

Koncepcja połączenia kolejowego Morskiego Portu Gdynia S.A. z Kolejową Obwodnicą Trójmiasta

**Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Dembicki, prof. dr hab. inż. Eligiusz Mieloszyk,
dr inż. Sławomir Grulkowski, dr Anita Milewska, dr inż. Kamila Szwackiewicz
Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska**

Port w Gdyni może być połączony z Kolejową Obwodnicą Trójmiasta.

Prace dotyczące budowy portu w Gdyni formalnie rozpoczęły się po przyjęciu przez sejm RP Ustawy z dnia 23 września 1922 roku o budowie portu w Gdyni (Dz. U. z 1922 r. nr 90, poz. 824).

Pewnym impulsem do podjęcia decyzji o budowie portu w Gdyni była sytuacja, do której doszło w 1920 roku, kiedy między innymi zablokowano przeładunek broni do Polski w czasie wojny polsko-bolszewickiej, mimo że zgodnie z Traktatem Wersalskim potrzeby polskiego handlu miało zabezpieczać Wolne Miasto Gdańsk. Znajdowało się ono bowiem w obszarze celnym Polski i w związku z tym korzystanie z portu handlowego w Gdańsku miało być dla Polski uprzywilejowane, czyli połączone z przywilejami i uprawnieniami.

W art. 2 wspomnianej ustawy zapisano: „Budowa portu wykonywana będzie stopniowo według takiego planu, aby przez częściowe jej urzeczywistnienie stworzyć port mniejszych rozmiarów i aby dalszy rozwój portu był możliwy i planowy”. Według tej koncepcji port rozwija się także obecnie i w związku z tym potrzebuje powiązaniego z nim sprawnego, innowacyjnego i wydajnego transportu lądowego. Fakt ten wymusza tworzenie różnych koncepcji kolejowego wyjścia z portu w głąb kraju. Koncepcje te muszą uwzględniać rozwój portu w Gdyni, przewozy materiałów niebezpiecznych, przepustowość linii kolejowych, wykorzystanie długich pociągów itp. W związku z tym, najpierw nakreślono znaczenie tych okoliczności i na ich tle przedstawiono różne rozwiązania i koncepcje rozwoju kolejowej infrastruktury dostępowej do portu w Gdyni oraz zaproponowano dodatkowe, nowe innowacyjne kolejowe wyjście z portu w Gdyni z funkcją Kolejowej Obwodnicy Trójmiasta.

Już od połowy lat 70. XX wieku pojawiło się zapotrzebowanie na stworzenie nowych kolejowych tras dystrybucji ładunków do i z portu gdyńskiego.

Z punktu widzenia aktualnych potrzeb transportowych koncepcja nowego kolejowego innowacyjnego połączenia z Morskim Portem Gdynia S.A. (MPG) powinna uwzględnić wiele aspektów. Są to: rozwój MPG, transport kolejowy z portu i do portu, przepustowość linii kolejowych, w tym istniejących linii kolejowych, bezpieczeństwo przewozów, szczególnie w odniesieniu do przewozów materiałów niebezpiecznych.

Wspomniana koncepcja powiązana jest bezpośrednio z MPG. Skoro tak, to tworzona linia kolejowa powinna być projektowana i w przyszłości realizowana pod kątem prowadzenia po niej głównie ruchu towarowego, pociągów towarowych z materiałami niebezpiecznymi, ponadgabarytowymi oraz długich pociągów.

Jak kształtowały się w poszczególnych latach przeładunki paliw w MPG przedstawiono w tabl. 1.

Tabl. 1. Przeładunki paliw w MPG

| Rok | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Przeładunki paliw [tys. t/rok] | 229 | 402 | 1324 | 1819 | 1759 | 1862 |

Tak utworzonej linii kolejowej można nadać także funkcję linii obwodowej Trójmiasta. W związku z tym w dalszej części to innowacyjne połączenie do portu nazywane będzie Kolejową Obwodnicą Trójmiasta (KOT).

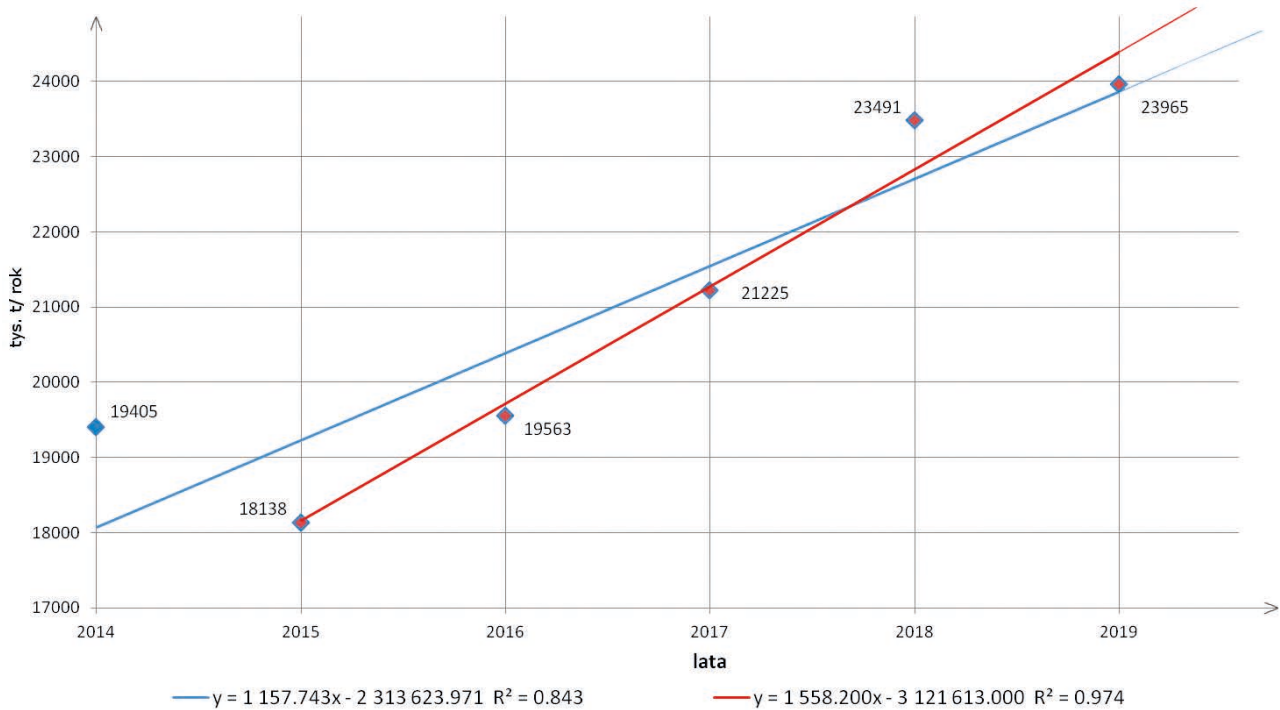
Wszystkie zasygnalizowane aspekty będą szczegółowo przedstawione dalej i wykorzystane przy tworzeniu koncepcji nowej linii kolejowej, z uwzględnieniem warunków gruntowo-wodnych oraz obszarów chronionych.

ROZWÓJ MPG [7]

W ciągu ostatnich lat można zaobserwować wzrost przeładunków w MPG (rys. 1).

Rys. 1 przygotowano na podstawie danych statystycznych podawanych przez MPG, przyjmując, że w ciągu roku zmiany wielkości przeładunków były liniowe. Na rys. 1 zaznaczono też

wyznaczone na podstawie danych z lat 2014-2019, 2015-2019 liniowe trendy dotyczące przeładunków w porcie. Należy odnotować, że wykorzystywana próba jest małoliczna. W każdym przypadku trend ten jest rosnący, z dużą dynamiką wzrostu. Należy zwrócić uwagę, że trend ten musi z czasem zmienić swój charakter na taki z pewną asymptotą poziomą. Ten liniowy charakter trendu musi być w pewnej chwili ucięty.



Rys. 1. Przeładunki w MPG w latach 2014-2019



Rys. 2. Koncepcja przebudowy obrotnicy nr 2 w MPG [7]



Rys. 3. Projektowany terminal kontenerowy na terenie Portu Zewnętrznego w MPG [7]

Przebudowa i rozbudowa obrotnicy nr 2 (rys. 2) łącznie z przebudową pirsu nr III wraz z robotami czerpalnymi umożliwi zawijanie do portu większych statków, bowiem jej średnicę zwiększono o 80 m, czyli do 480 m. Szerokość wejścia wewnętrznego do portu zwiększono o 40 m, czyli do 140 m, a głębokość toru z 13,5 m została zwiększona do 16 m. Dodatkowo, pogłębienie akwenów portowych oraz przebudowa nabrzeży to wszystko są kluczowe elementy decydujące o rozwoju portu w Gdyni.

Powstanie też terminal kontenerowy (rys. 3) w ramach tak zwanego Portu Zewnętrznego. Jest to głębokowodny port, który powstanie na sztucznym lądzie wychodzącym poza obecny falochron ochronny. Powstanie on na bazie istniejącego Nabrzeża Śląskiego.

Ten krótko opisany rozwój MPG generuje i będzie dalej generował wzrost przeladunków w porcie (zob. trendy na rys. 1). W konsekwencji zwiększy się obciążenie stacji kolejowej Gdynia Port. Szczególnie dotyczy to głowic rozjazdowych znajdujących się na granicach rejonów zarządzania ruchem kolejowym, gdzie znajdują się najbardziej obciążone elementy układu rozjazdowego. Usytuowanie nabrzeży MPG w relacji do głównych grup torowych stacji portowej i konieczność zmiany kierunku jazdy powoduje bardzo dużą liczbę tak zwanych jazd sprzecznych, czyli jazd różnokierunkowych (kolizyjnych) w połączeniu rozjazdowym. Obecnie ze stacji Gdynia Port (w dobie szczytowej) wyjeżdżają około 24 pociągi. Ze względu na rozbudowę portu z roku na rok liczba ta będzie rosła. Prognozuje się, że

w 2025 roku będzie ich o połowę więcej, a w perspektywie roku 2045 może ich być nawet ponad sto i do tego będą to pociągi cięższe. Oczywiście wpływ na zrealizowanie tych prognoz ma globalna sytuacja gospodarcza, a także rozwój gospodarczy Polski i krajów sąsiednich. Prognozy te w kontekście realizowanego przekopu Mierzei Wiślanej, rozbudowy portu w Elblągu i w Gdańsku mogą być przeszacowane. Jednak istotny wzrost liczby pociągów towarowych przyjeżdżających do portu i wyprawianych z niego jest realny. Z tego wynika, że do sytuacji związanej z rozwojem MPG należy dostosować sieć linii kolejowych wychodzących z portu.

DŁUGIE POCIĄGI [2]

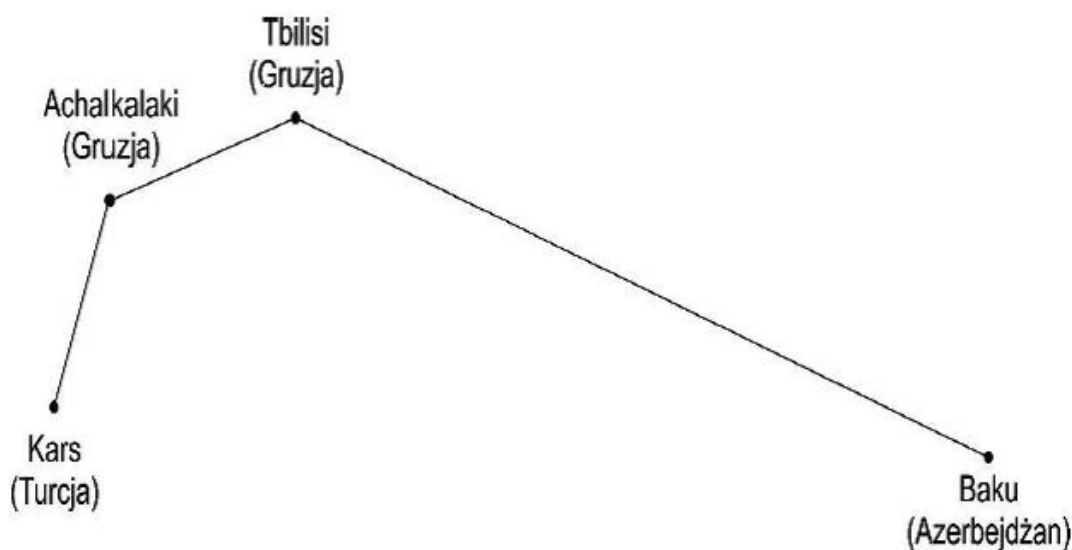
Tak zwane długie pociągi mogą przewieźć co najmniej dwukrotnie większy ładunek niż pociągi aktualnie jeżdżące, nie wspominając już o przebiegach pustych wagonów. Nawet przy dużych pochyleniach trasy można wykorzystywać długie pociągi. Pełne krótkie, puste długie pociągi. Dodatkowo do ich prowadzenia wystarczy tylko jeden maszynista, co w przypadku braków kadrowych w tym zakresie nie jest bez znaczenia. Takie rozwiązania funkcjonują już na świecie. Pociągi o długościach dochodzących do 3 km, czy nawet większych nie są niczym niespotykanym w takich krajach jak: USA, Kanada, Rosja, Brazylia, Australia. Jednak w tych krajach panują inne uwarunkowania pozwalające na prowadzenie takich długich

składów. W USA i Kanadzie jest to dużo łatwiejsze, ponieważ przewoźnicy są jednocześnie właścicielami infrastruktury, po której prowadzone są pociągi. Jest to też wyraźny przykład na to, że takie rozwiązania są dobre i ułatwiają wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań. Łatwiej jest podejmować celowe i uzasadnione decyzje dotyczące inwestowania w infrastrukturę, które później przyniosą znaczne oszczędności. W takim przypadku dokładna analiza ich opłacalności jest prostsza do wykonania. Największy przewoźnik Canadian National przygotował swoją infrastrukturę kolejową, by poruszające się po niej składki można było wydłużyć z 1,8 km nawet do 3,6 km. Przyniosło to znaczne oszczędności. Nie zawsze metoda tworzenia długich pociągów czy zestawiania kilku pociągów w jeden wymaga inwestowania w nową infrastrukturę kolejową, a może zmniejszyć koszty przewozów towarowych nawet o 30%. Długie pociągi lub złączone pociągi potrzebują tylko o 20% więcej zajętości

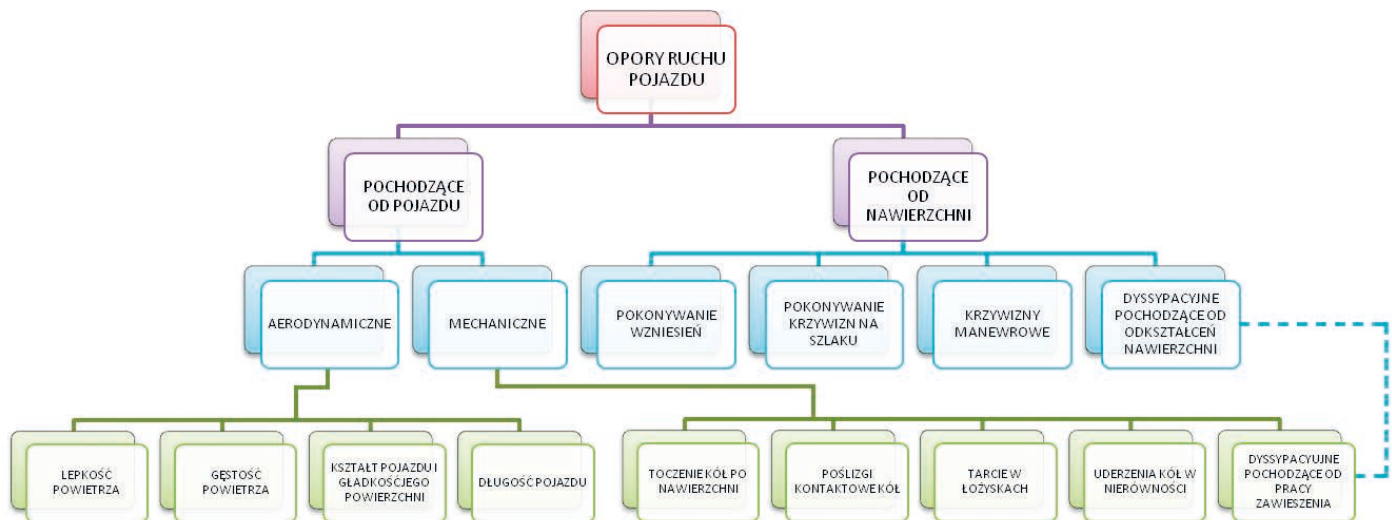
sieci kolejowej od pojedynczego pociągu, a mogą przewieźć dwukrotnie większy ładunek. Co więcej, do ich prowadzenia wystarczy tylko jeden maszynista, co w przypadku ich braku ma znaczenie.

Jest oczywiste, że najlepsze efekty uzyskuje się w przypadku budowania nowych linii przygotowanych do prowadzenia długich pociągów. Przykładem jest otwarta pod koniec 2017 roku linia kolejowa Kars – Tbilisi – Baku (rys. 4) o długości 826 km. Jej budowa trwała około 10 lat. Zaprojektowano jej przepustowość na około 17 mln ton towarów i około 3 mln pasażerów rocznie. Elementem trasy jest też 4,5 kilometrowy tunel.

Co dzieje się w Europie? Projekt Marathon (*Make rail the hope for protecting nature*) to finansowany ze środków Unii Europejskiej projekt związany z opracowaniem technologii umożliwiających przewoźnikom stosowanie dłuższych pociągów przy zapewnieniu bezpieczeństwa i zgodności z przepisami



Rys. 4. Linia kolejowa Kars – Tbilisi – Baku [2]



Rys. 5. Podział oporów ruchu pojazdu

mi. Pierwszy tego rodzaju skład utworzono kilka lat temu we Francji, w istocie łącząc trzy pociągi, wiozące towary z Niemiec do Hiszpanii. Efektywność mierzącego około 1,5 km zestawu o masie ponad 4 tysiące ton okazała się wysoka. Koszty tonokilometra zredukowano aż o 40%, a całego transportu o prawie jedną trzecią, przy jednoczesnym ograniczeniu zużycia energii o około 5%. Jest to kolejny przykład na opłacalność rozwiązania wykorzystującego w transporcie długie pociągi.

Długie pociągi mogą być prowadzone z wykorzystaniem lokomotyw elektrycznych albo spalinowych, a łączenie kilku pociągów w jeden pozwala też na odciążenie punktów krytycznych stacji i zwiększa jej przepustowość. Potencjał długich pociągów zależy też od rodzaju ładunku. Pociągi z ciężkimi ładunkami (węgiel, ruda, stal), tak zwane ciężkie pociągi, są ograniczane przez masę, która bezpośrednio wpływa na ich długość. Na przykład pociąg przewożący węgiel z Rotterdamu do Zagłębia Ruhry (z podwójną trakcją) ma masę na przykład około 4800 ton, ale ma tylko 550 metrów długości. Ze względu na niewielką masę pociągi towarowe z pustymi wagonami mają największy potencjał do tworzenia z nich długich pociągów. W takim przypadku mogą one poruszać się nawet po trasach o większych pochyleniach. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku ciężkich pociągów i jeszcze dodatkowo długich. Z badań wynika, że zwiększając długość pociągu z obecnych 600 m, czy 650 m do 740 m (w wielu krajach przepisy wewnętrzne dopuszczają pociągi o długości do 740 m, a we Włoszech przepisy krajowe ograniczają masę pociągu do 1600 ton), zwiększa się korzyści dla przedsiębiorstw kolejowych. Wynoszą one od 10% do 25% na pociąg.

Na formowanie długich pociągów ma wpływ nie tylko geometria toru, ale też prowadzenie długich pociągów.

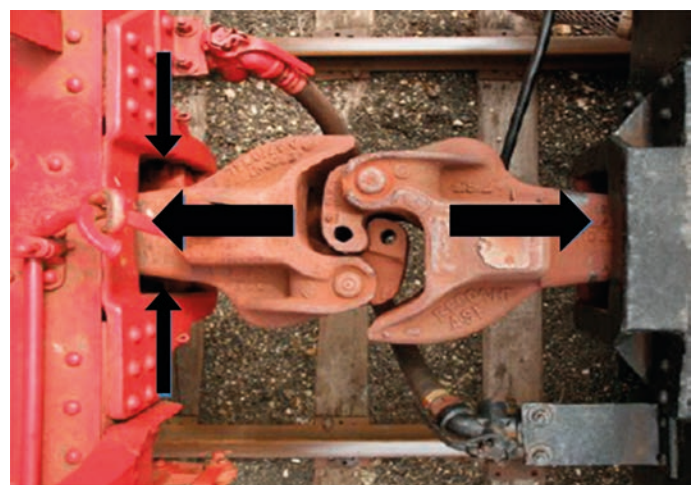
Ogólnie opory ruchu pochodzą od pojazdu i od nawierzchni, a dalej szczegółowo od wielu czynników (rys. 5). Wśród nich są te, które mają szczególne znaczenie w przypadku długich pociągów. Są to: kształt pojazdu, długość pojazdu (pociągu), pokonywanie wzniesień, pokonywanie krzywizn na szlaku, hamowanie itp. Z tego widać, że przy wprowadzaniu długich pociągów pojawiają się możliwości, ale i ograniczenia różnej natury oraz problemy konieczne do rozwiązania. Na przykład usytuowanie lokomotyw w składzie długiego pociągu. Dwie lokomotywy na

początku składu, jedna na początku składu, a druga w środku albo jedna na początku, a druga na końcu itp. Może też być wykorzystanych więcej lokomotyw niż dwie.

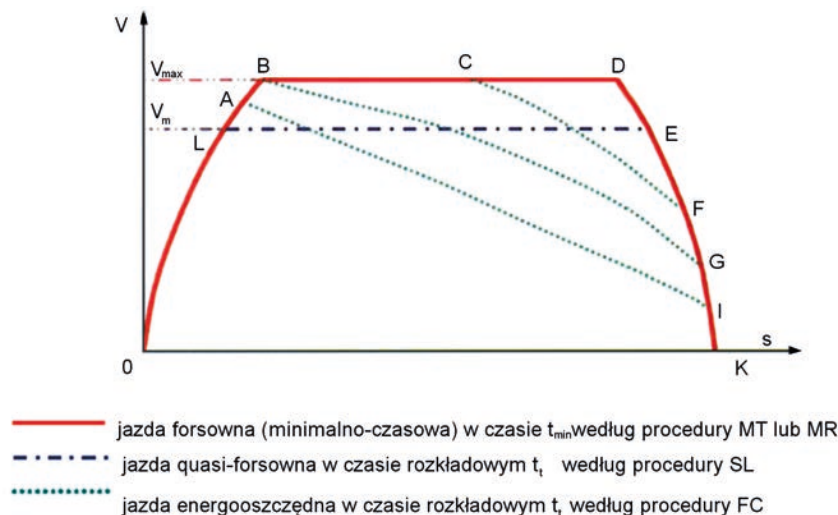
Znaczenie też mają oddziaływania dynamiczne tego rodzaju pociągów na nawierzchnie kolejową i jej elementy. W każdej sytuacji pod wpływem obciążeń dynamicznych dochodzi do przemieszczeń rusztu torowego, w tym podkładów (w czasie) i częściej można obserwować takie sytuacje w torze bardzo obciążonym lub takim, po którym poruszają się długie pociągi [2].

Wpływ długich pociągów na te przemieszczenia jest istotny szczególnie na odcinkach w lukach, w tym na lukach usytuowanych w „niekorzystnej” odległości między nimi. Aby zapobiec dalszemu przemieszczaniu się podkładów i w trosce o bezpieczeństwo jazdy przez takie układy należy prowadzić długie pociągi z odpowiednią prędkością i stosować odpowiedni reżim hamowania.

Dla krzywych o dużej krzywiznie, w przypadku długich pociągów o długości l , wagony często zajmują odcinek dłuższy niż długość układu z krzywymi i większe siły wywierane są na szynę wewnętrzną, a w skrajnym przypadku może to doprowadzić do wykołowania się pociągu.



Rys. 6. Połączenie zderzakowo-sprzęgowe [2]



Rys. 7. Przykładowy przebieg prędkości v w funkcji drogi s podczas realizacji przejazdu pomiędzy dwoma stacjami

Redukując siły w połączeniach zderzakowo-sprzęgowych na łuku (rys. 6), zmniejsza się zużycie szyn oraz obręczy kół i tym samym zmniejsza się prawdopodobieństwo wykołnienia pociągu na łuku. Dodatkowo specyficzne tarcie kół długich pociągów na łukach powoduje zwiększenie zużycia energii.

W wyniku „luźnego” połączenia między elementami składu, przede wszystkim w połączeniach zderzakowo-sprzęgowych (rys. 6), powstają siły, które generują drgania wpływające negatywnie na stan toru i taboru.

Siły poziome spowodowane nadmiernymi siłami pociągowymi w łuku w przypadku długich pociągów powodują wypychanie rusztu torowego do środka krzywizny łuku. Z jeszcze bardziej niekorzystną sytuacją mamy do czynienia na łukach usytuowanych na wzniesieniach. Występuje dodatkowy negatywny wpływ siły pociągowej. Z podobną sytuacją mamy do czynienia w przypadku hamowania długiego pociągu. Gdy hamowanie odbywa się na łuku, wtedy zachowanie się długiego pociągu powoduje wypychanie toru na zewnątrz łuku. Z tego wynika, że w przypadku długich pociągów istotne znaczenie ma sposób ich prowadzenia oraz prawidłowe podbicie podkładów i stan podsypki. Ogólnie jazda pociągu składa się z czterech elementarnych faz jazdy. Fazy te zobrazowano na wykresie zmian prędkości w funkcji drogi (rys. 7), podczas realizacji przykładowego przejazdu pomiędzy dwoma stacjami [2].

Do modelowania ruchu długich pociągów można wykorzystać uogólnione układy dynamiczne opisywane z wykorzystaniem nieklasycznego rachunku operatorów [2, 4].

NEGATYWNE SKUTKI KATASTROF KOLEJOWYCH Z UDZIAŁEM MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH ORAZ ROZCHODZENIE SIĘ ICH SKUTKÓW W GRUNCIE [5, 8, 9]

Duża część przewozów materiałów niebezpiecznych prowadzona jest koleją. W związku z tym bezpieczeństwo tych przewozów nabiera coraz większego znaczenia. Według raportów Urzędu Transportu Kolejowego co roku w Polsce ma miejsce kilkadziesiąt zdarzeń z udziałem przewożonych koleją ładunków niebezpiecznych.

Każda katastrofa z udziałem materiałów niebezpiecznych ma negatywny wpływ na uczestników tego zdarzenia oraz na otaczające środowisko, bowiem jej zasięg na ogół nie jest lokalny. Z tego wynika, że w przypadku zaistnienia katastrofy należy minimalizować jej skutki oraz w dalszych działaniach uwzględnić remediację. Ten cały proces minimalizacji jest możliwy tylko wtedy, gdy poznamy mechanizm rozprzestrzeniania się skutków katastrofy z udziałem materiałów niebezpiecznych w torowisku, podtorzu i podłożu gruntowym. Należy pamiętać, że w skrajnym przypadku katastrofa z udziałem materiałów niebezpiecznych może nawet prowadzić do powstania katastrofy ekologicznej.

Dodatkowo, negatywnym skutkiem każdej katastrofy kolejowej jest zaburzenie przepustowości linii kolejowej, a nawet czasowe jej zamknięcie. W przypadku katastrofy z udziałem materiałów niebezpiecznych ten czas zaburzenia lub zamknięcia zdecydowanie wydłuża się. Przykładowo, 8 listopada 2010 roku około godziny 5:30 na stacji Białystok w rejonie zakładu PKP Energetyka doszło do takiej katastrofy. Negatywne skutki tej katastrofy to: eksplozje, pożar, trzy osoby ranne, uszkodzenia infrastruktury kolejowej stacji Białystok, zniszczenia 17 wagonów z olejem napędowym i benzyną, zniszczenia 2 lokomotyw. Dopiero po kilku dniach przywrócono poprzednią przepustowość. W wyniku tej katastrofy nastąpiło skażenie gruntu, a jego negatywne skutki odczuwane są do dnia dzisiejszego [8].

Katastrofy kolejowe i ich wpływ na podłoże gruntowe i podtorze

Tego rodzaju przewozy muszą spełniać bardzo surowe wymagania w zakresie bezpieczeństwa. Jednak często dochodzi z różnych względów do zagrożeń związanych z przewozem ładunków niebezpiecznych. Nie chodzi tu tylko o przewóz niebezpiecznych substancji chemicznych, ale także materiałów wybuchowych, gazów technicznych, materiałów wytwarzających w zetknięciu z wodą gazy zapalne itp. Te niebezpieczne substancje stwarzają zagrożenie dla życia ludzi, zwierząt i środowiska. Transport dużych ilości tych materiałów jest problemem, na przykład transportuje się duże ilości kwasu siarkowego H_2SO_4 , a także legalnie lub nielegalnie, szczególnie z zagranicy,



Rys. 8. Przykłady katastrof kolejowych z udziałem materiałów niebezpiecznych

różnego rodzaju niewiadomego pochodzenia śmieci. W wyniku niekontrolowanego uwolnienia znacznych ilości substancji niebezpiecznych o właściwościach utleniających, palnych, toksycznych itp. do otoczenia (wyciek podczas zderzenia – kolizji, wykolejenia, rozszczelnienia się cysterny podczas transportu itp.) może wystąpić ryzyko katastrofy ekologicznej.

Ze wspomnianymi tu sytuacjami najczęściej mamy do czynienia w przypadku wykolejenia lub kolizji (rys. 8).

Wszystkie te zdarzenia mają negatywny wpływ na podtorze kolejowe (rys. 9).

Katastrofie kolejowej z udziałem materiałów niebezpiecznych na ogół towarzyszą:

- wyciek materiałów ropopochodnych z cystern – bez pożaru (negatywny wpływ związków ropopochodnych na podtorze),
- wyciek materiałów ropopochodnych z cystern połączony z pożarem (dodatkowo negatywny wpływ temperatury na podtorze),
- wyciek innych materiałów niebezpiecznych (na przykład chlor, kwas siarkowy H_2SO_4 – negatywny wpływ związków chemicznych na podtorze),
- rozprzestrzenianie się niebezpiecznych związków lotnych, itp.[5].

Wszystkie te materiały mają negatywny wpływ na podtorze i jego elementy, na przykład pod ich wpływem zmieniają się podstawowe właściwości geosyntetyków stosowanych w konstrukcjach podtorza (np. nasypy, wykopy) w zakresie ich przepuszczalności, wytrzymałości i odkształcenia. Powszechne wykorzystanie geosyntetyków do zbrojenia gruntu w podtorzu i związanych z nim konstrukcjach oporowych, czy wzmacnianie za pomocą geosyntetyków lokalnych kawern powoduje ich mobilizację na rozciąganie. W tych nowych warunkach zmienia się charakter współpracy grunt – geosyntetyk. Zmieniają się charakterystyki materiałowe wywołane wysokimi temperaturami i czynnikami chemicznymi, a dalej zmieniają się charakterystyki i parametry opisujące zachowanie się strefy kontaktowej. Są one inne niż przyjęte w projektowaniu lub badaniach teoretycznych zależności współpracy (grunt – geosyntetyk lub grunt – geosyntetyk – grunt itp.). Fakt ten należy uwzględnić przy remediacji [3].



Rys. 9. Negatywny wpływ katastrofy kolejowej na podtorze
Katastrofa w Szczygłowicach 23.05.2002 [11]

Współpracę między geosyntetykiem a elementami podtorza kolejowego można opisać z wykorzystaniem operatora d'Alemberta oznaczanego symbolem \square . Prowadzi to do równania różniczkowego cząstkowego $\square u = f(x, y, z, t)$. W równaniu tym $f(x, y, z, t)$ charakteryzuje ciągle obciążenie zastępcze, x, y, z są współrzędnymi punktu $P \in \Omega$ w chwili t , a u jest funkcją odpowiedniej klasy w zbiorze $\Omega \times \langle 0, \infty \rangle$ i oznacza ugięcie (przemieszczenie, zmianę położenia punktów P geosyntetyku i jego otoczenia).

Korzystając z metod nieklasycznego rachunku operatorów możemy zapisać

$$\begin{aligned}
 u(x, y, z, t) = u(P, t) = & \\
 = & \left\{ \frac{1}{4\pi} \iint_{\sigma} \left[\frac{1}{d(P, P_0)} A \left(\frac{\partial u}{\partial n} \right) - Au \frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{1}{d(P, P_0)} \right) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{1}{ad(P, P_0)} A \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right) \frac{\partial d(P, P_0)}{\partial n} \right] d\sigma \right\} + \\
 & \left\{ - \frac{1}{4\pi} \iiint_{\Omega} \frac{Af(P_0, t)}{d(P, P_0)} d\Omega \right\}
 \end{aligned}$$

Wzór ten przy oznaczeniach jak w [5] opisuje współpracę w warunkach typowych (bez uwzględnienia wpływu materiałów niebezpiecznych). Ich wpływ w tym wzorze można uwzględnić poprzez identyfikację modelu ze względu na istniejący we wzorze parametr a z wykorzystaniem wielowymiarowych modeli badań laboratoryjnych współpracy grunt – geosyntetyk.

Wyciek materiałów niebezpiecznych ma też wpływ na zmianę stabilizacji mieszanin, na przykład popiołowo-żużlowych, stosowanych między innymi do budowy nasypów. Wykorzystywane tu mogą być spoiwa hydrauliczne, takie jak wapno, cement, Terramix, Solitex itp.

W przypadku katastrofy z udziałem cystern z substancjami niebezpiecznymi i w przypadku ich rozszczelnienia skażenie (zanieczyszczenie) rozprzestrzenia się w powietrzu i gruncie podtorza. W przypadku gruntów wiadomo, że zmiana czynników środowiskowych (termicznych, chemicznych, biologicznych) wpływa na mechaniczne i wytrzymałościowe zachowanie się podtorza.

Przepływ rowami odpływowymi płynnych materiałów niebezpiecznych powoduje, że też tą drogą przenikają w głąb gruntu, przedostając się do wód gruntowych oraz dodatkowo w pewnych niekorzystnych warunkach mogą dotrzeć do rzek lub zbiorników wodnych. W każdym z tych przypadków są one źródłem niebezpiecznych zanieczyszczeń.

Skażenie wód gruntowych ze strefy nienasyconej (wód glebowych, wód błonkowych, wód kapilarnych) i wody gruntowej zasadniczej ze strefy nasyconej oraz wód z przepływem otwartym (ze swobodną powierzchnią) jest niebezpieczne z punktu widzenia zagrożeń dla środowiska naturalnego. Wszystkie te zjawiska są procesami dynamicznymi [4], które szczególnie w początkowej fazie są niesterowalne i należy dążyć do tego, aby w jak najkrótszym czasie możliwe było przejście do sterowania tymi procesami, ponieważ wówczas można ograniczyć skutki katastrofy, szczególnie w odniesieniu do podtorza. Jego remediacja będzie wtedy ułatwiona i mniej kosztowna.

O modelowaniu skutków katastrofy i emisji skutków katastrofy w gruncie

Ogólnie można przyjąć, że skutki katastrofy kolejowej rozprzestrzeniają się według zasady, którą dobrze opisują rozwiązania równania różniczkowego cząstkowego

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial u}{\partial x} \right) = \frac{\partial u}{\partial t} \quad (1)$$

ze stałą D charakteryzującą analizowany proces przy danym warunku

$$u(x, 0) = \varphi(x)$$

Każde rozwiązanie tego problemu różniczkowego jest niezerowe natychmiast po rozpoczęciu procesu i świadczy o szybkim rozprzestrzenianiu się skutków katastrofy [8].

Rozwiązaniem problemu jest też funkcja opisująca rozwój zjawiska w zależności od x (położenia) i t (czasu) dla bardzo nieładkiego warunku początkowego, czyli dla $\varphi(x)$ określonego dystrybucją Diraca. Odzwierciedla to przypadek bardzo „gwałtownego” pojawienia się zjawiska negatywnego towarzy-

szącego katastrofom z udziałem materiałów niebezpiecznych w chwili $t = 0$.

Funkcja ta pokazuje też, że zjawisko towarzyszące katastrofie z czasem zanika, aż w ostateczności zniknie.

Zanieczyszczenia powstałe przy katastrofie mogą rozpuszczać się w wodzie lub poruszać się z nią w postaci zawiesiny. W przypadku katastrofy z udziałem materiałów niebezpiecznych istotne jest modelowanie rozchodzenia się zanieczyszczeń wód podziemnych. Związki ropopochodne przedostają się do gruntu nie tylko w przypadku kolizji czy wykołowania, ale także w wyniku przypadkowych wylewów w czasie transportu, napełniania, przelewania itp. Zawierają one takie związki toksyczne jak benzen, toluen czy ksyleny. W niesprzyjających warunkach mogą one migrować na znaczne odległości, a oczyszczanie wód podziemnych wiąże się z dużymi kosztami. Ocena wpływu tych i innych zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych, a szczególnie zaprojektowanie środków minimalizujących negatywne skutki powstałego skażenia wymaga tworzenia modeli, które pozwolą na jakościowe i ilościowe przewidywanie migrowania zanieczyszczeń w gruncie podtorza, w tym zbrojonego geosyntetykami. Migracje te zależą od właściwości hydrogeologicznych gruntu. Zanieczyszczenia, które dostają się do gruntu, płyną w dół pod wpływem sił grawitacji i dzięki przepuszczalności ośrodka trafiają do zalegającej pod ziemią wody. Ten przepływ przez ośrodek porowaty opisuje prawo Darcy’ego

$$q = -K \Delta \varnothing / L$$

gdzie q jest przepływem wody przez wycinek ośrodka o jednostkowej powierzchni przekroju poprzecznego i miąższości L w jednostce czasu przy spadku hydraulicznym $\Delta \varnothing$. K jest współczynnikiem przewodności hydraulicznej, a znak minus oznacza, że kierunek przepływu jest przeciwny do kierunku wzrostu potencjału.

Jeżeli \vec{q} jest wektorowym przepływem jednostkowym, to dla izotropowego ośrodka, czyli dla ośrodka, w którym przepuszczalność nie zależy od kierunku, prawo Darcy’ego ma postać

$$\vec{q}(\vec{x}, t) = -K(\vec{x}) \text{grad} \varnothing(\vec{x}, t)$$

Dla ośrodka anizotropowego, w którym przepuszczalność zależy od kierunku, przewodność hydrauliczna jest tensorem reprezentowanym przez macierz symetryczną postaci

$$K = \begin{bmatrix} K_{xx} & K_{xy} & K_{xz} \\ K_{yx} & K_{yy} & K_{yz} \\ K_{zx} & K_{zy} & K_{zz} \end{bmatrix}$$

którą, po wprowadzeniu odpowiedniego układu współrzędnych, można sprowadzić do postaci diagonalnej

$$K = \begin{bmatrix} K_x & 0 & 0 \\ 0 & K_y & 0 \\ 0 & 0 & K_z \end{bmatrix}$$

Równanie zachowania masy przy stałej gęstości wody ma postać

$$-\text{div} \vec{q} = \frac{1}{V_0} \frac{\partial V_w}{\partial t}$$

Skoro

$$-\frac{1}{V_0} \frac{\partial V_w}{\partial t} = \frac{1}{V_0} \frac{\partial V_w}{\partial \phi} \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

zatem wykorzystując odsączalność sprężystą S_0 , która jest określona wzorem

$$S_0 = \frac{1}{V_0} \frac{\partial V_w}{\partial \phi}$$

gdzie V_0 i V_w oznaczają odpowiednio objętość ośrodka i objętość wody, można zapisać, korzystając z równania Darcy'ego

$$\operatorname{div}(K(\bar{x}) \operatorname{grad} \phi) = S_0 \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad (2)$$

W ostatnim równaniu występuje wielkość ϕ , której wyznaczenie pozwala określić przepływ jednostkowy i jest to podstawowe równanie opisujące ruch wody, która jest medium odpowiedzialnym za rozprzestrzenianie się skażeń lub zanieczyszczeń w podtorzu.

Jeżeli przyjmiemy układ współrzędnych tak, że tensor K będzie tensorem diagonalnym, wtedy ostatnie równanie uprości się i przyjmie postać

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) = S_0 \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

W przypadku ośrodka jednorodnego, izotropowego ostatnie równanie różniczkowe przyjmie postać

$$K \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} \right) = S_0 \frac{\partial \phi}{\partial t}, \quad K = K_x = K_y = K_z$$

Jeżeli przepływ jest stacjonarny, wtedy dla ϕ otrzymamy równanie Laplace'a w postaci

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0$$

Równanie to można rozwiązywać z wykorzystaniem nieklasycznego rachunku operatorów z wieloma pochodnymi lub poprzez aproksymację laplasjanu z wykorzystaniem przepływu w rurce o średnicy δ .

Jeżeli zanieczyszczenie zmienia gęstość wody, to znaczny $\rho = \rho(c)$, gdzie c oznacza stężenie zanieczyszczenia, wtedy równanie zachowania masy przyjmie postać

$$-\operatorname{div} \rho \bar{q} = \frac{1}{V_0} \frac{\partial (\rho V_w)}{\partial t}$$

Obliczmy $\frac{\partial (\rho V_w)}{\partial t}$ oraz skorzystajmy ze wzoru $\operatorname{div} \rho \bar{q} = \bar{q} \operatorname{grad} \rho + \rho \operatorname{div} \bar{q}$ z teorii pola.

Otrzymamy

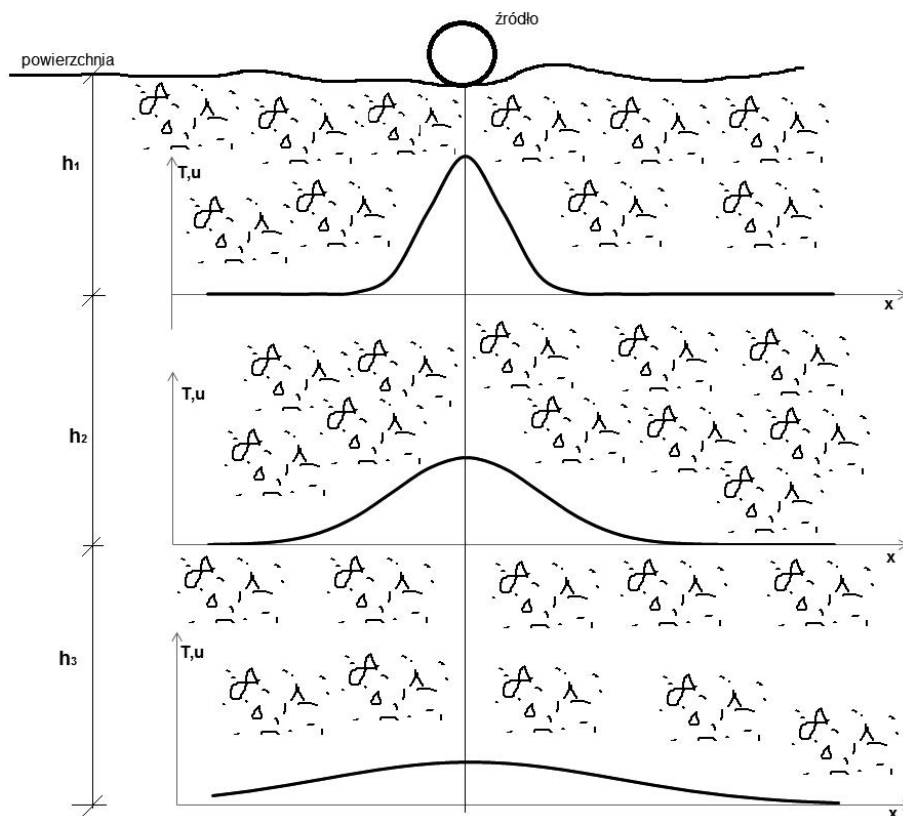
$$\frac{\partial (\rho V_w)}{\partial t} = V_w \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial V_w}{\partial t}$$

zatem

$$\frac{1}{V_0} \frac{\partial (\rho V_w)}{\partial t} = \frac{V_w}{V_0} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\rho}{V_0} \frac{\partial V_w}{\partial t} = -\bar{q} \operatorname{grad} \rho - \rho \operatorname{div} \bar{q}$$

czyli

$$-\bar{q} \operatorname{grad} \rho - \rho \operatorname{div} \bar{q} = \frac{V_w}{V_0} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho S_0 \frac{\partial \phi}{\partial t}$$



Rys. 10. Zmiana temperatury i innych skutków katastrofy w podtorzu wraz ze zmianą głębokości [5]

Przyjmując, że $P = \frac{V_w}{V_0}$ jest porowatością ośrodka, ostatnią zależność można zapisać w postaci

$$-\bar{q} \operatorname{grad} \rho - \rho \operatorname{div} \bar{q} = P \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho S_0 \frac{\partial \varnothing}{\partial t}$$

Przy małych zmianach gęstości można przyjąć, że pierwsze składniki po obu stronach ostatniej równości są dostatecznie małe i mogą zostać pominięte [9]. Po uwzględnieniu tego faktu w tym przypadku też otrzymamy równanie postaci (2). To znaczy, że w kolejnym modelu otrzymujemy takie samo równanie opisujące dany problem. Z tego wynika, że rozprzestrzenianie się związków niebezpiecznych w gruncie spowodowane katastrofą kolejową na ogół może być opisywane równaniem (2) i wykorzystane w praktyce do ograniczenia jej negatywnych skutków, w tym w odniesieniu do podtorza. Jak wspomniano, katastrofie kolejowej z udziałem materiałów niebezpiecznych może towarzyszyć pożar. Jest on dodatkowo niebezpieczny, jeżeli w pobliżu przebiega na przykład gazociąg. Wtedy taki niekontrolowany wzrost temperatury podtorza może dodatkowo doprowadzić do wybuchu gazu i spowodować kolejne straty. Zmiana temperatury ma też negatywny wpływ na stosowane do budowy podtorza mieszanki, a także zastosowane zbrojenia geosyntetykami. W takim przypadku istotne znaczenie ma opis pionowych zmian temperatury w gruncie. Można je wyznaczyć z równania

$$\frac{\partial(cT)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial T}{\partial z} \right)$$

w którym T oznacza temperaturę, c jest pojemnością cieplną jednostki objętości gruntu, a K jest przewodnością cieplną gruntu. Korzystając z tego równania można wyznaczyć rozkład temperatury w zależności od czasu i głębokości (rys. 10), a dołączając do niego składnik $f(z,t)$ charakteryzujący źródło temperatury, można dodatkowo uwzględnić wpływ źródła emisji ciepła. Ostatnie równanie różniczkowe jest analogiczne do równania (1) mimo, że opisuje inne zjawisko przebiegające w podtorzu, jednak z matematycznego punktu widzenia ma te same właściwości co równanie (1). Wygaszanie się zmian wywołanych katastrofą, a dokładniej jej skutków, zgodnie z ostatnim równaniem odbywa się w czasie, a także wraz ze wzrostem głębokości (rys. 10). Dotyczy to też rozchodzenia się drgań, na przykład od wybuchu.

Z tego wynika, że negatywne skutki katastrofy z punktu widzenia ich przebiegu zachowują się jak przedstawione wyniki na przykład na rys. 10, o ile tylko zlikwidujemy źródło lub ograniczymy (zmniejszymy) jego działanie. W związku z tym, aby ograniczyć negatywne skutki katastrofy kolejowej należy w krótkim czasie wyeliminować ich źródło (wyciek, wybuch, pożar) lub przynajmniej zmniejszyć jego zasięg. Przez takie działanie można też ograniczyć jej negatywny wpływ między innymi na podtorze kolejowe.

KONCEPCJA ROZWOJU KOLEJOWEJ INFRASTRUKTURY DOSTĘPWEJ DO PORTU W GDYNI

Do celów transportowych MPG oprócz linii kolejowej E65 (Gdynia – Warszawa – Zawiercie – Katowice – Zebrzydowice – Zwardoń), która przebiega przez trójmiejski węzeł kolejowy wykorzystywana jest też linia CE65 (Gdynia – Tczew – Cho-



Rys. 11. Przebieg linii kolejowej nr 201 [źródło: mapa.plk-sa.pl]

rzów Batory – Tychy – Bielsko-Biała – Zwardoń) oraz częściowo zelektryfikowana linia kolejowa nr 201 Nowa Wieś Wielka – Kościerzyna – Gdynia Port (rys. 11).

Planowany w najbliższym czasie rozwój portu w Gdyni spowoduje wzrost przewozów towarów do portu i z portu (tabl. 2 i 3). Na przykład dla wspomnianej linii kolejowej nr 201 wzrost ten szacowany jest na $400 \div 500\%$ [6].

Przyczyni się to do zwiększenia częstotliwości kursowania pociągów towarowych na tej linii, a tym samym zwiększy prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku na przejazdach kolejowo-drogowych, których – jest 132, z czego 82 jest kategorii D. Tylko wprowadzenie skrzyżowań dwupoziomowych przy okazji modernizacji linii zmniejszy to prawdopodobieństwo.

Linia ta po modernizacji będzie na odcinku Maksymilianowo – Gdańsk Osowa dwutorowa, istniejący odcinek dwutorowy Gdańsk Osowa – Gdynia Główna stanie się trzytorowy. Cała linia będzie zelektryfikowana. Ponadto zmodernizowane będą posterunki ruchu oraz przejazdy i przejścia przez tory. Zostanie przystosowana do prędkości $V_{\max} = 140$ km/h dla pociągów pasażerskich i $V_t = 120$ km/h dla pociągów towarowych.

Jedną z koncepcji usprawnienia wywozu i wwozu towarów z/do portu jest też wykorzystanie po rewitalizacji linii kolejowej nr 229 (rys. 12).

W celu zobrazowania sytuacji na linii nr 229 bardziej szczegółowo będzie opisany odcinek Pruszcz Gdański – Kartuzy o długości 42 km wybudowany w 1886 roku. Wspomniany odcinek skierowany jest na północ i przecina wschodnią część

Tabl. 2. Prognoza przeladunków w Porcie Gdynia [tony]

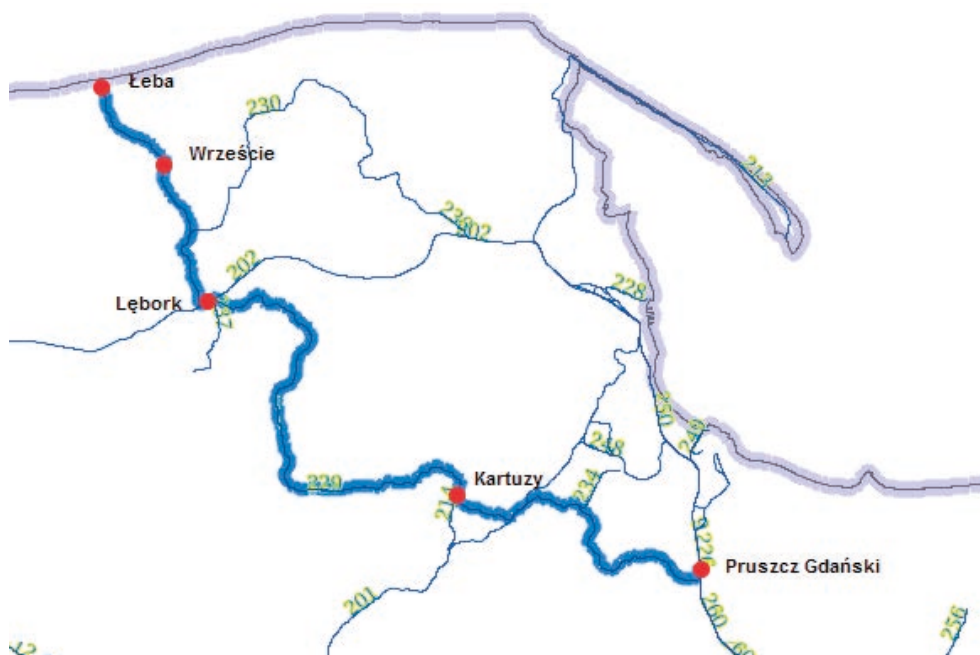
| Ładunek | 2018 | 2019 | 2020 | 2028 | 2038 | 2048 | 2058 |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Węgiel i Koks | 2 629 000 | 3 036 495 | 3 273 467 | 3 049 592 | 3 158 020 | 3 033 399 | 2 235 713 |
| Ruda | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Inne masowe | 1 311 000 | 1 460 454 | 1 479 420 | 1 399 421 | 1 463 669 | 1 500 673 | 1 523 334 |
| Zboże | 2 995 000 | 3 138 760 | 3 879 075 | 4 263 342 | 4 371 127 | 4 526 544 | 4 594 896 |
| Drewno | 979 000 | 881 100 | 440 550 | 89 172 | 87 838 | 75 507 | 61 663 |
| Drobnica | 13 817 000 | 14 190 059 | 14 374 530 | 14 059 277 | 33 227 431 | 49 093 834 | 59 837 920 |
| Paliwa | 1 759 000 | 1 924 346 | 2 193 754 | 2 163 877 | 2 320 199 | 2 426 744 | 3 106 069 |
| Suma | 23 492 018 | 24 633 233 | 25 642 815 | 25 026 709 | 44 630 323 | 60 658 750 | 71 361 653 |

Źródło: Opracowanie dokumentacji przygotowawczej dla projektu „Włączenie północnych dzielnic miasta Gdyni i gminy Kosakowo w system kolei aglomeracyjnej na obszarze pomorskiej metropolii”

Tabl. 3. Prognoza wielkości ładunków przewożonych koleją do/z Portu Gdynia [tony]

| Ładunek | 2018 | 2019 | 2020 | 2028 | 2038 | 2048 | 2058 |
|---------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Węgiel i Koks | 2 629 000 | 3 036 495 | 3 273 467 | 3 049 592 | 3 158 020 | 3 033 399 | 2 235 713 |
| Ruda | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Inne masowe | 471 960 | 554 973 | 576 974 | 601 751 | 629 378 | 645 289 | 655 034 |
| Zboże | 359 400 | 408 039 | 504 280 | 810 035 | 874 225 | 905 309 | 918 979 |
| Drewno | 802 780 | 713 691 | 352 440 | 62 421 | 61 487 | 52 855 | 43 164 |
| Drobnica | 2 487 060 | 2 554 211 | 2 587 415 | 3 796 005 | 11 961 875 | 18 655 657 | 23 935 168 |
| Paliwa | 1 565 510 | 1 712 668 | 1 952 441 | 2 034 045 | 2 180 987 | 2 281 140 | 2 919 704 |
| Suma | 8 315 710 | 8 980 076 | 9 247 017 | 10 353 847 | 18 865 972 | 25 573 649 | 30 707 762 |

Źródło: Opracowanie dokumentacji przygotowawczej dla projektu „Włączenie północnych dzielnic miasta Gdyni i gminy Kosakowo w system kolei aglomeracyjnej na obszarze pomorskiej metropolii”



Rys. 12. Przebieg linii kolejowej nr 229 [źródło: mapa.plk-sa.pl]

Pojezierza Kaszubskiego. Teren poprzecinany jest licznymi ciekami wodami, strumykami, głównie zlewnią rzeki Raduni. Obszar Pojezierza Kaszubskiego w całości pokryty jest utworami czwartorzędowymi. Jest to typowa wysoczyzna morenowa zbudowana głównie z gliny zwałowej i piasków z otoczkami akumulacji dennolodowcowej i wodnolodowcowej glaciału (zlodowacenia) bałtyckiego.

Ze względu na wyniosłość terenu linia kolejowa przebiega obniżeniami terenowymi i wzdłuż doliny rzeki Raduni. Na odcinku Żukowo Zachodnie – Kartuzy linia kolejowa omija z jednej strony Jezioro Dzierżaskie, a z drugiej Jezioro Mezowskie. Poza tym linia biegnie po zboczach rynny jezior: Straszynskiego, Łapińskiego oraz Juskowskiego. Linia biegnie wzdłuż doliny rzecznej z zespołem licznych jezior przepływowych. Podłoża gruntowe dolin rzecznych i obniżeń terenowych są zazwyczaj nawodnione i wypełnione utworami zastoiskowymi mulasto-ilaistymi. Najtrudniejsze warunki gruntowo-wodne występują między przystankami osobowymi Bielkowo (km 12,151) i Łapino Kartuskie (km 18,970). Linia kolejowa nr 229 przebiega na tym fragmencie po gruntach gliniastych, w terenie leśnym, w bezpo-

średnim sąsiedztwie rzeki Raduni. Dodatkowo położona jest na pochyleniu podłużnym rzędu $6 \div 8\%$.

W km 17,500 ÷ 17,600 linia kolejowa nr 229 przebiega po zboczach. Przy zboczach znajdują się budynki mieszkalne i gospodarce. Na zboczach, powyżej toru kolejowego, równolegle położona jest droga gminna Kolbudy – Łapino.

Na długości łuku poziomego maksymalna zmierzona wartość przechyłki wynosi 180 mm. Występuje nierównomierne osiadanie nasypu wraz z torem kolejowym. Brak spękań nasypu. Budowla ziemna, podsypka tłuczniowa i drewniane podkłady są zachwaszczone. Brak zawilgocenia elementów nawierzchni kolejowej.

Powyższe cechy (znaczne różnice wysokości, liczne ciekły wodne, głębokie doliny itp.) znalazły swoje odzwierciedlenie w charakterystyce wybranych obiektów inżynierskich, jakie powstały na odcinku Pruszcz Gdański – Kartuzy (tabl. 4 i 5). Na odcinku długości 42 km zlokalizowane są 93 obiekty inżynierskie: mosty, wiadukty, przepusty. Największym obiektem na całej długości linii jest trzyprzęsłowy most kratowy w km 30,808 na rzece Radunia o całkowitej długości 92,66 m.

Tabl. 4. Charakterystyka wybranych obiektów inżynierskich

| Nr | Kilometraż obiektu | Szlak | Rodzaj obiektu | Konstrukcja | Przeszkoda | Rok budowy/rozbudowy | Liczba torów nad mostem | Światło poziome [m] | Wysokość otworu w świetle [m] | Długość obiektu (w poprzek torów) | Wytrzymałość mostu [t/oś] | Wysokość nasypu ponad konstrukcję obiektu (łącznie z podsypką) | Rodzaj fundamentu | Ocena stanu |
|----|--------------------|------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------|------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 2+882,00 | Pruszcz Gd. – Straszyn Prędzieszyn | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 7,40 | 18,0 | 1,55 | | dobry |
| 2 | 4+182,00 | Pruszcz Gd. – Straszyn Prędzieszyn | przepust | sklepieno-ceglany (sklepienie ceglane, ścianki kamienne) | rów | | 1 | 1,95 | 2,60 | 18,30 | 18,0 | 4,60 | kamienny | dobry |
| 3 | 4+718,00 | Pruszcz Gd. – Straszyn Prędzieszyn | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,75 | 0,75 | 10,50 | 18,0 | 1,80 | | dobry |
| 4 | 4+981,00 | Pruszcz Gd. – Straszyn Prędzieszyn | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 2×0,50 | 0,50 | 6,30 +2×1,00 | 18,0 | 0,95 | | dobry |
| 5 | 5+585,00 | Pruszcz Gd. – Straszyn Prędzieszyn | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 16,00 +2×1,20 | 18,0 | 3,90 | | dobry |
| 6 | 5+805,00 | Pruszcz Gd. – Straszyn Prędzieszyn | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 20,00 +2×1,00 | 18,0 | 5,10 | | dobry |
| 7 | 6+330,00 | Pruszcz Gd. – Straszyn Prędzieszyn | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,50 | 0,50 | 12,00 +2×1,2 | 18,0 | 2,20 | | dobry |
| 8 | 6+472,00 | Pruszcz Gd. – Straszyn Prędzieszyn | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,50 | 0,50 | 41,00 | 18,0 | 10,70 | | dobry |
| 9 | 6+834,00 | Pruszcz Gd. – Straszyn Prędzieszyn | przepust | rurowy stalowy | rów | | 3 | 0,50 | 0,50 | 22,50 +1,30 | 18,0 | 1,35 | | dobry |
| 10 | 7+042,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy betonowy | rów | | 3 | 0,30 | 0,30 | 45,00 | 18,0 | 1,10 | | dobry |

| Nr | Kilometraż obiektu | Szlak | Rodzaj obiektu | Konstrukcja | Przeszkoda | Rok budowy/ rozbudowy | Liczba torów nad mostem | Światło poziome [m] | Wysokość otworu w świetle [m] | Długość obiektu (w poprzek torów) | Wytrzymałość mostu [t/oś] | Wysokość nasypu ponad konstrukcję obiektu (łącznie z podsypką) | Rodzaj fundamentu | Ocena stanu |
|----|--------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|
| 11 | 7+268,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 2 | 0,30 | 0,30 | 29,00 | 18,0 | 1,20 | | dobry |
| 12 | 7+415,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 13,20 | 18,0 | 2,85 | | dobry |
| 13 | 7+720,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | sklepiony (sklepienie ceglane, ścianki i skrzydła kamienne) | strumyk | | 1 | 1,55 | 2,20 | 43,40 | 18,0 | 10,70 | kamienny | dobry |
| 14 | 7+933,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | ramowy prefabrykowany | rów | | 1 | 1,00 | 1,00 | 9,90 | 18,0 | 4,00 | | dobry |
| 15 | 8+898,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,50 | 0,50 | 8,00 | 18,0 | 1,95 | | dobry |
| 16 | 9+277,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 12,75 | 12,0 | 2,65 | | dobry |
| 17 | 9+519,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 14,00 | 18,0 | 3,00 | | dobry |
| 18 | 9+623,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,50 | 0,50 | 9,80 | 18,0 | 2,55 | | dobry |
| 19 | 9+776,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 25,00 | 18,0 | 5,80 | | dobry |
| 20 | 10+679,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | sklepiony (sklepienie ceglane, ścianki i skrzydła kamienne) | rów | | 1 | 1,50 | 1,20 | 32,80 | 18,0 | 8,60 | kamienny | dobry |
| 21 | 11+123,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,50 | 0,50 | 20,70 | 18,0 | 4,55 | | dobry |
| 22 | 11+567,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 14,00 | 18,0 | 2,65 | | dobry |
| 23 | 11+904,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy kamionkowy | rów | | 2 | 0,30 | 0,30 | 9,80 | 19,0 | 0,60 | | dostateczny |
| 24 | 12+610,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | sklepiony ceglany (pod drogą ramowy monolityczny) | rów | | 1 | 1,00 | 1,20 | 32,20 | 18,0 | 4,50 | cegła | dobry |
| 25 | 12+875,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 6,35 | 18,0 | 0,95 | | dobry |
| 26 | 13+185,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | sklepiony kamienny | rów | | 1 | 2,05 | 1,50 | 16,00 | 18,0 | 4,30 | kamienny | dobry |
| 27 | 13+521,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 2×0,60 | 0,60 | 6,20 | 18,0 | 0,80 | | dobry |
| 28 | 13+783,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 7,80 | 18,0 | 1,15 | | dobry |

| Nr | Kilometraż obiektu | Szlak | Rodzaj obiektu | Konstrukcja | Przeszkoda | Rok budowy/rozbudowy | Liczba torów nad mostem | Światło poziome [m] | Wysokość otworu w świetle [m] | Długość obiektu (w poprzek torów) | Wytrzymałość mostu [t/osi] | Wysokość nasypu ponad konstrukcję obiektu (łącznie z podsypką) | Rodzaj fundamentu | Ocena stanu |
|----|--------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------|------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|
| 29 | 13+952,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 15,30 | 18,0 | 1,00 | | dobry |
| 30 | 14+185,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | sklepiony (sklepienie ceglane, ścianki i skrzydła kamienne) | rów | | 1 | 2,00 | 1,60 | 8,30 | 18,0 | 1,75 | kamienny | dobry |
| 31 | 14+394,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | ramowy prefabrykowany (po prawej stronie kaskada dł. 18 m) | rów | | 1 | 1,00 | 1,00 | 9,90 | 18,0 | 2,50 | | dobry |
| 32 | 14+704,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 13,60 | 18,0 | 3,00 | | dobry |
| 33 | 14+977,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 17,10 | 18,0 | 4,00 | | dobry |
| 34 | 15+084,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | sklepiony (sklepienie ceglane, ścianki i skrzydła kamienne) | rów | | 1 | 1,00 | 1,30 | 25,50 | 18,0 | 7,80 | kamienny | dobry |
| 35 | 15+106,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 25,00 | 18,0 | 7,80 | | dobry |
| 36 | 15+600,00 | Straszyn Prędzieszyn – Kolbudy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 4 | 0,60 | 0,60 | 60,00 | 18,0 | 3,50 | | dobry |
| 37 | 15+920,00 | Kolbudy – Łapino | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 24,00 | 18,0 | 6,60 | | dobry |
| 38 | 16+963,00 | Kolbudy – Łapino | przepust | płaski kamienny | rów | | 1 | 0,60 | 0,65 | 8,30 | 18,0 | 1,95 | kamienny | dobry |
| 39 | 18+486,00 | Kolbudy – Łapino | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,50 | 0,50 | 13,00 | 18,0 | 1,40 | | dobry |
| 40 | 18+573,00 | Kolbudy – Łapino | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 10,80 | 18,0 | 2,10 | | dobry |
| 41 | 18+680,00 | Kolbudy – Łapino | przepust | sklepiony żelbetowy | rów | | 1 | 2,20 | 2,50 | 8,30 | 18,0 | 0,80 | betonowy | dobry |
| 42 | 19+009,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy stalowy | rów | | 3 | 0,60 | 0,60 | 38,80 | 18,0 | 3,80 | | dobry |
| 43 | 19+554,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 17,80 | 18,0 | 2,80 | | dobry |
| 44 | 19+915,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy żeliwny | rów | | 2 | 0,60 | 0,60 | 13,70 | 18,0 | 2,80 | | dobry |
| 45 | 20+349,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,50 | 0,50 | 22,60 | 18,0 | 4,00 | | dobry |
| 46 | 20+856,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | sklepiony kamienny (sklepienie betonowe) | rów | 1886 / 1961 | 1 | 1,50 | 1,80 | 8,60 | 20,0 | 1,50 | kamienny | dobry |
| 47 | 21+715,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 11,70 | 18,0 | 2,65 | | dobry |
| 48 | 21+979,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | sklepiony (sklepienie ceglane, ściany kamienne) | rów | | 1 | 1,50 | 1,80 | 23,30 | 18,0 | 4,30 | kamienny | dobry |
| 49 | 22+688,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy żelbetowy | rów | 1971 | 1 | 1,00 | 1,00 | 17,00 | 18,0 | 4,00 | | dobry |

| Nr | Kilometraż obiektu | Szlak | Rodzaj obiektu | Konstrukcja | Przeszkoda | Rok budowy/ rozbudowy | Liczba torów nad mostem | Światło poziome [m] | Wysokość otworu w świetle [m] | Długość obiektu (w poprzek torów) | Wytężalność mostu [t/oś] | Wysokość nasypu ponad konstrukcję obiektu (łącznie z podsypką) | Rodzaj fundamentu | Ocena stanu |
|----|--------------------|-------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|
| 50 | 22+943,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 2×0,60 | 0,60 | 10,10 | 18,0 | 1,55 | | dobry |
| 51 | 23+223,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | sklepiony (sklepienie betonowe, ścianki i skrzydła kamienne) | rów | 1886 / 1961 | 1 | 1,00 | 1,30 – lewa; 2,30 – prawa | 16,90 | 18,0 | 4,95 – lewa; 6,25 – prawa | kamienny | dobry |
| 52 | 23+514,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 16,50 | 18,0 | 3,90 | | dobry |
| 53 | 23+827,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 19,10 | 18,0 | 3,90 | | dobry |
| 54 | 24+290,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy stalowy | rów | | 2 | 0,60 | 0,60 | 30,00 | 18,0 | 5,10 | | dobry |
| 55 | 24+480,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy stalowy | rów | | 2 | 0,50 | 0,50 | 15,70 | 18,0 | 1,20 | | dobry |
| 56 | 24+990,00 | Łapino – Stara Piła | przepust | rurowy stalowy | rów | | 5 | 0,60 | 0,60 | 80,00 | 18,0 | 4,20 | | dobry |
| 57 | 25+577,00 | Stara Piła – Żukowo Zachodnie | przepust | sklepiony (sklepienie betonowe, ścianki i skrzydła kamienne) | rów | | 1 | 2,50 | 2,80 | 21,50 | 18,0 | 5,80 | kamienny | dobry |
| 58 | 25+718,00 | Stara Piła – Żukowo Zachodnie | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 13,80 | 18,0 | 3,85 | | dobry |
| 59 | 26+037,00 | Stara Piła – Żukowo Zachodnie | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 20,40 | 18,0 | 4,95 | | dobry |
| 60 | 26+274,00 | Stara Piła – Żukowo Zachodnie | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 6,00 | 18,0 | 1,20 | | dobry |
| 61 | 26+516,00 | Stara Piła – Żukowo Zachodnie | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 22,80 | 18,0 | 5,60 | | dobry |
| 62 | 26+977,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 11,00 +2×1,00 | 18,0 | 2,60 | | dobry |
| 63 | 27+270,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy betonowy | rów | | 1 | 0,50 | 0,50 | 6,30 | 18,0 | 1,25 | | dobry |
| 64 | 27+489,00 | Stara Piła – Żukowo Zachodnie | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 17,00 | 18,0 | 4,80 | | dobry |
| 65 | 27+882,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 15,40 | 18,0 | 4,40 | | dobry |
| 66 | 28+040,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy betonowy | rów | | 1 | 0,80 | 0,80 | 6,20 | 18,0 | 1,40 | | dobry |
| 67 | 28+356,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | sklepiony (sklepienie betonowe, ścianki i skrzydła kamienne) | rów | | 1 | 1,00 | 1,25 | 16,70 +2×1,60 | 18,0 | 3,30 | kamienny | dobry |
| 68 | 28+565,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 19,90 +0,80 | 18,0 | 4,40 | | dobry |
| 69 | 28+804,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,40 | 0,40 | 21,00 | 18,0 | 5,60 | | dobry |
| 70 | 29+843,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,40 | 0,40 | 25,00 | 18,0 | 5,20 | | dobry |

| Nr | Kilometraż obiektu | Szlak | Rodzaj obiektu | Konstrukcja | Przeszkoda | Rok budowy/ rozbudowy | Liczba torów nad mostem | Światło poziome [m] | Wysokość otworu w świetle [m] | Długość obiektu (w poprzek torów) | Wytężalność mostu [t/osi] | Wysokość nasypu ponad konstrukcją obiektu (łącznie z podsypką) | Rodzaj fundamentu | Ocena stanu |
|----|--------------------|----------------------|----------------|--------------------------------------------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|
| 71 | 32+336,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 25,00 | 18,0 | 6,40 | | dobry |
| 72 | 33+398,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 18,50 | 18,0 | 4,80 | | dobry |
| 73 | 34+999,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 41,00 | 18,0 | 12,10 | | dobry |
| 74 | 36+165,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,60 | 0,60 | 35,50 +1,40 | 18,0 | 10,00 | | dobry |
| 75 | 36+815,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,50 | 0,50 | 12,50 +2×1,20 | 18,0 | 3,20 | | dobry |
| 76 | 36+936,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 6,10 +1,15 | 18,0 | 1,20 | | dobry |
| 77 | 37+385,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | sklepiony (sklepienie betonowe, ścianki i skrzydła kamienne) | rów | | 1 | 1,00 | 1,00 | 13,10 +2×1,50 | 18,0 | 3,20 | | dobry |
| 78 | 38+277,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | sklepiony (sklepienie betonowe, ścianki i skrzydła kamienne) | rów | | 1 | 1,00 | 1,30 | 17,00 +2×1,55 | 18,0 | 4,20 | | dobry |
| 79 | 38+700,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 10,50 +2×1,10 | 18,0 | 2,70 | | dobry |
| 80 | 38+931,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 15,50 +1,00 | 18,0 | 3,50 | | dobry |
| 81 | 39+551,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy betonowy z otuliną betonową | | przebud. 1960 | 1 | 0,80 | 0,80 | 11 | 20,0 | 2,31 | betonowy | dobry |
| 82 | 39+677,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,50 | 0,50 | 8,70 +2×1,20 | 18,0 | 1,60 | | dobry |
| 83 | 40+029,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 11,00 +1,25 | 18,0 | 2,60 | | dobry |
| 84 | 40+536,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,30 | 0,30 | 15,50 +1,50 | 18,0 | 2,80 | | dobry |
| 85 | 40+711,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy betonowy z otuliną betonową | | przebud. 1961 | 1 | 1,00 | 1,00 | 8 | 20,0 | 1,20 | betonowy | dobry |
| 86 | 40+910,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | sklepiony kamienny | | | 1 | 1,00 | 1,00 | 14,5 | 18,0 | 1,70 | | dobry |
| 87 | 41+020,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 1 | 0,50 | 0,50 | 26 | 18,0 | 4,00 | | dobry |
| 88 | 41+170,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy betonowy | | | 4 | 1,00 | 1,00 | 45 | 20,0 | 3,90 | | dobry |
| 89 | 41+324,00 | Stara Piła – Kartuzy | przepust | rurowy stalowy | rów | | 5 | 0,50 | 0,50 | 79 | 18,0 | 4,00 | | dobry |

Autorzy uważają, że w koncepcji ewentualnej modernizacji linii kolejowej nr 229 lub jej odcinka (Żukowo Zachodnie – Pruszcz Gdański) należy, między innymi, uwzględnić: korektę jej geometrii w celu zwiększenia prędkości na linii, wprowadzenie mijanek i ich optymalizację w celu zwiększenia jej przepustowości, skorygować sposoby wejścia/wyjścia ze stacji Pruszcz Gdański, dopasować tabor do specyfiki linii itp. Daje to moż-

liwość ewentualnego połączenia linii nr 201 i 229 na przykład w okolicach miejscowości Żukowo i wykorzystania tak utworzonej drogi kolejowej do połączenia MPG z linią kolejową E65 w Pruszczu Gdańskim. Należy odnotować, że w celu płynnego włączenia się do linii kolejowej E65 w Pruszczu Gdańskim wskazane byłoby zaprojektowanie nowego podejścia linii nr 229 do stacji Pruszcz Gdański, bez konieczności zmiany kierunku jazdy.

Tabl. 5. Wykaz mostów i wiaduktów na linii nr 229

| Nr | Kilometraż obiektu | Szlak | Rodzaj obiektu | Konstrukcja | Przeszkoda | Rok budowy / rozbudowy | Liczba torów nad mostem | Światło poziome [m] | Wysokość otworu w świetle [m] | Długość obiektu (w poprzek torów) | Wytrzymałość mostu [t/os] | Wysokość nasypu ponad konstrukcję obiektu (łącznie z podsypką) | Rodzaj fundamentu | Ocena stanu | Długość całkowita obiektu [m] | Liczba i rozpiętość teoretyczna poszczególnych przęseł [m] | Światło mostu [m] | Wysokość w świetle od lustra małej wody [m] | Wysokość konstrukcyjna [m] | Waga konstrukcji nośnej [t] | Data ostatniego malowania konstrukcji stalowej | Przyczółki | |
|----|--------------------|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|------------|--|
| 1 | 1+335,00 | Pruszcz Gd. – Straszyn Przędziszyn | most | żelbetowy (belkowo-żebrowy) | rów | | 1 | 4,30 | 2,00 | 13,70 | 18,0 | 0,75 | beton | dobry | | | | | | | | | |
| 2 | 16+176,00 | Kolbudy – Łapino | most | blachownicowy spawany | rzeka Radunia | | 1 | | | | 18,0 | | betonowy | dobry | 20,8 | 20,26 | 17 | 4 | 2,4 | | 1953 | beton | |
| 3 | 30+808,00 | Stara Piła – Kartuzy | most | kratowy, 3 przesłowy z jazdą górą | rzeka Radunia | 1954 | 1 | | | | 20,0 | | betonowy | dobry | 92,66 | 19,58 +51,60 +19,58 | 18,65 +49,40 +18,65 | 9,00 | 6,63 | 240 | 2009 | beton | |
| 4 | 31+926,00 | Stara Piła – Kartuzy | wiadukt | blachownicowy z jazdą dołem | tor / linia nr 201 km 173,824 | 1952 | 1 | | | | 20,0 | | betonowy | dobry | 17,8 | 17 | 11,5 | 5,16 | 1 | 35 | 1952 | beton | |

DODATKOWE, INNOWACYJNE WYJŚCIE KOLEJOWE Z MPG Z FUNKCJĄ KOT

Kluczem do wypracowania koncepcji nowego, dodatkowego wyjścia z MPG oprócz tradycyjnych przesłanek technicznych, urbanistycznych, transportowych i środowiskowych są omówione wcześniej problemy bezpieczeństwa i długich pociągów. Należy uwzględnić: szybki rozwój MPG, po nowej drodze kolejowej powinny poruszać się także długie pociągi, negatywny wpływ katastrof kolejowych z udziałem materiałów niebezpiecznych na podłoże gruntowe, podtorze, ludzi i otaczające środowisko.

Ta nowa, innowacyjna linia kolejowa, przeznaczona głównie dla ruchu towarowego, powinna jednocześnie spełnić przytoczone wyżej warunki. Dodatkowo jej zadaniem powinno być całkowite przejęcie przewozu ładunków niebezpiecznych z pominięciem Trójmiasta oraz przejęcie ruchu osobowego z kierunków: Warszawa, Kraków, Poznań itp. w przypadku utrudnień w ruchu kolejowym w węzle trójmiejskim (awarie, podtopienia, powodzie). Powinna odciążyć ruchowo trójmiejski węzeł kolejowy, a tym samym przyczynić się do zwiększenia przepustowości tego węzła i usprawnienia ruchu pasażerskiego (likwidacja tak zwanego „wąskiego gardła” na odcinku średnicowym).

Właściwa parametryzacja wariantów przebiegu tej linii kolejowej wymaga szczególnie dokładnych analiz.

Linia kolejowa będzie przebiegała w terenie trudnym, a dodatkowo w sąsiedztwie obszarów chronionych: Rezerwat Jar Reknicy – Natura 2000, Obszary Chronionego Krajobrazu Doliny Raduni, Otomiński oraz Przywidzki.

Kolejowa Obwodnica Trójmiasta będzie stanowiła alternatywę dla przejazdu pociągów przez obszar Aglomeracji Trójmiejskiej. Linia o normalnej szerokości toru 1435 mm, na całej długości

gości dwutorowa (rozstaw torów 4,2 m) oraz zelektryfikowana. Przeznaczona w dużej mierze do ruchu towarowego, ale będzie prowadzony też po niej ruch pasażerski z prędkością maksymalną 160 km/h. Podstawowe parametry techniczno-eksploatacyjne linii typu M160 przedstawiono w tabl. 6.

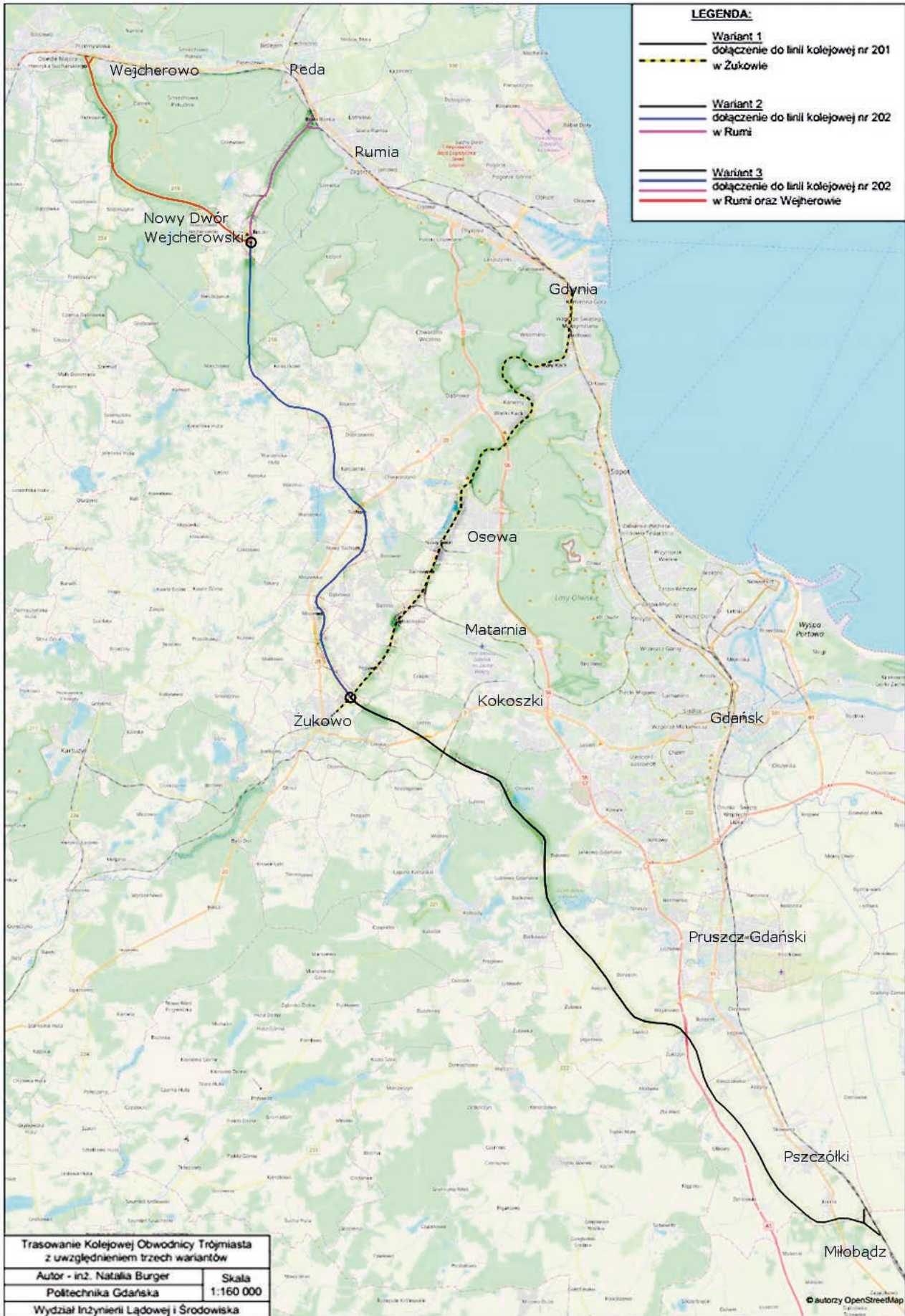
Tabl. 6. Nominalne statyczne naciski osi taboru przy różnych prędkościach maksymalnych [10]

| Tabor | Prędkość [km/h] | Nacisk osi [t] | | |
|------------|-----------------|----------------|--------|---------------------|
| | | lokomotywy | wagonu | zespołu trakcyjnego |
| Pasażerski | 160 | 22,5 | 18,0 | 20,0 |
| Towarowy | 140 | 22,5 | 18,0 | – |
| | 120 | 22,5 | 22,5 | – |
| | 100 | 22,5 | 25,0 | – |

Dopuszczalny nacisk na oś dla lokomotywy wynosi 22,5 t niezależnie od prędkości maksymalnej taboru. Dopuszczalna wartość nacisku dla wagonów rośnie wraz ze spadkiem prędkości (dla analizowanego typu linii waha się między 18,0 t dla prędkości większych równych 140 km/h a 25,0 t dla prędkości 100 km/h). W przypadku zespołu trakcyjnego wartość graniczna nacisku wynosi 20,0 t.

Pod względem konstrukcyjnym linia typu M160 jest zakwalifikowana do pierwszej klasy torów. Proponuje się zastosowanie wariantu 1.1 konstrukcji ujednoliconej (nawierzchnia podsypkowa):

- szyny 60E1 (nowe lub reprofilowane klasy 1),
- podkłady strunobetonowe PS-93 lub PS-94 o rozstawie nominalnym 0,6 m,



Rys. 13. Warianty poprowadzenia linii kolejowej do Portu Gdynia [1]

- przytwierdzenia szyn sprężyste typu SB lub W14,
- nawierzchnia podsypkowa o grubości warstwy minimum 0,35 m. [10]

Przy planowaniu rozmieszczenia stacji oraz posterunków ruchu na trasie należy wziąć pod uwagę prognozowane natężenie i strukturę ruchu oraz wymaganiami:

- minimalna odległość między stacjami oraz posterunkami do zmiany toru – 8 km,
- maksymalna odległość między stacjami oraz posterunkami do zmiany toru – 20 km,
- minimalna liczba torów głównych dodatkowych na stacji – 2,
- minimalna liczba torów głównych zasadniczych oraz dodatkowych z krawężnikami peronowymi – 2/2.

Trasowanie wykonano przez najmniej zabudowane tereny oraz z pominięciem dużych zmian wysokości terenu celem uniknięcia znacznej liczby wyburzeń czy robót ziemnych. Początek Kolejowej Obwodnicy Trójmiasta będzie zlokalizowany za stacją kolejową Miłobądz w kierunku Pruszcza Gdańskiego. Na początkowym odcinku przebieg linii będzie równoległy do autostrady A1 oraz drogi krajowej nr 91, w krajobrazie dominują pola uprawne. Przebieg wielopoziomowy z autostradą zaproponowano przed węzłem Rusocin, między miejscowościami Żukczyn i Rusocin. W okolicy będzie wykonany także most nad rzeką Kłodawa. Do Żukowa linia ma kierunek północno-zachodni, przebiega przez pola uprawne oraz lasy. Przecina drogi wojewódzkie nr: 226 (między Świńcem i Wojanowem), 222 (na odcinku Żuława – Straszyn) oraz 221 (między Lublewem Gdańskim a Bąkowem), gdzie wybudowane będą przejazdy kolejowo-drogowe dwupoziomowe. Dodatkowo, w okolicy miejscowości Bielkówek będzie konieczność przeprowadzenia linii przez rzekę Radunię. Na trasie Kolejowej Obwodnicy Trójmiasta występuje jedno skrzyżowanie z linią kolejową – nr 234 (Gdańsk Wrzeszcz – Stara Piła) na odcinku Leżno – Stara Piła (około 17 kilometra linii).

W Leżnie będzie zlokalizowany też przejazd kolejowo-drogowy na drodze krajowej nr 7 w bliskim sąsiedztwie stacji elektroenergetycznej „Gdańsk I”.

Dołączenie do istniejącej sieci kolejowej (linia nr 201) zaproponowano przed stacją kolejową Żukowo Wschodnie. Odcinek Miłobądz – Żukowo oraz fragment linii nr 201 (Żukowo – Gdynia Port) stanowi pierwszy z trzech analizowanych wariantów realizacji inwestycji.

Za Żukowem trasowanie linii ma kierunek północny i jest równoległe do drogi krajowej nr 20, z którą przecięcie planowane jest za miejscowością Tuchom w kierunku Chwaszczyna. Dalej, linia przebiega równoległe na zachód od drogi wojewódzkiej nr 218. W miejscowości Koleczkowo będzie konieczność budowy węzła nad nowobudowaną Trasą Kaszubską oraz Zagórską Strugą. Za Koleczkowem zdecydowana większość trasy znajduje się na terenie Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego, a między Koleczkowem i Bieszkowicami przewidziano przejazd kolejowo-drogowy na drodze nr 218.

Drugi wariant realizacji Kolejowej Obwodnicy Trójmiasta obejmuje omówiony odcinek Miłobądz – Żukowo – Reszki oraz dołączenie do sieci kolejowej (linia nr 202) między Redą i Rumią (Rumia Biała Rzeka). Trzeci wariant zakłada utworzenie

węzła kolejowego w miejscowości Reszki oraz odgałęzienia linii w kierunku Rumi (wariant drugi) oraz Wejherowa, z dołączeniem do linii nr 202 między Osiedlem Majora Henryka Sucharskiego w Wejherowie i stacją kolejową Wejherowo wraz z Posterunkiem Rewizji Technicznej. W wariantcie trzecim występują dodatkowe przejazdy kolejowo-drogowe: za Nowym Dworem Wejherowskim (droga wojewódzka nr 218) oraz za Sopieszynom (droga wojewódzka nr 224). W wariantcie drugim i trzecim zakłada się dostęp do portu w Gdyni przez linię kolejową nr 202 [1] – rys. 13 i tabl. 7.

Tabl. 7. Zestawienie trzech wariantów trasowania Kolejowej Obwodnicy Trójmiasta

| Numer wariantu | Długość [km] | Przebieg trasy |
|----------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Pierwszy | 40 | Miłobądz – Bielkówek – Żukowo |
| Drugi | 75 | Miłobądz – Bielkówek – Żukowo – Tuchom – Koleczkowo – Rumia |
| Trzeci | 90 | Miłobądz – Bielkówek – Żukowo – Tuchom – Koleczkowo – Reszki – Rumia oraz Wejherowo |

Zestawienie obliczonych nakładów inwestycyjnych dla trzech wariantów realizacji Kolejowej Obwodnicy Trójmiasta z podziałem na rodzaj kosztów (budowa linii, stacji oraz obiektu inżynierskiego) przedstawiono w tabl. 8. Koszty obejmują budowę linii dwutorowej, zelektryfikowanej, wyposażonej w komputerowe urządzenia sterowania ruchem kolejowym.

Tabl. 8. Koszty wariantów inwestycyjnych KOT [1]

| Wariant | Nakłady inwestycyjne [mln zł] | | | |
|------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------|------|
| | Linia kolejowa | Posterunki ruchu/ stacje | Obiekty inż. | Suma |
| 0 (po linii 229) | 2000 | 80 | 650 | 2730 |
| 1 | 2200 | 60 | 850 | 3110 |
| 2 | 4125 | 180 | 1500 | 5805 |
| 3 | 4950 | 180 | 1800 | 6930 |

WIELKA OBWODNICA POMORZA

W tym miejscu warto wspomnieć o innych - dalekosiężnych - możliwościach kreowania wariantów budowy „rozległej” kolejowej obwodnicy Pomorza, a jednocześnie trasy prowadzącej wprost do gdyńskiego portu (rys. 14) z szerokim ominięciem Gdańska i jego okolicznych miejscowości.

Za cel postawiono połączenie ze sobą najbardziej obciążonych pociągami towarowymi linii kolejowych, które prowadzą w kierunku Trójmiasta i portów (linii kolejowych nr 9, nr 131, nr 201, nr 202, nr 203). Kryterium to spełnia układ odcinków rozpoczynający się w Działdowie (od linii nr 9) linią nr 208 (Działdowo – Chojnice) do Laskowic Pomorskich. Następnie linią kolejową nr 215 w kierunku Czarska i dalej do Bąka, skąd wprost linią nr 201 do Kościerzyny. Z Kościerzyny zakłada się budowę nowego odcinka w kierunku Stężycy, Sierakowic i dalej



Rys. 14. Koncepcja wielkiej obwodnicy Pomorza [źródło: mapa.plk-sa.pl]

do Nawcza i Bożegopola lub Wejherowa na linii nr 202. Stąd już wprost do Rumi i linią nr 228 do portu. Ten wariant może również podlegać znaczącym modyfikacjom (na przykład poprowadzenie trasy linią nr 211 Chojnice – Kościerzyna itp.). Należy założyć, że cała infrastruktura wspomnianych linii będzie rozbudowana lub zbudowana na nowo w korytarzach tychże linii. Nie może też być mowy o zmianie czoła pociągu, dlatego zakłada się modernizację istniejących węzłów oraz budowę nowych odcinków tras.

PODSUMOWANIE

Do Trójmiasta (w tym do portu w Gdyni) doprowadzona jest stosunkowo gęsta sieć transportowa (sieć kolejowa oraz drogową). Zasadniczym problemem kolejowej linii średnicowej jest niedostateczna przepustowość wynikająca z dużego natężenia ruchu pasażerskiego (niemal 200 par pociągów na dobę między Gdynią i Gdańskiem). Pociągi towarowe muszą być wyprawiane poza godzinami szczytu, przez co znacznie wydłuża się czas dojazdu do portu w Gdyni. Jeżeli dołączyć do tego możliwość wystąpienia katastrofy i jeszcze dodatkowo katastrofy z udziałem materiałów niebezpiecznych, to mamy pełny paraliż transportu kolejowego na dużym obszarze.

Utworzenie nowego korytarza transportowego byłoby ukierunkowane przede wszystkim na sprawne transportowanie ładunków do portu i z portu w Gdyni. Na możliwości jakie stwarzają te połączenia należy spojrzeć szerzej. Przede wszystkim jest to szansa usprawnienia i zoptymalizowania systemu transportu w pobliżu Trójmiasta, spełniająca cele społeczne i gospo-

darcze (także turystyczne), decydująca również o suwerenności państwa. Nie należy zapominać także o celach militarnych omawianych tu rozwiązań.

Proponowana KOT dodatkowo pozwoli minimalizować skutki wszelkich ewentualnych sytuacji kryzysowych, pozwoli wykorzystać długie pociągi. Materiały niebezpieczne będą mogły być transportowane z pominięciem dużych skupisk ludzkich.

LITERATURA

1. Burger N.: Analiza możliwości i celowości budowy Kolejowej Obwodnicy Trójmiasta wraz z odgałęzieniami. Praca dyplomowa magisterska, Politechnika Gdańska, 2020.
2. Mieloszyk E.: Długie pociągi. 64. Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB: Inżynieria kolejowa – szanse i wyzwania/ ed. dr hab. Piotr Kozioł; dr hab. inż. Andrzej Szarata; dr inż. Wojciech Drozd, Kraków: Politechnika Krakowska, 2018, s.173-186.
3. Mieloszyk E., Grulkowski S., Milewska A.: Forecasting of railway track tamping based on settlement of sleepers using fuzzy logic. Acta Scientiarum Polonorum. Seria: Architectura, 2018, (17(2)), 135-142. <https://doi.org/10.22630/asp.2018.17.2.22>.
4. Mieloszyk E.: Nielklasyczny rachunek operatorów w zastosowaniu do uogólnionych układów dynamicznych. Gdańsk: IMP PAN, 2008. ISBN 978-83-88-237-07-2.
5. Mieloszyk E., Grulkowski S., Milewska A.: Hazardous material-related propagation of the effects of train accidents in the subgrade. Przegląd Komunikacyjny, 2018, (10), 11-18. https://doi.org/10.35117/a_eng_18_10_02.

6. Mieloszyk E., Milewska A., Abramski M., Słupy CFFT w dwupoziomowych skrzyżowaniach kolejowo-drogowych. XX Konferencja naukowa Drogi Kolejowe'2020 (w druku).
7. Mieloszyk E., Milewska A., Grulkowski S.: Capacity analysis of the selected track system in partially ordered space. *Matec Web Of Conferences*, 2019, 262, 1-5. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926211006>.
8. Mieloszyk E., Milewska A., Grulkowski S.: Rozprzestrzenianie się skutków dużych katastrof kolejowych. *Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej*, 2017, nr 25, 301-310. <https://doi.org/10.21008/j.1897-4007.2017.25.23>.
9. Mieloszyk E., Milewska A.: Risks associated with the transportation of hazardous materials on public roads. *Matec Web Of Conferences*, 2018, 231, 1-8. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823105004>.
10. Standardy Techniczne Tom 1. Szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $v_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem). PKP Polskie Linie Kolejowe S.A, Warszawa 2019 (wersja 1.2).
11. Węsierski T., Nagrodzka M.: Wypadek kolejowy w Szczygłowicach. Przebieg zdarzenia oraz analiza zagrożeń rzeczywistych oraz potencjalnych. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, 2012, nr 1, 113-120.