

Zakłócenia w systemie transportu łamanego

Słowa kluczowe:
Transport łamany
niezawodność transportu
żegluga śródlądowa, transport kolejowy

Streszczenie

Przeplatanie się dwóch (i więcej) gałęzi transportu zwiększa niezawodność całego systemu transportowego. Dla odbiorcy usług przewozowych istotna jest terminowość wykonywanych zadań, a ta wynika pośrednio ze zdolności transportowej infrastruktury, zarówno liniowej jak i punktowej. W referacie przedstawiono niezawodność łamanego systemu transportowego wodno-kolejowego na podstawie danych pozyskanych od zarządców infrastruktury transportu wodnego i kolejowego. Przeanalizowano zdarzenia niepożądane, występujące na drogach wodnych i szlakach kolejowych. Dane te pozwoliły na wyznaczenie gotowości poszczególnych gałęzi i systemu transportu łamanego.

INTERFERENCE IN THE COMODAL TRANSPORTATION SYSTEM

Abstract

Interweaving of the two (or more) means of transport increases the reliability of the entire transport system. For the customers of transportation services it is essential to have tasks done on time, and this result indirectly from the airworthiness of transport infrastructure, both linear and point. The paper presents the reliability of broken water-rail transport system on the basis of data obtained from water transport infrastructure managers and railway stations. Adverse events have been analyzed occurring in the waterways and rail routes. These data allowed to determine readiness of individual branches and broken transportation system.

1. WSTĘP

Na przełomie XX i XXI wieku przepływ materiałów stał się drugą -po przepływie informacji- najważniejszą potrzebą mocarstw gospodarczych. O postępie, świadczy stopień zaawansowania tych działań. Obecnie w Unii Europejskiej transport towarów jest bardzo rozwinięty. Do tego stopnia, że nacisk kładzie się nie tyle na jego rozwój, co na rozwój zrównoważony dostępnych gałęzi.

Przewozy towarowe w Unii Europejskiej zostały zdominowane przez transport drogowy. Jest on bardziej elastyczny od pozostałych. Ze względu na dynamiczny rozwój sieci dróg, jako jedyny pozwala na transport w tzw. systemie „door to door”. Stwarza jednak problemy związane z zatłoczeniem dróg, zanieczyszczeniem środowiska czy hałasem. Z tego powodu dąży się do przenoszenia ładunków przewożonych w dłuższych relacjach, na inne, mniej obciążone gałęzie transportu. Mówi o tym m.in. Biała Księga [1].

Alternatywą dla pojazdów samochodowych jest kolej, a w dalszej kolejności transport lotniczy i żegluga śródlądowa oraz morska. Spośród wymienionych żegluga cechuje się jednak najniższymi kosztami zewnętrznymi i niewykorzystywanych przepustowości. [3] W Polsce wykorzystanie żeglugi śródlądowej jest znikome, jednak w sprzyjających warunkach, transport rzeczny mógłby się stać uzupełnieniem systemu łamanego. Zwiększyłyby to jego elastyczność, niezawodność i możliwości przewozowe.

W referacie przedstawiono łamany system transportowy oparty na kolei i żegludze. Przewożenie ładunków z wykorzystaniem tych gałęzi wpływało by korzystnie na odciążanie dróg, zmniejszanie zanieczyszczenia powietrza – szczególnie w miastach. Ważnymi są również inne tzw. koszty zewnętrzne. Transport samochodowy generuje wysokie straty notowane w wyniku licznych wypadków. Na kolei zdarzenia śmiertelne, czy powodujące wysokie straty ładunku są stosunkowo rzadkie. W żegludze w zasadzie nie występują.

Środki transportu kolei, podobnie jak żegluga, mogą przemieszczać się jedynie po ściśle określonych drogach. Niektóre zdarzenia niepożądane mogą skutkować kumulacją opóźnień. Z tego powodu istotne jest analizowanie zakłóceń i określanie elastyczności takiego systemu. Wyniki analiz przedstawia dalsza część pracy.

¹Mgr inż. Emilia Skupień, doktorantka Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej
Emilia.Skupien@pwr.wroc.pl

2. INFRASTRUKTURA PUNKTOWA I LINIOWA W TRANSPORCIE WODNYM I KOLEJOWYM

Dla określania zakłóceń i analizy procesu transportowego ważne jest wskazanie jego elementów. Dużą rolę odgrywają środki transportu. Ze względu na specyfikę obu analizowanych gałęzi (przywiązanie do wyspecjalizowanych dróg) szczególnie ważna pozostaje również infrastruktura.

Zarówno dla transportu wodnego jak i kolejowego, infrastrukturę można podzielić na punktową i liniową. Wynik dekompozycji sieci transportowej przedstawiono poniżej.

2.1 Transport wodny

W transporcie śródlądowym, infrastrukturą liniową są drogi wodne, a punktową budowle hydrotechniczne oraz porty przeładunkowe.

Drogami wodnymi są rzeki i kanały żeglowne spełniające określone wymagania. Ze względu na parametry (głębokość, szerokość, promienie zakoli –przekładające się na parametry najdłuższej jednostki mogącej pokonać dane zakole, oraz prześwity pod mostami) drogi wodne charakteryzowane są poprzez klasy. Polska klasyfikacja (w odróżnieniu od międzynarodowej –patrz [4]) dzieli drogi na 7 klas. Cztery pierwsze (Ia, Ib, II, III), mają znaczenie lokalne. Pozostałe klasy (IV, Va, Vb) odnoszą się do dróg wodnych o znaczeniu międzynarodowym.

Obecnie za satysfakcjonującą uznaje się klasę III dróg wodnych, jednak w dążeniu do wymagań i trendów Unii Europejskiej w rozwoju floty ważne jest, aby dążyć do uzyskania jak największej liczby kilometrów dróg wodnych o parametrach dróg międzynarodowych. [5]

Innym podziałem jest określenie stopnia regulacji danej drogi wodnej. Możemy dokonać podziału na:

- kanały żeglowne –wybudowane przez ludzi, specjalnie do celów żeglugowych;
- rzeki skanalizowane –rzeki w swoich korytach, dostosowane do potrzeb żeglugi m.in. poprzez kanalizację, tj. wybudowanie stopni wodnych utrzymujących stały poziom wody na określonym odcinku poprzez budowę jazu i umożliwienie przeprawy poprzez budowę śluzy;
- rzeki swobodnie płynące –rzeki w swoich korytach, dostosowane do potrzeb żeglugi przy minimalnych nakładach na budowle hydrotechniczne.

Obecnie w Polsce regularna żegluga na odcinku dłuższym niż 100km jest jeszcze uprawiana w relacji Gliwice – Wrocław. Odcinek ten obejmuje Kanał Gliwicki oraz prawie całą Odrę Skanalizowaną.

Na drogach wodnych niezdatność infrastruktury liniowej następuje w skutek komunikatów o zamknięciu szlaku. Wydają je odpowiednie jednostki Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej. Najczęstszymi powodami zamknięcia szlaku są:

- złodzenia, przejścia lodu,
- wysokie stany wód,
- niskie stany wód,
- okresy po wyżej wymienionych –wynika to z konieczności sondowania dna i ewentualnego wydobycia naniesionych mas ziemi, zamuleń etc.

Zdarzenia powodujące niezdatność infrastruktury punktowej to różne rodzaje uszkodzeń śluz oraz wypadki. Niezdatności portów wynikają z uszkodzeń urządzeń przeładunkowych.

2.2 Transport kolejowy

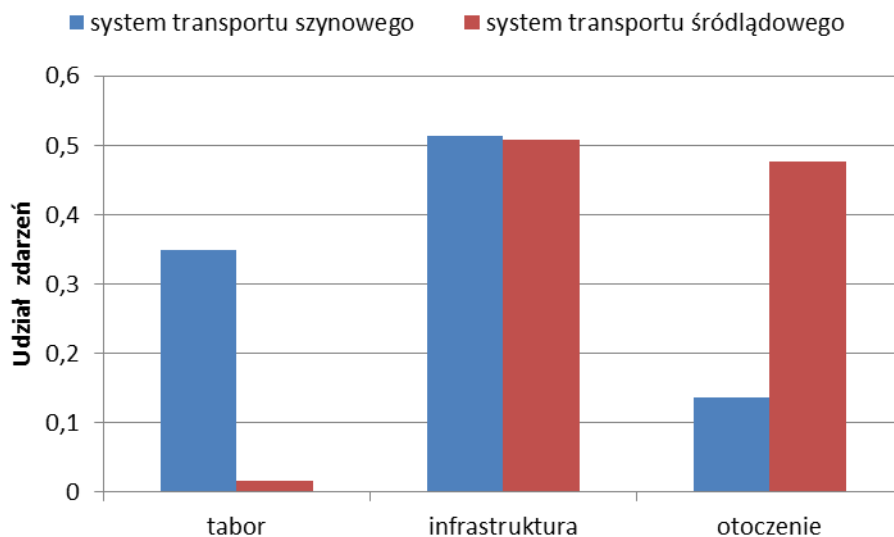
W transporcie kolejowym podstawowym elementem infrastruktury są linie kolejowe. Mogą one być jedno, dwu lub wielotorowe. Do infrastruktury liniowej należy tor wraz z podtorzem, sieć trakcyjna oraz łącza informacyjne. W zależności od prędkości szlakowej, dopuszczalnych nacisków, skrajni itp. linie dzielą się:

- magistralne,
- pierwszorzędowe,
- drugorzędowe,
- znaczenia lokalnego.

Wzdłuż linii położone są elementy infrastruktury punktowej, do których należą:

- przejazdy kolejowo-drogowe,
- urządzenia sterowania ruchem,
- rozjazdy,
- posterunki ruchu,
- tory odstawcze,
- punkty przeładunkowe.

System transportu szynowego jest mniej wrażliwy na wpływ otoczenia niż system transportu śródlądowego. Udział zdarzeń powodujących niezdatność, spowodowanych działaniem otoczenia jest zdecydowanie mniejszy w przypadku transportu kolejowego (zob. rys. 1).



Rys.1. Udział zdarzeń niepożądanych w ogólnej liczbie, opracowanie własne na podstawie [7]

3. ODRZAŃSKA DROGA WODNA

Tematyka transportu wodnego śródlądowego nie jest tematem powszechnie omawianym w Polsce. Z tego powodu celem jest przybliżenie charakterystyki dróg wodnych. Problematykę przedstawiono na przykładzie Odrzańskiej Drogi Wodnej.

Szlak transportowy Odrzańskiej Drogi Wodnej pierwotnie miał umożliwiać wywóz węgla z Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego do Niemiec i zespołu portowego Szczecin-Swinoujście. Z tego powodu wybudowano Kanał Gliwicki.

Na Odrzańską Drogę Wodną składa się właśnie Kanał Gliwicki, Odra Skanalizowana i Odra Swobodnie Płynąca. Bardziej szczegółowy podział zostanie przedstawiony poniżej.

Kanał Gliwicki łączy się z Odrą w jej 98. kilometrze, przy nie funkcjonującym obecnie Porcie Koźle. Jest to droga wodna o znaczeniu regionalnym. Ma III klasę żeglowności. Jego najistotniejsze wymiary to:

- minimalna szerokość 35m,
- głębokość tranzytowa 2,5m,
- szerokość śluz 12m,
- długość śluz 72m.

Na długości 41,2 km znajduje się 6 podwójnych śluz. Dzięki nim pokonuje się spad o wysokości 43,6m Kanał kończy się w Porcie Gliwice. Port wyposażony jest w utwardzane nabrzeże, plac odstawczy i urządzenia przeładunkowe. Doprowadzona jest do niego infrastruktura kolejowa. Pozwala to na przeładunek towarów z pociągów na statki. Obecnie jest to najprężniej działający port przeładunkowy na polskim śródlądziu.

Odra Skanalizowana, to odcinek od Kędzierzyna Koźła (98,60 km Odry) do Brzegu Dolnego (282,65km). Sklasyfikowana jest jako III klasa żeglowności. Na tym odcinku znajdują się 23 śluzy o parametrach:

- 9,6m szerokości,
- 187 m długości.

Pozwala to na prześluzowanie zestawu dwóch barek pchanych z pchaczem równocześnie (na Kanale Gliwickim konieczne jest rozformowanie zestawu przed wejściem do śluz).

Odra skanalizowana charakteryzuje się ustalonymi parametrami hydrotechnicznymi. Przyjmuje się stałą głębokość tranzytową 1,8m. Umożliwia to eksploatację floty o zanurzeniu $T=1,7m$.

Na Odrze Skanalizowanej znajduje się nieczynny Port Koźle, który niegdyś szczycił się największymi przeładunkami w Europie. Obecnie cała infrastruktura przeładunkowa została zdemontowana. Port Miejski we Wrocławiu ma również zdecydowanie ograniczoną funkcję. Wszystkie budynki spichlerzy i magazynów służą teraz za drobne sklepiki i składowiska. Prawie wszystkie nadodrzańskie miasta miały kiedyś swoje porty, obecnie jednak nie są one eksploatowane. W niektórych przypadkach ewentualne przywrócenie im funkcji jest niemożliwe np. ze względów własnościowych.

Odra Swobodnie Płynąca to odcinek od Brzegu Dolnego do Szczecina. Na całej długości notuje się klasy żeglowności od II do Vb. Odcinkiem limitującym żeglugę jest odcinek od Brzegu Dolnego do ujścia Nysy Łużyckiej. Jest to droga o bardzo zróżnicowanych parametrach nawigacyjnych. Średnia prędkość prądu oraz głębokości średnie na całej trasie od Brzegu Dolnego do Szczecina, wynosi w zależności od stanu wody:

- dla wysokiej wody żeglownej - $V=4,67$ km/h, $h=2,89m$,
- dla średniej wody żeglownej - $V=3,98$ km/h, $h=2,03m$,
- dla niskiej wody żeglownej - $V=2,88$ km/h, $h=1,61m$.

Zmienność parametrów hydrotechnicznych Odry Swobodnie Płynącej sprawia, że bardzo często nie ma możliwości jej eksploatacji ze względu na zbyt niską wodę. Dlatego na tym odcinku nie odbywa się regularna żegluga towarowa. Najczęściej spławiane ładunki do tzw. gabaryty, przewożone sporadycznie. Takie przewozy są możliwe, wymagają jednak pewnych przygotowań.

Przy brzegach Odry Swobodnie Płynącej, podobnie jak w przypadku Skanalizowanej, istnieją jeszcze pozostałości po dawnych portach, jednak tylko port Szczecin-Świnoujście, dzięki przeładunkom statków morskich, zachował swoje funkcje i się rozwija.

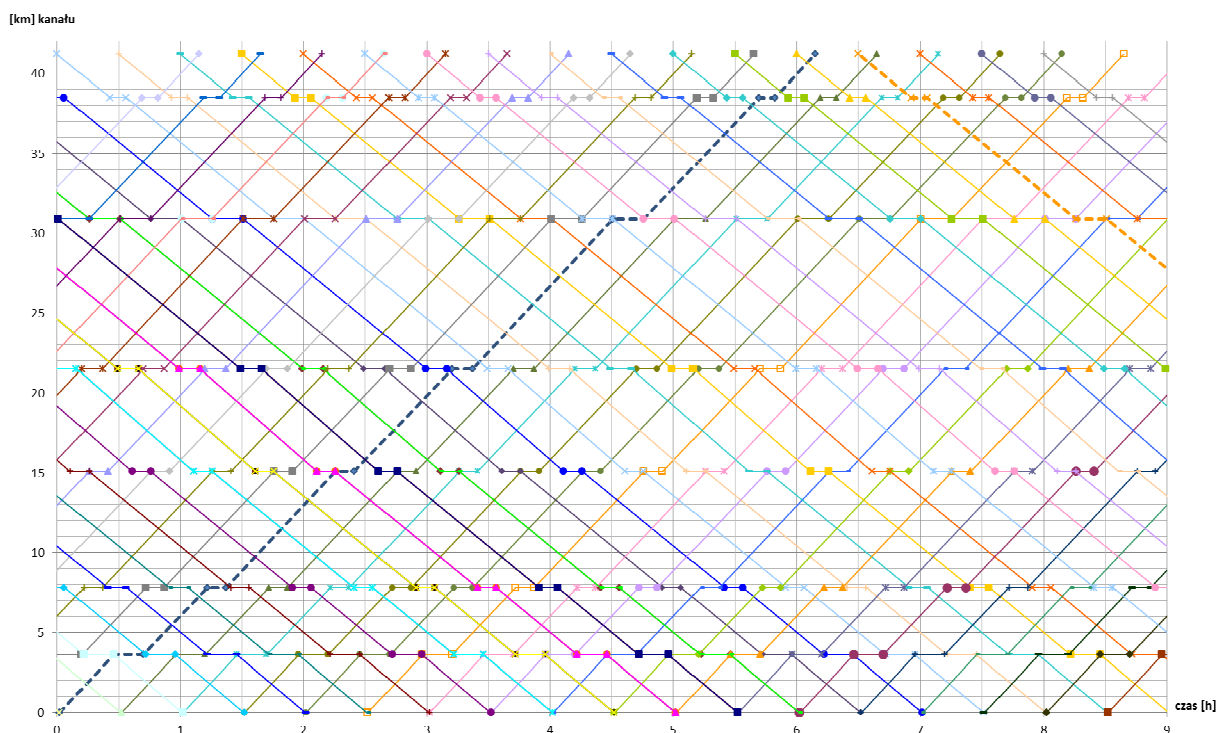
Jak wynika z przedstawionych danych, Odrzańska Droga Wodna jest bardzo złożonym tworem. Co jednak istotniejsze – nie stanowi połączenia głębi kraju z morzem, drogami klasy międzynarodowej. Stanowi to ogromny problem, bo regularne przewozy mogą odbywać się jedynie regionalnie.

4. PROCES TRANSPORTOWY

Rozmieszczenie jednostek na szlaku żegludowym i kolejowym można przedstawić za pomocą podobnego wykresu. Zależności czasu w funkcji kilometrażu szlaku. Dla przykładu, na wykresie przedstawiono maksymalne wykorzystanie szlaku żeglownego – Kanału Gliwickiego.

Z uwagi na obszerne założenia czynione dla określenia takiego planu, przedstawiony został jedynie efekt analizy w formie wykresu. Szczegółowy opis tworzenia i znaczenia wykresu 1 można odnaleźć w [7].

Ze względu na konieczność śluzowania jednostek, jako element limitujący przejęto śluzowanie w śluzie, w której proces ten trwa najdłużej na całym badanym odcinku. Zakładając maksymalne wykorzystanie śluzy Dzierżno, wykonano plan położenia jednostek na Kanale Gliwickim w formie wykresu czasu w funkcji kilometrażu kanału. Przedstawiono go na rysunku 2.



Rys.2. Plan położenia zestawów pchanych na Kanale Gliwickim

Tabelaryczne odzwierciedlenie fragmentu wykresu z rysunku 2. przedstawia tabela 1. Zestawiono w niej czasy wchodzenia i wychodzenia ze śluz jednostek płynących w górę kanału (z prędkością $V=9\text{km/h}$) oraz w dół (z prędkością $V=7\text{km/h}$). Komórki przedstawiające miejsca krzyżowań wypełniono jednakowymi kolorami, a miejsca oczekiwania jednostek zaznaczono kolorem czerwonym.

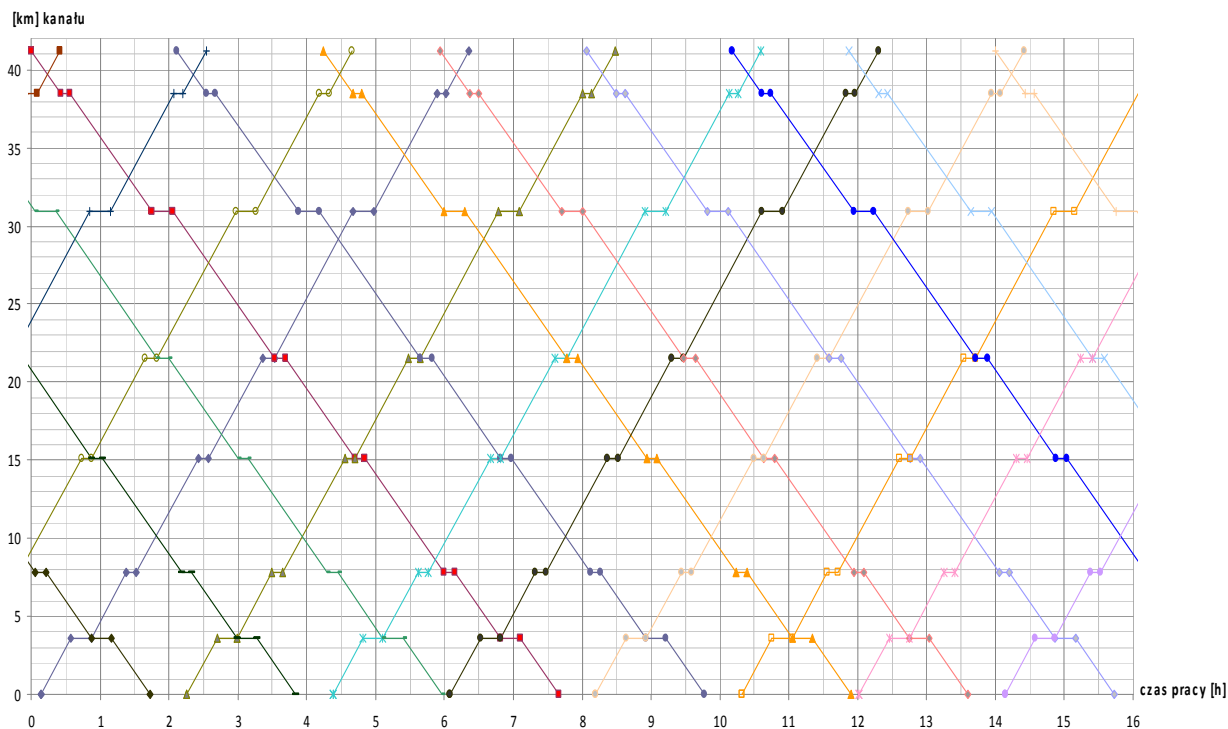
Tab. 1. Tabelaryczny obraz wykresu położenia zestawów pchanych na Kanale Gliwickim

	km kanału	Czas we/wy [h] przy V=9km/h					Czas we/wy [h] przy V=7km/h				
		0,02	0,52	1,02	1,52	2,02	10,02	10,52	11,02	11,52	12,02
K-Koźle	0										
Kłodnica	3,6	0,46	0,96	1,46	1,96	2,46	9,46	9,96	10,46	10,96	11,46
	3,6	0,7	1,2	1,7	2,2	2,7	9,22	9,72	10,22	10,72	11,22
Nowa Wieś	7,8	1,22	1,72	2,22	2,72	3,22	8,56	9,06	9,56	10,06	10,56
	7,8	1,37	1,87	2,37	2,87	3,37	8,41	8,91	9,41	9,91	10,41
Sławęcice	15,1	2,26	2,76	3,26	3,76	4,26	7,26	7,76	8,26	8,76	9,26
	15,1	2,41	2,91	3,41	3,91	4,41	7,11	7,61	8,11	8,61	9,11
Rudzieniec	21,5	3,2	3,7	4,2	4,7	5,2	6,16	6,66	7,16	7,66	8,16
	21,5	3,37	3,87	4,37	4,87	5,37	5,99	6,49	6,99	7,49	7,99
Dzierżno	30,9	4,51	5,01	5,51	6,01	6,51	4,51	5,01	5,51	6,01	6,51
	30,9	4,76	5,26	5,76	6,26	6,76	4,26	4,76	5,26	5,76	6,26
Łabędy	38,5	5,69	6,19	6,69	7,19	7,69	3,06	3,56	4,06	4,56	5,06
	38,5	5,82	6,32	6,82	7,32	7,82	2,93	3,43	3,93	4,43	4,93
Port Gliwice	41,2	6,15	6,65	7,15	7,65	8,15	2,5	3	3,5	4	4,5

Przedstawione przykładowe dane wskazują na konieczność oczekiwania jednostek płynących w górę kanału przed wejściem do śluz: Kłodnica i Sławęcice. Przy czym długości postoju wynoszą odpowiednio: 0,04 h (2:24 min) oraz 0,01 h (0:36 min). Zauważyć należy, że żaden z czasów oczekiwania nie jest dłuższy niż zakładany 10% zapas uwzględniany przy określaniu czasu pokonania poszczególnych odcinków między śluzowymi. [7]

Przedstawione dane wskazują na ilość statków jaka może przebywać równocześnie na szlaku (19). Liczba ta nie stwarza kongestii na omawianym Kanale. Nie ma jednak takiego popytu na usługi żeglugi śródlądowej. Mniejsze wykorzystanie śluz sprawia, że szlak jest elastyczniejszy. Łatwiej jest też reagować na wszelkie zakłócenia niż przy ściśle określonym rozkładzie jazdy.

Dla porównania, poniżej przedstawiono wykres przedstawiający 9 jednostek płynących po Kanale Gliwickim.



Rys.3. Plan położenia zestawów pchanych na Kanale Gliwickim, wersja 2

Jednostki krzyżują się, jednak nawet w przypadku bezpośredniego następstwa jednostek zakłócenia w ich przybyciu nie będą rzutować na cały system.

5. DANE PODDANE ANALIZIE

Informacje dotyczące zdarzeń niepożądanych i okoliczności zajścia są niezbędne do przeprowadzenia analiz niezawodności i bezpieczeństwa. Podstawowymi źródłami danych dla systemu transportu szynowego oraz śródlądowego są zarządcy infrastruktury, przewoźnicy i własne pomiary.

W przypadku zarządcy infrastruktury kolejowej informacje ruchowe zbierane są w kolejnych posterunkach przebiegu pociągu, trafiając następnie do księgi ruchu. Powstanie zakłóceń, powodujących wymierne odstępstwa od rozkładu jazdy, uaktywnia dyspozyturę zarządcy infrastruktury i właściwych przewoźników. Łańcuch informacyjny składa się zatem z kilku (przy zgodności z rozkładem jazdy) do kilkunastu (włącznie z dyspozyturą) ogniw.

Zarządcy infrastruktury transportu śródlądowego gromadzą dane o mniejszej rozdzielczości. Oznacza to, że nie pozyskuje się informacji na temat przebiegu statku wzdłuż drogi wodnej. Jedynie zdarzenia powodujące zamknięcia szlaku na co najmniej jeden dzień pracy służ są odnotowywane.

Przewoźnik kolejowy jest zasadniczo wtórnym źródłem informacji ruchowych, które nie są zbierane u niego, tylko w ramach raportów pozyskiwane od zarządcy infrastruktury. Natomiast armator stanowi źródło dużo pełniejsze od zarządców dróg śródlądowych.

Ostatnim źródłem danych są własne pomiary. Jest to sposób pozyskania danych, których zgodność z rzeczywistością można określić lub stosunkowo łatwo zmierzyć. Ze względu na liczbę punktów pomiarowych i czas wymagany do przeprowadzenia takich pomiarów (co najmniej jeden okres obowiązywania rozkładu jazdy) wiąże się on z dużymi nakładami finansowymi.

W [9] wskazano informacje gromadzone na temat zdarzeń niepożądanych w systemie transportu szynowego, są nimi:

- data i godzina wystąpienia zdarzenia,
- data i godzina usunięcia usterki,
- miejsce wystąpienia zdarzenia niepożądanego,
- podmiot odpowiedzialny za wystąpienie zdarzenia niepożądanego,
- przyczyna wystąpienia zdarzenia niepożądanego,
- opis wydarzenia niepożądanego,
- liczba opóźnionych pociągów pasażerskich,
- sumaryczne opóźnienie pociągów pasażerskich,
- liczba opóźnionych pociągów towarowych,
- sumaryczne opóźnienie pociągów towarowych.

Korzystając z [9] zinventaryzowano najczęstsze zdarzenia niepożądane, które mogą wystąpić w systemie transportu szynowego:

- uszkodzenia taboru lub inne zdarzenia związane z przewoźnikiem,
- uszkodzenia urządzeń łączności lub sterowania ruchem kolejowym,
- uszkodzenia nawierzchni kolejowej,
- uszkodzenia sieci trakcyjnej lub urządzeń energetycznych,
- zdarzenia niepożądane związane ze sterowaniem ruchem pociągów,
- wypadki pociągowe,
- inwestycje własne,
- wypadki z ludźmi,
- wypadki z pojazdami drogowymi,
- kradzieże i dewastacja infrastruktury, taboru lub ładunku,
- zjawiska atmosferyczne i żywioły,
- inwestycje obce,
- inne.

6. STANY NIEZAWODNOŚCIOWE SYSTEMU

Zinventaryzowane zdarzenia niepożądane występujące w systemie transportu szynowego i śródlądowego różnią się między sobą, zarówno jakościowo oraz ilościowo. W celu uzyskania prawidłowego modelu pogrupowano zdarzenia, przyjmując je za przyczynę wystąpienia stanu niezdatności podsystemu lub całego systemu. W modelu wykorzystano dziewięć stanów:

- stan zdatności całego systemu łamanego (0),
- stan niezdatności podsystemu kolejowego ze względu na planową obsługę techniczną (1),
- stan niezdatności podsystemu kolejowego ze względu na zdarzenia niepożądane (2),
- stan niezdatności podsystemu śródlądowego ze względu na planową obsługę techniczną (3),
- stan niezdatności podsystemu śródlądowego ze względu na zdarzenia niepożądane (4),
- stan niezdatności podsystemu kolejowego ze względu na planową obsługę techniczną oraz niezdatności podsystemu śródlądowego ze względu na planową obsługę techniczną (13),
- stan niezdatności podsystemu kolejowego ze względu na planową obsługę techniczną oraz niezdatności podsystemu śródlądowego ze względu na zdarzenia niepożądane (14),
- stan niezdatności podsystemu kolejowego ze względu na zdarzenia niepożądane oraz niezdatności podsystemu śródlądowego ze względu na planową obsługę techniczną (23),

-stan niezdatności podsystemu kolejowego ze względu na zdarzenia niepożądane oraz niezdatności podsystemu śródlądowego ze względu na zdarzenia niepożądane (24),

7. MODEL NIEZAWODNOŚCIOWY

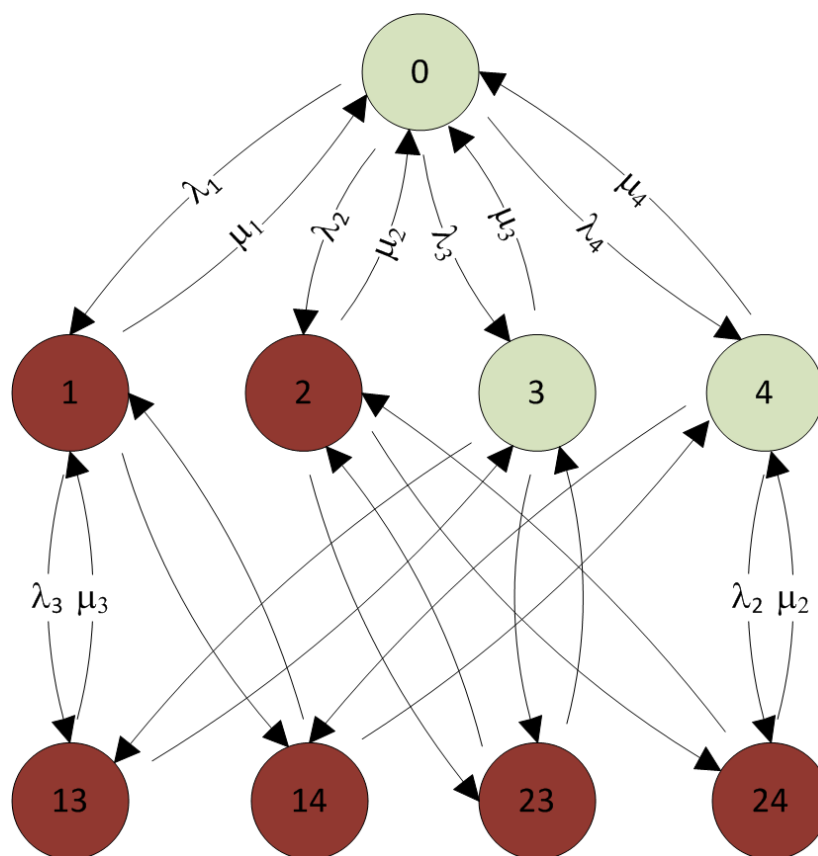
Z [8] wynika, że czasy między zdarzeniami oraz czasy do napraw mogą być zamodelowane dostatecznie dobrze wykładniczymi rozkładami gęstości prawdopodobieństwa. Analiza [2] wykazała również charakter wykładniczy zdarzeń w żegludze śródlądowej. Dlatego wykorzystano dla zamodelowania zagadnienia model Markowa.

Dla wyżej wymienionych stanów określono możliwości przejść między nimi. Przyjęto, że w danej chwili może nastąpić tylko jeden rodzaj niezdatności danego podsystemu. Wynika z tego, że przejście ze stanu niezdatności systemu śródlądowego ze względu na obsługę techniczną do stanu niezdatności ze względu na zdarzenia niepożądane możliwe jest tylko przez stan pośredni w którym nie występuje już pierwsza niezdatność. Graf dla stosowanego Procesu Markowa pokazano na rysunku 4. Kolorem czerwonym oznaczono stany, w których system transportu łamanego nie jest zdalny do wykonywania zadań przewozowych. Jest zatem zdalny w przypadku przebywania w jednym z następujących stanów:

- obydwa podsystemy są zdalne (0),
- niezdatność podsystemu śródlądowego ze względu na obsługę techniczną (3),
- niezdatność podsystemu śródlądowego ze względu na zdarzenia niepożądane (4).

Z powyższego wynika, że warunkiem wystarczającym aby system działał jest przebywanie systemu transportu szynowego w stanie zdalności. Założenie takie przyjęto, ponieważ system kolejowy dowozi ładunki do portu przeładunkowego, a zatem niedowiezienie ładunku do statku powoduje, że statek nie może zrealizować zadania przewozowego.

Drugim powodem tak przyjmowanej niezdatności jest większa elastyczność transportu kolejowego. Jeżeli zatem nastąpi niezdatność podsystemu transportu śródlądowego na czas odczuwalny (co najmniej jeden dzień) wyobrażalne jest zastąpienie opóźnionych rejsów pociągami.



Rys.4. Graf stosowanego modelu Markowa

Obok zdefiniowanych stanów oraz możliwości przejść między nimi należało określić intensywności przejść. Potrzebne parametry określono w oparciu o [2], [8] oraz [11].

W [9] zwrócono uwagę na problemy w analizowaniu niezawodności linii o różnych parametrach. Dotyczy to również niniejszego przypadku żeglugi i kolei. Mimo, iż wykorzystane dane dotyczą tego samego korytarza transportowego, wyniki nie będą w pełni satysfakcjonujące, ponieważ długość linii kolejowych oraz wykonywana na tych liniach praca eksploatacyjna są zdecydowanie większe od pracy transportu śródlądowego, stąd intensywności uszkodzeń są większe. Parametry mające wpływ na eksploatację i niezawodność systemów transportowych opisano szerzej np. w [9] i [10].

8. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono model niezawodnościowy systemu transportu łamanego. Mimo braku dostępu do danych pierwotnych na temat eksploatacji systemu kolejowego udało się dla opracowanego modelu określić potrzebne intensywności uzyskując prawdopodobieństwa przebywania w stanach.

Gotowość systemu, definiowana jest na potrzeby niniejszej pracy jako prawdopodobieństwo przebywania w stanie 0, 3 lub 4. Prawdopodobieństwo przebywania systemu w stanie pełnej zdadności (0) wynosi 0,925. Prawdopodobieństwo przebywania w stanach zdadności, przy niezdatnym systemie śródlądowym, wynosi 0,017. Widoczne jest zatem, że prawdopodobieństwo terminowej realizacji przewozu dla systemu transportu łamanego sięga 0,942.

Przedstawiony model jest ogólny, jednak dokładniejszy od modelu [11]. Pozwala na szybką ocenę niezawodności rozumianej jako punktualną realizację procesu. W celu przybliżenia wyników modelu do rzeczywistości należałoby zwiększyć liczbę stanów, zmieniając przejścia między nimi. Wymagałby to jednak pozyskania dokładnych danych eksploatacyjnych dla systemu transportu szynowego.

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] Komisja Europejska: Biała Księga *Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*; 2011
- [2] Bogucki J.: *Przerwy żeglugowe na Odrze skanalizowanej w latach 1980-2008*, Wrocław 2009.
- [3] Skupień E.: *Odra jako źródło korzyści dla nadodrzańskich przedsiębiorstw*; Rozwój powiązań kooperacyjnych nauka, przemysł, samorząd - Kanał Odra - Dunaj - Łaba szansa czy konieczność? Warszawa : Krajowa Izba Gospodarcza, 2011. s. 134-146
- [4] Kulczyk J., Skupień E.: *Analiza możliwości wykorzystania dla potrzeb transportu planowanego Kanału Śląskiego łączącego drogę wodną Górnej Wisły z przewidywanym połączeniem Odra – Dunaj – Łaba*; praca wykonana na zlecenie Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie; Wrocław 2010
- [5] Kucaba E.: *Tendencje rozwoju europejskiej floty*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Problemy Transportu i Logistyki nr 14; Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2010.
- [6] Kulczyk J. Lisiewicz T. Skupień E.: *Model transportu łamanego węgla do Elektrowni Opole*, Logistyka 2011, nr 3, s. 1439-1448.
- [7] Praca zbiorowa pod redakcją Kulczyk J.: *Logistyczne uwarunkowania transportu łamanego węgla w korytarzu transportowym Odrzańskiej Drogi Wodnej*; Praca powstała w ramach realizacji programu badawczego rozwojowego Nr 10-0003-04 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.
- [8] Restel F.J.: *Analiza statystyczna zdarzeń niepożądanych w transporcie kolejowym*, niepublikowane wystąpienie konferencyjne w ramach XL Zimowej Szkoły Niezawodności, Szczyrk 2012.
- [9] Restel F.J.: *Measures of reliability and safety of rail transportation system*, Advances in Safety, Reliability and Risk Management 2012, s. 2714 – 2719.
- [10] Restel F.J.: *Obiegi taboru w aspekcie systemu wspomagania zarządzaniem eksploatacją*, Logistyka 2011, nr 6, s. 2489-2498.
- [11] Restel F.J., Skupień E.: *Analiza niezawodności transportu łamanego na przykładzie korytarza transportowego Odrzańskiej Drogi Wodnej*, Logistyka 2011, nr 6, s. 3543-3552.