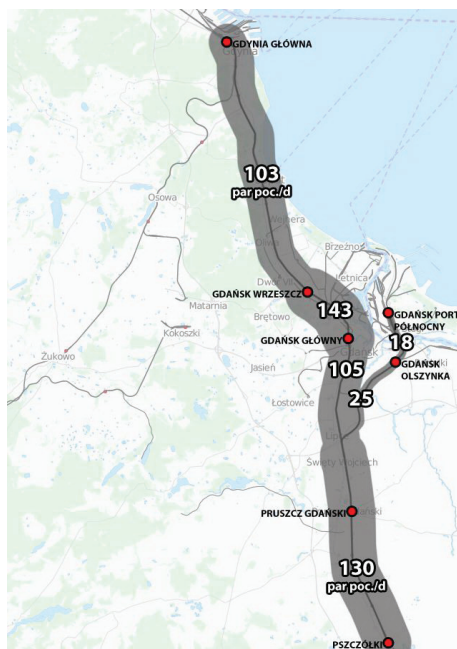
W celu zobrazowania jak duży wzrost natężenia ruchu pociągów jest przewidywany w obrębie aglomeracji trójmiejskiej, wykonano zestawienie natężeń ruchu pociągów w 2013 roku oraz prognozowane natężenia dla roku 2020 i 2025. Natężenie ruchu pociągów pasażerskich w 2013 roku określono na podstawie rocznego rozkładu jazdy, natomiast natężenie ruchu pociągów intermodalnych oraz przewożących towary masowe określono na podstawie danych PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Wyniki przedstawiono w tabeli 7 oraz na kartogramach.

Tabela 8. Zestawienie natężeń ruchu pociągów

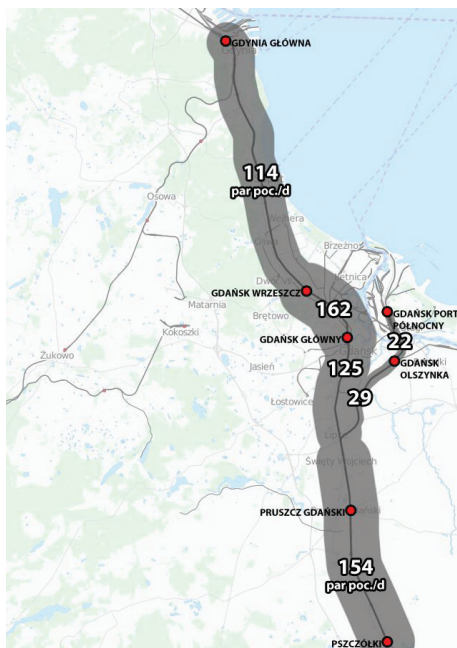
Linia kol.	ODCINEK	ROK 2013				ROK 2020				ROK 2025			
		Pas.	Inter.	Mas.	Razem	Pas.	Inter.	Mas.	Razem	Pas.	Inter.	Mas.	Razem
9/260	PSZCZÓŁKI - PRUSZCZ GDAŃSKI	51	8	29	88	80	21	29	130	97	28	29	154
226	PRUSZCZ GDAŃSKI - GDAŃSK OLSZYŃKA	0	3	17	20	0	8	17	25	0	12	17	29
226	GDAŃSK OLSZYŃKA - GDAŃSK PORT PÓLNOČNY	0	3	10	13	0	8	10	18	0	12	10	22
9	PRUSZCZ GDAŃSKI - GDAŃSK GŁÓWNY	51	5	12	68	80	13	12	105	97	16	12	125
202	GDAŃSK GŁÓWNY - GDAŃSK WRZESZCZ	51	5	10	66	120	13	10	143	136	16	10	162
202	GDAŃSK WRZESZCZ - GDYŃIA GŁÓWNA	51	5	10	66	80	13	10	103	88	16	10	114



Rys. 12. Natężenie ruchu pociągów w 2013 r.
 Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne na podstawie danych PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.



Rys. 13. Prognozowane natężenie ruchu pociągów w 2020 r.
 Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne



Rys. 14. Prognozowane natężenie ruchu pociągów w 2025 r.
 Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne

5. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej linii kolejowych

Stopień wykorzystania zdolności przepustowej linii kolejowych w obrębie aglomeracji trójmiejskiej do 2025 roku wyznaczono w oparciu o prognozowane natężenia ruchu pociągów. Przedstawiono dobowy stopień wykorzystania przepustowości godzinie szczytowej (godz. szczytowe: 6:00-10:00 i 14:00-18:00), pozaszczytowej (godz. pozaszczytowe: 10:00-14:00 i 18:00-22:00) oraz nocnej (godz. nocne: 22:00-6:00).

Na podstawie założeń dotyczących organizacji ruchu pociągów pasażerskich oraz ich natężenia przyjęto, że w godzinach szczytowych zdolność przepustowa odcinka Gdańsk Główny - Gdynia Główna będzie wykorzystywana tylko i wyłącznie przez ww. rodzaj pociągów. Założono również, że do/z Portu Gdańsk wyprawianych jest maksymalnie po 1 parze pociągów intermodalnych oraz masowych w godzinie szczytowej (tab. 9, tab. 12). W godzinie pozaszczytowej oraz nocnej wyprawianych jest po 1 parze pociągów intermodalnych oraz masowych zarówno do/z Portu Gdańsk, jak i do/z Portu Gdynia (tab. 10, tab. 11, tab. 13, tab. 14).

Tabela 9. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej w godzinie szczytowej w 2020 roku

[par poc./h]										
Linia	ODCINEK	Max. dostępna zdolność przepust.	Pasażerskie		Intermodalne		Masowe		RAZEM	
			Natęż.	Wykorz.	Natęż.	Wykorz.	Natęż.	Wykorz.	Natęż.	Wykorz.
9/260	PSZCZÓLKI - PRUSZCZ GD.	17	8	47%	1	6%	1	6%	10	59%
226	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK PORT PLN.	7	0	0%	1	14%	1	14%	2	29%
9	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK GL.	12	8	67%	0	0%	0	0%	8	67%
202	GDAŃSK GL. - GDAŃSK WRZ.	13	11	85%	0	0%	0	0%	11	85%
202	GDAŃSK WRZ. - GDYNIA GL.	8	8	100%	0	0%	0	0%	8	100%

Tabela 10. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej w godzinie pozaszczytowej w 2020 roku

[par poc./h]										
Linia	ODCINEK	Max. dostępna zdolność przepust.	Pasażerskie		Intermodalne		Masowe		RAZEM	
			Natęż.	Wykorz.	Natęż.	Wykorz.	Natęż.	Wykorz.	Natęż.	Wykorz.
9/260	PSZCZÓLKI - PRUSZCZ GD.	17	3	18%	2	12%	2	12%	7	41%
226	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK PORT PLN.	7	0	0%	1	14%	1	14%	2	29%
9	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK GL.	12	3	25%	1	8%	1	8%	5	42%
202	GDAŃSK GL. - GDAŃSK WRZ.	13	5	38%	1	8%	1	8%	7	54%
202	GDAŃSK WRZ. - GDYNIA GL.	8	3	38%	1	13%	1	13%	5	63%

Tabela 11. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej w godzinie nocnej w 2020 roku

[par poc./h]										
Linia	ODCINEK	Max. dostępna zdolność przepust.	Pasażerskie		Intermodalne		Masowe		RAZEM	
			Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.
9/260	PSZCZÓŁKI - PRUSZCZ GD.	17	0	0%	2	12%	2	12%	4	24%
226	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK PORT PLN.	7	0	0%	1	14%	1	14%	2	29%
9	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK GL.	12	0	0%	1	8%	1	8%	2	17%
202	GDAŃSK GL. - GDAŃSK WRZ.	13	0	0%	1	8%	1	8%	2	15%
202	GDAŃSK WRZ. - GDYNIA GL.	8	0	0%	1	13%	1	13%	2	25%

Tabela 12. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej w godzinie szczytowej w 2025 roku

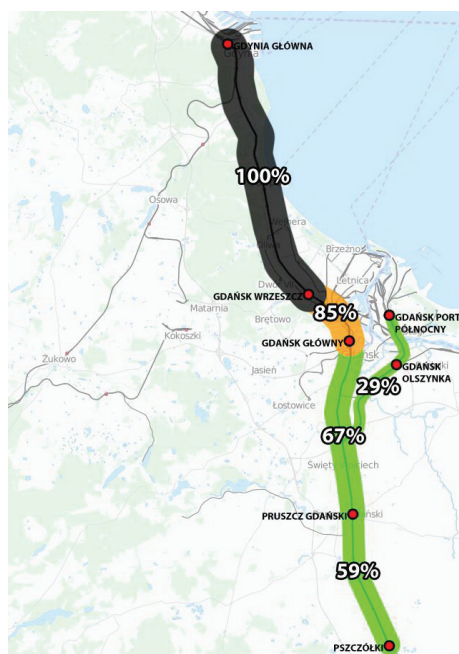
[par poc./h]										
Linia	ODCINEK	Max. dostępna zdolność przepust.	Pasażerskie		Intermodalne		Masowe		RAZEM	
			Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.
9/260	PSZCZÓŁKI - PRUSZCZ GD.	17	9	53%	1	6%	1	6%	11	65%
226	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK PORT PLN.	7	0	0%	1	14%	1	14%	2	29%
9	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK GL.	12	9	75%	0	0%	0	0%	9	75%
202	GDAŃSK GL. - GDAŃSK WRZ.	13	12	92%	0	0%	0	0%	12	92%
202	GDAŃSK WRZ. - GDYNIA GL.	8	9	113%	0	0%	0	0%	9	113%

Tabela 13. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej w godzinie pozaszczytowej w 2025 roku

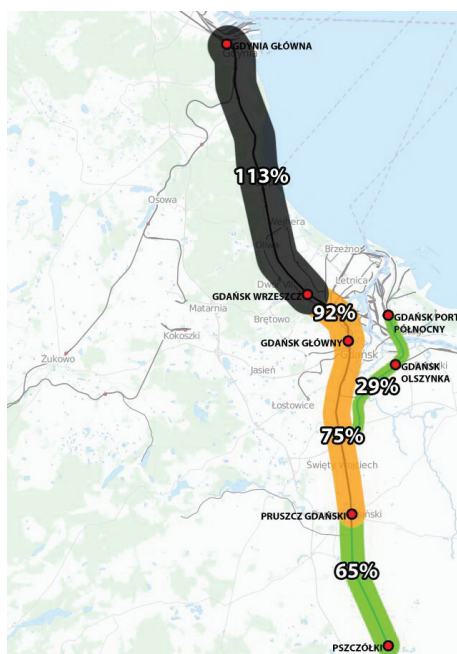
[par poc./h]										
Linia	ODCINEK	Max. dostępna zdolność przepust.	Pasażerskie		Intermodalne		Masowe		RAZEM	
			Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.
9/260	PSZCZÓŁKI - PRUSZCZ GD.	17	4	24%	2	12%	2	12%	8	47%
226	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK PORT PLN.	7	0	0%	1	14%	1	14%	2	29%
9	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK GL.	12	4	33%	1	8%	1	8%	6	50%
202	GDAŃSK GL. - GDAŃSK WRZ.	13	6	46%	1	8%	1	8%	8	62%
202	GDAŃSK WRZ. - GDYNIA GL.	8	3	38%	1	13%	1	13%	5	63%

Tabela 14. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej w godzinie nocnej w 2025 roku

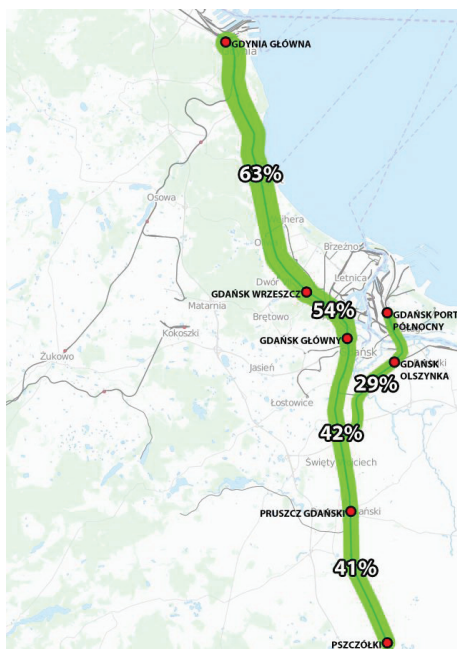
Linia	ODCINEK	Max. dostępna zdolność przepust.	[par poc./h]							
			Pasażerskie		Intermodalne		Masowe		RAZEM	
			Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.	Nateż.	Wykorz.
9/260	PSZCZÓŁKI - PRUSZCZ GD.	17	0	0%	2	12%	2	12%	4	24%
226	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK PORT PŁN.	7	0	0%	1	14%	1	14%	2	29%
9	PRUSZCZ GD. - GDAŃSK GL.	12	0	0%	1	8%	1	8%	2	17%
202	GDAŃSK GL. - GDAŃSK WRZ.	13	0	0%	1	8%	1	8%	2	15%
202	GDAŃSK WRZ. - GDYNIA GL.	8	0	0%	1	13%	1	13%	2	25%



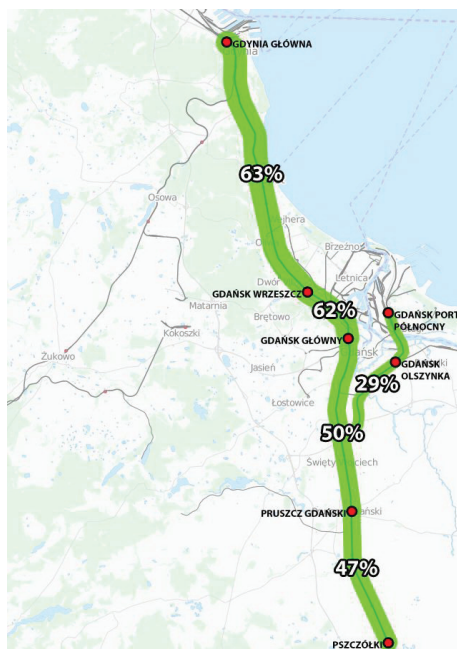
Rys. 15. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej w godzinie szczytowej w 2020 roku
 Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne na podstawie danych PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.



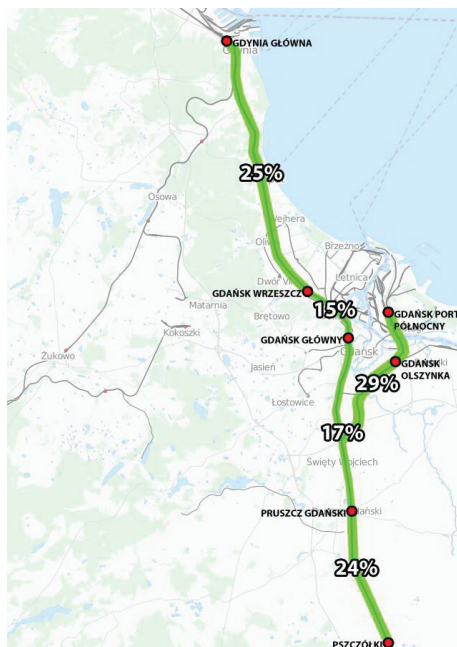
Rys. 16. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej w godzinie szczytowej w 2025 roku
 Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne



Rys. 17. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej w godzinie pozaszczytowej w 2020 roku
 Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne



Rys. 18. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej w godzinie pozaszczytowej w 2025 roku
 Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne



Rys. 19. Stopień wykorzystania zdolności przepustowej w godzinie nocnej w 2025 roku
 Źródło: www.openstreetmap.org + opracowanie własne

6. Podsumowanie

Stopień wykorzystania zdolności przepustowej odcinka linii kolejowej w prosty sposób określa warunki ruchu na danym odcinku oraz może być wykorzystywany do oceny efektywności i niezawodności transportu kolejowego. Odcinki, których zdolność przepustowa jest wykorzystana w ponad 75% są narażone na możliwość czasowego wyczerpania zdolności przepustowej, ponieważ pojawienie się jakichkolwiek zakłóceń pierwotnych (awaria techniczna infrastruktury bądź taboru lub błąd personelu kolejowego) wywołuje natychmiastową propagację zakłóceń wtórnych, polegających na niespełnieniu rozkładu jazdy przez poszczególne pociągi [10].

W obrębie aglomeracji trójmiejskiej takie zjawisko może mieć miejsce szczególnie podczas godzin szczytowych, w których pociągi pasażerskie będą wykorzystywały całą dostępną zdolność przepustową odcinka krytycznego Gdańsk Wrzeszcz - Gdynia Główna (w 2025 roku zapotrzebowanie na pasażerskie przewozy kolejowe w godzinach szczytowych będzie większe niż dostępna maksymalna zdolność przepustowa), a zdolność przepustowa odcinka Gdańsk Główny - Gdańsk Wrzeszcz będzie na wyczerpaniu. Obsługa tak dużego zapotrzebowania przy istniejących ograniczeniach infrastrukturalnych i braku racjonalnego rozwiązania problemu wąskiego gardła na szlaku Gdańsk Wrzeszcz - Sopot, może opierać się jedynie na działaniach organizacyjnych i optymalizacji rozkładu jazdy.

Ewentualne zakłócenia w ruchu pociągów pasażerskich mogą mieć wpływ na warunki i organizację ruchu po godzinach szczytowych, w których przewidziane jest kursowanie pociągów towarowych. Jest to szczególnie istotne dla pociągów wyprawianych do/z Portu Gdynia. Z punktu widzenia kolejowych przewozów towarowych, konieczne jest zapewnienie alternatywy dla ciągu linii kolejowych nr 9 i 202 na odcinku Pruszcz Gdański - Gdynia Główna. Daną alternatywę może stanowić linia kolejowa nr 201 Nowa Wieś Wielka - Gdynia Port, która nie została uwzględniona w niniejszej analizie ze względu na bardzo małe natężenie ruchu pociągów i niewielki wpływ na warunki ruchu na innych liniach kolejowych aglomeracji trójmiejskiej (rok 2013: natężenie ruchu pociągów pasażerskich – 8 par poc./d oraz znikome natężenie ruchu pociągów towarowych; rok 2020-2025: natężenie ruchu pociągów pasażerskich - max. 48 par poc./d). Jednakże po przeprowadzeniu odpowiednich prac modernizacyjnych polegających m.in. na elektryfikacji linii, odbudowie lub dobudowie stacji i mijanek oraz montażu komputerowych urządzeń sterowania ruchem na szlakach, może stać się atrakcyjna w szczególności dla pociągów towarowych obsługujących Port Gdynia.

Bibliografia

- [1] Nowosielski L., Organizacja przewozów kolejowych. KOW, Warszawa 1999.

- [2] Plan Zrównoważonego Rozwoju Transportu Zbiorowego dla Województwa Pomorskiego. Praca Fundacji Rozwoju Inżynierii Lądowej i Politechniki Gdańskiej na zlecenie Urzędu Marszałkowskiego Województwa Pomorskiego, Gdańsk 2014.
- [3] Podoski J., Kacprzak J., Mysłek J., Zasady trakcji elektrycznej. WKŁ, Warszawa 1980.
- [4] Polska Gazeta Transportowa nr 48/2013.
- [5] Poznański J., Żebrak D., Zastosowanie metody obliczeń uproszczonych do wyznaczania czasu jazdy pociągu na szlaku. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej 2012, z. 87.
- [6] Projekt pn. „Projekt poprawy dostępu do Portu Gdańsk (most + dwutorowa linia kolejowa). Prace przygotowawcze Poz. 7.2-4.2 POliŚ 2007-2013. Urządzenia sterowania ruchem kolejowym”.
- [7] Projekty wykonawcze do zadania pn. „Przebudowa linii kolejowej E 65 na odcinku Warszawa - Gdynia Etap I w Polsce - LCS GDAŃSK”.
- [8] Projekty wykonawcze do zadania pn. „Przebudowa linii kolejowej E 65 na odcinku Warszawa - Gdynia Etap I w Polsce - LCS GDYNIA”.
- [9] Regulamin przydzielania tras pociągów i korzystania z przydzielonych tras pociągów przez licencjonowanych przewoźników kolejowych w ramach rjp 2013/2014.
- [10] Wykaz linii kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
- [11] Wykaz maksymalnych nacisków liniowych.
- [12] Wykaz maksymalnych prędkości - pociągi pasażerskie.
- [13] Wykaz maksymalnych prędkości - pociągi towarowe.
- [14] Wykaz posterunków ruchu i punktów ekspedycyjnych.
- [15] Woch J., Narzędzia analizy efektywności i optymalizacji sieci kolejowej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.

