

Risk management of oversize cargo transport

Iouri N. Semenov , Magdalena Kaup* 

West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Faculty of Maritime Technology and Transport

Abstract. The article examined the selected problems in traffic caused by oversize cargo transportation. The authors considered the uniqueness of such cargoes. They require an individual approach to the organization and implementation of delivery from origin to destination. Besides, they recognized the need to eliminate the numerous difficulties when transporting such abnormal loads as well as to reduce high-risk transportation. They also indicated that the solution to these problems is possible through the broader application of risk management methods of the road traffic, the reduction of various threats and probabilities of their occurrence in the context of the traffic flow disruption analysis.

Keywords: oversize cargo, risk management, road transport

1. Wstęp

Nowoczesnym trendem w światowym rozwoju technologicznym, ze względu na wzrost zapotrzebowania, jest zwiększanie łącznej mocy, produkowanej dla celów industrialnych, energetycznych itp. i maksymalnej gotowości produkcji przemysłowej. Zachodzące od wielu lat zmiany wymagań w sektorze budownictwa czy elektroenergetyce przemysłowej powodują systematyczny wzrost zapotrzebowania na moc i implikują unowocześnianie technologii procesów przemysłowych i przewozowych. Przykładem jest rynek transportu ładunków ponadnormatywnych w EMEA (ang. *Europa, the Middle East and Africa*), którego wartość została wyceniona na 59,81 mld USD w 2016 r. Na najbliższe lata eksperci prognozują stały wzrost tych przewozów ze względu na dobrą passę w budownictwie i przemyśle oraz użycie coraz cięższego sprzętu do transportu ładunków ponadnormatywnych. U podstaw ww. trendu są plany i zamierzenia inwestorów do:



- wdrożenia innowacyjnych technologii przemysłowych i energetycznych o podwyższonej wydajności, co z kolei skutkuje zwiększeniem pojemności i masy nowobudowanych i modernizowanych obiektów i instalacji,
- dostarczenia do miejsc budowy coraz większych monobloków o masie sięgającej kilku tysięcy ton w celach ich późniejszego montażu,
- wdrożenia skutecznych technologii transportu monobloków konstrukcyjnych,

Article citation information:

Iouri N. Semenov, Kaup M. (2020). Zarządzanie ryzykiem transportu ładunków ponadnormatywnych, WUT Journal of Transportation Engineering, 129, 63-71, ISSN: 1230-9265, DOI: [10.5604/01.3001.0014.3142](https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.3142)

*Corresponding author

E-mail address: mkaup@zut.edu.pl (M. Kaup)

ORCID:  [0000-0002-2250-9591](https://orcid.org/0000-0002-2250-9591) (I.N. Semenov),  [0000-0002-9384-8144](https://orcid.org/0000-0002-9384-8144) (M. Kaup)

Received 30 April 2020, Revised 6 July 2020, Accepted 10 July 2020, Available online 13 July 2020.

– zastosowania na budowach innowacyjnych procesów konstrukcyjnych polegających wyłącznie na montażu monobloków dostarczonych z fabryk.

Takie podejście wynika z dążenia zarówno do maksymalnej redukcji ryzyka przedłużenia terminu zakończenia budowy nowego obiektu, jak i zmniejszenia wydatków na realizowaną inwestycję. Wskutek tego rośnie zainteresowanie inwestorów usprawnieniem przewozów ładunków ponadnormatywnych, zarówno w ramach transportu drogowego, jak i w łańcuchach intermodalnych.

Celem niniejszego artykułu jest przeanalizowanie wybranych problemów w ruchu drogowym wywoływanych realizacją przewozów ładunków ponadnormatywnych. Pokazano, że rozwiązanie tych problemów jest możliwe poprzez uzupełnienie podstaw merytorycznych w procesie organizacji transportu ładunków ponadnormatywnych (ang. *Abnormal In-divisible Load, AIL*), w zakresie szerszego zastosowania metod zarządzania ryzykiem utraty płynności tego ruchu, redukcji zagrożeń i prawdopodobieństw ich wystąpienia w kontekście analizy zakłóceń płynności ruchu.

2. Stan zagadnienia

Przeprowadzony przegląd dostępnej literatury nie daje pełnego obrazu występujących problemów, jak i proponowanych rozwiązań. Autorzy skupili się na analizie głównych nurtów badań dotyczących transportu ładunków ponadnormatywnych dokonanych na przestrzeni ostatnich 25 lat.

Rozważania przeprowadzone przez P. Rietvelda i D. Shefera [12] nasuwają ciekawy wniosek, w którym jako pierwsi zasugerowali oni, że nadmiar samochodów w ruchu drogowym może mieć pozytywny wpływ na bezpieczeństwo uczestników ruchu drogowego. Nieco później do podobnego wniosku doszli P. Marchesini & W. Weijermars [8]. Jak postulują autorzy, zwiększenie natężenia ruchu i gęstości poruszających się samochodów zbliża wartości tych parametrów ruchu do poziomów krytycznych, co powoduje że ruch drogowy staje się niestabilnym. W takich warunkach, każdy błąd kierowcy może doprowadzić do kolizji lub wypadku. Zaistniała sytuacja zmusza kierowców do zmniejszenia prędkości ich samochodów, co może mieć pozytywny wpływ na uspokojenie ruchu, a w konsekwencji zmniejszenia się liczby ofiar wypadków, w tym ze skutkiem śmiertelnym.

Aby zbadać dylemat „Prędkość vs. bezpieczeństwo”, D.C. Gazis i R. Herman [3] opracowali koncepcję ruchomego „wąskiego gardła” (ang. *moved bottleneck*), które powstaje na skutek ograniczenia prędkości poruszania się pojazdów. Według badań autorów, spowolnienie jest konsekwencją przemieszczenia konwoju z ładunkiem ponadnormatywnym.

W późniejszym okresie G. F. Newell [11] zaproponował teorię ruchomego wąskiego gardła i zdefiniował szereg założeń opartych o model fali kinematycznej. Teoria ta została uzupełniona w publikacji J. Muñoz and C. Daganzo [10], ponieważ poprzednia jej wersja nie była w pełni zgodna z obserwacjami w realnym ruchu drogowym.

Kolejne badania zostały zapoczątkowane przez S. Masukura, K. Tanaka, T. Nagatani, H. Hanaura [9], którzy określili wpływ wolno poruszającego się pojazdu na natężenie ruchu. Rozwój tych badań dokonał w artykule B. Kerner [7], który przeanalizował wartości krytyczne prędkości poruszania się „wąskiego gardła”. Wskazał, iż osiągnięcie największych wartości powoduje występowanie wyraźnego podziału ruchu na ruch swobodny (ang. *Free Flow*), ruch synchronizowany (ang. *Synchronised Flow*) oraz ruch zatłoczony (ang. *Wide-moving Jam*).

Autorzy Fang Yuan, Chen Jian-Zhong i Peng Zhi-Yuan [2] opracowali model FVD (ang. *Full Velocity Difference*), który jest uzupełnieniem modelu Masukury i innych, dając możliwość oceny natężenia ruchu na drodze z liczbą pasów większą niż jeden. Model jest oparty na założeniu, że na dwupasmowej drodze istnieje możliwość zmiany regulacji ruchu, po osiągnięciu krytycznie małych wartości prędkości poruszania się w skutek niskiej prędkości przemieszczenia się ruchomego „wąskiego gardła”. Z kolei przez I. Jacynę-Gołdę, J. Żak i P. Gołębiowskiego [5] zbadane zostały różne aspekty problemu wielowariantowych podziałów strumieni ruchu według określonych scenariuszy rozwoju transportu. Jeszcze inne rozważania podjął X. Wei, który w publikacji dokonał oceny opóźnień spowodowanych poruszaniem się „wąskich gardeł” na autostradach [16].

Przeprowadzona analiza istniejących nielicznych źródeł informacji pozwala stwierdzić, że do tej pory problemy transportu AIL (ang. *Abnormal Indivisible Loads*) nie zostały dogłębnie zbadane, w skutek czego w tym obszarze wiedzy utrzymuje się wysoki poziom tzw. „głodu podkładzin merytorycznych”.

Dążeniem autorów niniejszego artykułu jest uzupełnienie wyników badań dotyczących dynamiki ruchu drogowego z uwzględnieniem transportu ładunków ponadnormatywnych, wykonanych w latach poprzednich.

3. Wybrane problemy transportu ładunków ponadnormatywnych

3.1. Problem unikatowości organizacji transportu ładunków AIL

Przy organizacji ruchu drogowego uwzględnia się przede wszystkim następujące czynniki: natężenie i gęstość ruchu, przepustowość drogi czy płynność ruchu drogowego. Transport AIL w większości przypadków jest realizowany w strumieniu innych pojazdów drogowych. Pojazdy załadowane AIL poruszają się z ograniczoną prędkością, co obniża prędkość innych samochodów, a w konsekwencji doprowadza do powstania zatorów, zmniejszających przepustowość drogi do zera. W związku z tym, kwestia włączenia realizacji przewozów AIL na części sieci drogowej o dużym natężeniu nie jest zawsze pozytywnie odbierana przez władze lokalne, które w tych przypadkach niechętnie wydają zezwolenia na przejazd.

Każde przedsiębiorstwo przewozowe musi organizować i realizować dostawy ładunków ponadnormatywnych, biorąc pod uwagę wszystkie istniejące normy i wymagania nałożone przez odpowiednie organy państwowe i międzynarodowe. Ładunki ponadnormatywne są zazwyczaj transportowane przez przewoźników specjalistycznych wyposażonych w niestandardowy tabor przyczep oraz naczep. Ich transport wykonywany jest indywidualnie lub w konwoju i w eskorcie samochodów pilotujących. W szczególnych przypadkach, do eskorty dołączane są samochody policji, w celu zapewnienia dodatkowego poziomu bezpieczeństwa dla użytkowników dróg i prowadzenia kontroli ruchu w krytycznych punktach trasy.

W zależności od masy oraz wymiarów ładunku, zalecanych środków transportu i wymagań do infrastruktury mogą być określone kategorie złożoności procesu przewozowego AIL. W transporcie ładunków ponadnormatywnych mogą być wykorzystane trzy rodzaje pojazdów i zespołów pojazdów (tab. 1).

Tabela 1. Pojazdy drogowe wykorzystywane w przewozach ładunków ponadnormatywnych

Lp.	System przewozowy	Kategorie ładunków ponadnormatywnych	Dozwolona prędkość	Zezwolenie na wykonanie przewozów
1	Duże samochody ciężarowe LHV (ang. <i>Longer and Heavier Vehicles</i>)	Standardowe	Zgodnie z przypisami o ruchu drogowym	Nie wymaga zezwoleń na wykonanie przewozów
2	Pojazd lub zespół pojazdów nienormatywnych (ang. <i>Abnormal Vehicles or Oversizes load</i>)	Niestandardowe	- 65 km/h – autostrady - 56km/h - 4 pasy ruchu - 48 km/h - 2 pasy ruchu	Wymaga zezwoleń na wykonanie przewozów
3	Samojezdne platformy modułowe SPMT, pojazdy modułowe typu ModulMAX (ang. <i>Self-propelled Modular Transporter</i>)	Unikatowe	- max 5 km/h- użycie pilota zdalnego sterowania poj., - 25 km/h - kierowanie pojazdem przez kierowcę	Wymaga zezwolenia dla każdego ładunku osobno

(źródło: opracowanie własne na podstawie [1])

System przewozowy AIL powinien być kompatybilny z innymi procesami obsługi tego ładunku, które mogą być wymagane w trakcie jego montażu, demontażu i przeładunku. Istnieje szereg wymagań, których uwzględnienie może zapewnić skuteczność pracy przewozowej, w tym dlatego istotne jest rozpatrywanie następujących kwestii:

- wieloaspektowości pracy przewozowej - w trakcie opracowania projektu przewozu AIL istnieje potrzeba uwzględnienia zarówno najlepszych praktyk, jak i licznych dodatkowych wymagań dotyczących wyeliminowania lub znacznego zmniejszenia zagrożenia opóźnienia dostawy, zapobiegania wypadkom itp.,
- rygorystycznych powiązań (ang. *Rigorously Coupled*) poszczególnych składowych systemu transportu AIL - wynika to z faktu, że każda ze składowych ma ściśle zdefiniowane funkcje do wykonania w trakcie pracy przewozowej, np. podczas eskorty policja jest zobowiązana zapewnić bezpieczeństwo na każdym odcinku drogi, natomiast przewoźnik dostarczyć ładunek na czas niezależnie od zakłóceń w ruchu,
- nieliniowości relacji (ang. *Nonlinear Relationships*) składowych systemu transportu AIL - jest to najbardziej uwidocznione w relacjach pomiędzy składowymi systemu transportu AIL, przewożonym ładunkiem a ograniczeniami na trasie przewozu itp.,
- wyeliminowania błędów w procesie planowania i organizacji dostaw AIL w przypadku zastosowania tradycyjnego podejścia do tego rodzaju prac - wynikają one z nieuwzględnienia tego, że informacja, wykorzystywana w trakcie organizacji dostaw, jest asymetryczna, ponieważ różni uczestnicy różnych etapów procesu przewozowego dysponują inną informacją niż ich partnerzy,
- unikatowości zadań transportu AIL, co obniża wiarygodność podejmowanych decyzji, doprowadzając do wystąpienia efektu tzw. fali uderzeniowej (ang. *Shockwave*), a w konsekwencji może spowodować poważne zakłócenia w ruchu drogowym, zwiększenia czasu oraz kosztów dostawy,
- poważnego zróżnicowania nie tylko wymiarów, mas i kształtów (tab.1) ładunków ciężkich przestrzennych i ponadgabarytowych, ale również lokalizacji ich środka ciężkości.

3.2. Problem występowania utrudnień w ruchu drogowym

Skuteczność dostaw AIL zależy od celowości decyzji logistycznych, ponieważ proces transportu tych ładunków jest uwarunkowany szeregiem skomplikowanych przyczyn, odzwierciedlających nie tylko nietypowość parametrów transportowanych ładunków, ale niedoskonałość sieci ulic i autostrad, co wymaga redukcji prędkości pojazdów z ładunkiem AIL [14]. Jak wynika z analiz statystycznych przewozów, prawie 35% tych dostaw realizowanych jest z prędkością 64,36 km/godz. (40 mph), 60% z prędkością 80,45 km/godz. (50 mph). Dopuszczalna dla transportu towarowego prędkość 90-95 km/godz. została zastosowana w trakcie dostaw AIL tylko w 5,4% przypadków przewozów [4] (tab. 2).

Transport AIL z prędkością 64,36 km/godz. (40 mph) stanowi 86% ogólnych kosztów kongestii i wykonywany jest na stosunkowo krótkich odległościach zajmując 35% rocznego przebiegu. Natomiast transport AIL z prędkością 80,45 km/godz. (50 mph) wytwarza 13% ogólnych kosztów kongestii i wykonuje się na średnich oraz długich dystansach, zajmując 60% rocznego przebiegu. Większe zainteresowanie tą kategorią przewozów można wytłumaczyć mniejszym wpływem na powstanie kongestii w ruchu drogowym niż powolniejsze przewozy (wykonywane np. z prędkością 60–65 km/godz.). Przewozy AIL z prędkością 96,54 km/godz. (60 mph) wykonywane są bardzo rzadko i przyczyniają się tylko do 1% od ogólnych kosztów kongestii w ruchu drogowym [4].

Tabela 2. Wartości prędkości uzyskiwane podczas transportu AIL z uwzględnieniem liczby zajętych pasów drogi

Lp.	Prędkość	Liczba zajętych pasów drogi		Ogółem
		Jeden pas	Dwa pasy	
1	64,36 km/godz. (40 mph)	32,0 %	2,6 %	34,6 %
2	80,45 km/godz. (50 mph)	55,5 %	4,5 %	60,0 %
3	96,54 km/godz. (60 mph)	5,0 %	0,4 %	5,4 %
	Ogółem	92,5 %	7,5 %	100,0 %

(źródło: [4])

Wpływ transportu AIL na koszty kongestii, powstających wskutek zajmowania więcej niż jednego pasa, jest bardziej wyraźny niż wpływ prędkości poruszania się pojazdów drogowych. Obciążenia ruchu transportem AIL zajmującym dwa pasy stanowią 42% rocznego kosztu zatorów, mimo że wynoszą one zaledwie 7,5% całkowitego przebiegu.

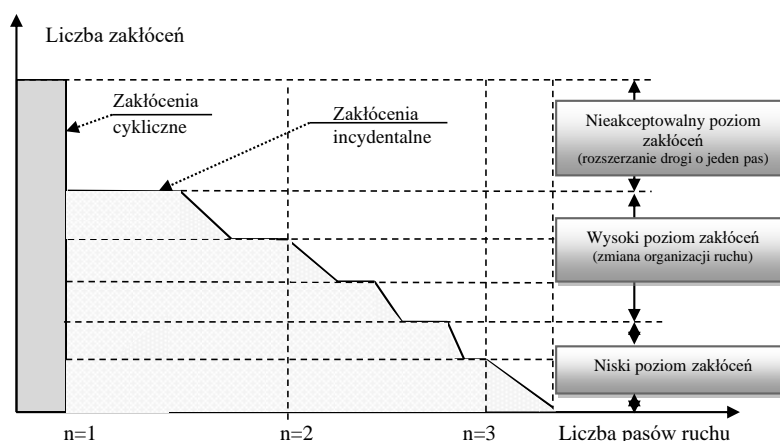
Tradycyjne podejście do planowania przewozów konwencjonalnych oparte jest na uwzględnieniu trzech rodzajów kongestii występujących w ruchu drogowym [6], [15]:

- wąskie gardło (ang. *Bottleneck*) - powstaje wskutek różnych ograniczeń infrastrukturalnych powodujących powstanie tzw. zatorów kierunkowych; dotkliwość kongestii tego rodzaju zależy od liczby pasów drogi dostępnych do ruchu pojazdów (rys.1),
- kongestia wtórna (ang. *Triggerneck*) - dotyczy zatorów kierunkowych powodujących powstawanie tzw. zatorów obszarowych na drogach przyległych do autostrady,
- zakleszczenie (ang. *Gridlock*) - obejmuje strefy całkowitego zatrzymania ruchu na kilkukilometrowym obszarze sieci drogowej.

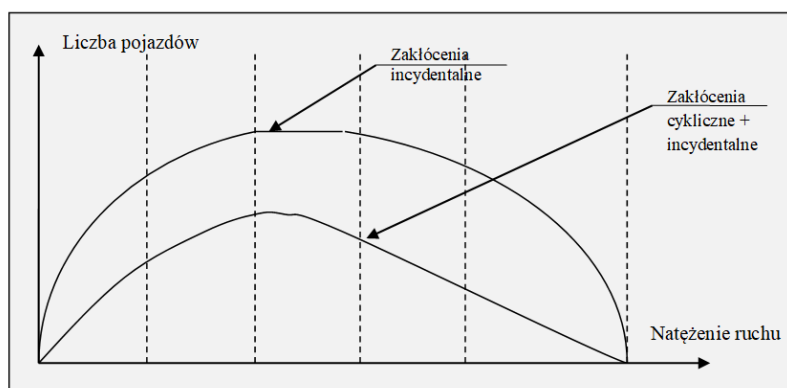
Biorąc po uwagę unikatowość zadań przewozowych w przypadku transportu AIL, można stwierdzić, że przy wykonywaniu każdego z nich towarzyszą liczne komplikacje, co podwyższa ryzyko niepowodzenia. Jednym z takich problemów jest powstanie tzw. „ruchomych wąskich gardeł” (ang. *Moved Bottleneck*) jako konsekwencji ograniczenia prędkości ruchu,

z którą powinien przemieszczać się konwój z ładunkiem ponadnormatywnym. Z praktyki przewozów AIL wynika, że poruszające się „wąskie gardła” można podzielić na dwa rodzaje:

1. częściowo zakłócające ruch - dotyczą sytuacji, kiedy przewóz AIL mieści się w ramach jednego pasa ruchu w jednym kierunku, co nie powoduje zakłócenia ruchu w kierunku przeciwnym; występuje w przypadku przewozu ładunku dłużycowego lub ciężkiego o szerokości do 2,5–3,0 m,
2. całkowicie zakłócające ruch - dotyczą sytuacji, kiedy cała szerokość drogi musi być zajęta, co wymaga od innych uczestników ruchu pozostania się z tyłu konwoju lub zmiany trasy przejazdu.



Rys. 1. Wpływ zakłóceń na zajętość pasów drogi (źródło: opracowanie własne)



Rys. 2. Zależność natężenia ruchu od rodzajów zatorów w ruchu drogowym (źródło: opracowanie własne autorów)

W ruchu drogowym występują dwa rodzaje zatorów, które mogą być cykliczne lub incydentalne (rys. 2). Pojawiają się one w przypadku, gdy natężenie ruchu jest wyższe niż przepustowość drogi, jednakże różne są przyczyny ich powstania. Zatory incydentalne mogą wywoływać różne reakcje uczestników ruchu i w konsekwencji mogą oni podejmować decyzje, wywołujące sytuację, w efekcie której może wystąpić tzw. efekt fali uderzeniowej (ang. *Shockwave*), przez co niemożliwe będzie terminowe wykonanie zadania przewozowego.

3.3. Problem wysokiego ryzyka pracy przewozowej

Dotychczas prowadzone badania wskazują na potrzebę usprawnienia transportu AIL wg kryterium minimalizacji ryzyka obniżenia jakości usług przewozowych. Istnieją cztery główne czynniki wpływających na taki stan rzeczy:

- bardzo długie trasy i czasochłonność przewozu ładunków ponadnormatywnych,
- wysoki koszt transportowanych monobloków,
- konieczność realizacji pracy przewozowej wg zasady JIT,
- multimodalność łańcucha dostaw ładunków ponadnormatywnych.

Brak wiedzy o korelacji tych czynników z dynamiką obniżania jakości świadczonych usług przewozowych wymaga dalszych badań dotyczących oceny ich wpływu na skuteczność projektów inwestycyjnych. Przeprowadzona przez Autorów analiza pokazuje, że ryzyko utraty jakości świadczonych usług przewozowych występuje na skutek:

- niepewności informacji o warunkach drogowych, które mogą występować na trasie w trakcie realizacji zadania przewozowego; zatem organizacja przewozu AIL zwykle opiera się wyłącznie na informacji mającej charakter stochastyczny,
- potrzeby podejmowania decyzji menedżerskich w sytuacjach niewystarczającej wiarygodności informacyjnej oraz ewentualnych zmian tej informacji w czasie; w takim przypadku skuteczność decyzji podejmowanych w trakcie opracowania projektów transportu AIL powinna być zapewniona na poziomie zapewniającym osiągnięcie zamierzonych celów, a w konsekwencji realizacji zadania przewozowego.

W praktyce redukcja tego rodzaju ryzyka dokonywana jest poprzez kreowanie szeregu wariantów alternatywnych projektów przewozowych (alternatywne środki transportu, alternatywne trasy, alternatywne schematy organizacji itp.). Takie podejście daje możliwość wyboru skutecznego projektu wg kryterium bezpiecznej i terminowej dostawy ładunków.

Reasumując można stwierdzić, że proces transportu AIL charakteryzuje wysoki poziom niepewności informacyjnej. Dlatego istnieje potrzeba uwzględnienia probabilistycznego charakteru ewentualnych zagrożeń oraz oceny kosztów wykonania zadania przewozowego (tab. 3).

Tabela 3. Czynniki ryzyka występujące podczas transportu AIL

Lp.	Czynniki ryzyka	Ewentualne zagrożenia	Rodzaj możliwych uszkodzeń	Sposoby zapobiegania
1	Nagle zmiany prędkości poruszania się pojazdu	Małe przemieszczenia wzdłużne ładunku	Rysy, otarcia	Wykorzystanie niezawodnych sposobów mocowania [13]
2	Gwałtowne zmiany kierunku poruszania się pojazdu	- Boczne zsuwanie się ładunku - Przewrócenie się ładunku - Wypadnięcie ładunku z przestrzeni ładunkowej	Uszkodzenia elementów konstrukcji	Zastosowanie niskopodłogowych naczep i przyczep
3	Defekty nawierzchni jezdni	Przesuwanie lub staczanie się ładunku	Wgniecenia, pęknięcia	Audyt trasy przewozu

(źródło: opracowanie własne)

Na podstawie wyników analizy jakościowej można wykonać ranking czynników ryzyka transportu AIL wg częstotliwości ich występowania (tab. 4) i ewentualnych szkód. Dlatego wartości spodziewanych uszczerbków i częstotliwość ich występowania mogą być podzielone na kategorie, którym przypisuje się ranking niebezpieczeństwa.

Tabela 4. Kategoryzacja prawdopodobieństwa szkód podczas transportu AIL

Lp.	Poziom prawdopodobieństwa	Częstotliwość występowania szkód podczas transportu AIL	Ocena ryzyka uszczerbku na AIL
1	I	0,15 – 0,30	Nieakceptowalny
2	II	0,12 – 0,15	Krytyczny
3	III	0,07 – 0,12	Bardzo wysoki
4	IV	0,04 – 0,07	Akceptowalny
5	V	0 – 0,04	Niski

(źródło: opracowanie własne)

4. Wnioski

Transport AIL obarczony jest wysokim poziomem ryzyka uszkodzenia ładunku i niedotrzymania terminowości dostaw. Ryzyko ma charakter wieloaspektowy ze względu na szereg przyczyn, które mogą je wywołać, w tym:

- informacja wykorzystywana w trakcie organizacji dostaw jest asymetryczna, ponieważ organizatorzy dysponują większą informacją niż jej partnerzy, co w konsekwencji może być przyczyną powstania sytuacji nadzwyczajnych,
- niedostrzeżenie lub ignorowanie licznych czynników zagrażających może doprowadzić do zakłócenia procesu transportowego, zwiększenia czasu lub kosztów dostawy,
- niestosowanie systemu koordynacji pracy podwykonawców na etapach przygotowawczych Projektu łańcuchu dostaw ładunków ponadnormatywnych może poważnie zakłócić proces przewozowy, doprowadzając do licznych kongestii.

Analiza kongestii ruchu w ruchu drogowym na gęstej sieci transportowej zakłada modelowanie zaburzeń płynności ruchu w celu zbadania przyczyn ich powstawania oraz skutków ich oddziaływania na potoki pojazdów w sieci transportowej, jak również modelowania podatności takiej sieci na zakłócenia.

Przytoczona w artykule informacja dot. specyfiki zakłóceń powstających w ruchu drogowym może być przydatna w badaniach rozwiązań, polegających na zmianach organizacji ruchu w celu upłynnienia ruchu poprzez wszechstronne uwzględnienie skutków powstających fal uderzeniowych w ruchu drogowym oraz cyklicznych i incydentalnych zatorów związanych z tymi dostawami.

Bibliografia

1. EUROPEAN COMMISSION: European Best Practice Guidelines for Abnormal Road Transports, Brussels 2006.
2. Fang Yuan, Chen Jian-Zhong, Peng Zhi-Yuan. (2013). The effect of moving bottlenecks on a two-lane traffic flow. *Chin. Phys. B*, 22(10):108902.
3. Gazis D.C, Herman R. (1992). The moving and 'phantom' bottlenecks. *Transportation Science* 26: 223–229.
4. Hardman E. J., etc. (2008). Review of the management of C&U and STGO abnormal loads. Published Project Report PPR370.
5. Jacyna-Golda I., Żak J., Gołębiowski P. (2014). Models of traffic flow distribution for various scenarios of the development of proecological transport system. *Archives of Transport*, vol. 32, issue 4.
6. Karoń G., Zochowska R., Sobota A. (2014). Oczekiwana płynność ruchu w gęstych sieciach zatłoczonych – wąskie gardło sieci transportowej aglomeracji, *Logistyka* 6/2014.

7. Kerner B. (2015). Microscopic Theory of Traffic Flow Instability Governing Traffic Breakdown at Highway Bottlenecks: Growing Wave of Increase in Speed in Synchronized Flow.
8. Marchesini P., Weijermars W. (2010–2012). The relationship between road safety and congestion on motorways. SWOV Institute for Road Safety Research, The Netherlands.
9. Masukura S., Tanaka K., Nagatani T., Hanaura H. (2007). Theory and simulation for jamming transitions induced by a slow vehicle in traffic flow. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 379(1):263–273.
10. Muñoz J.C., Daganzo C.F. (2002). Moving Bottlenecks: A Theory Grounded on Experimental Observation. Proceedings of the 15th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Pergamon, Adelaide, 441.
11. Newell G.F. (1998). A Moving Bottleneck. *Transportation Research Part B: Methodological* 32: 531–537.
12. Rietveld, P. & Shefer, D. (1994). Congestion and safety on highways: towards an analytical model. In: Proceedings of the Third International Conference on Safety and the Environment in the 21st Century: lessons from the past, shaping the future. Tel Aviv, Israel, p. 56–78.
13. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury RP z dnia 25 stycznia 2018 r. w sprawie sposobu przewozu ładunku. Dz.U. 2018 poz. 361.
14. Semenov I., Lackorzyński P. (2014). Wsparcie logistyczne transportu ładunków ponadnormatywnych, *Logistyka*, nr 4, 2387–2396.
15. Vickrey W. S. (1969). Congestion Theory and Transport Investment. *The American Economic Review*. Vol. 59, No. 2, Papers and Proceedings of the Eighty-first Annual Meeting of the American Economic Association, 251–260.
16. Wei X. (2017). Evaluation of average travel delay caused by moving bottlenecks on highways. *PLoS One*. 12(8): e0183442.

Zarządzanie ryzykiem transportu ładunków ponadnormatywnych

Streszczenie. W artykule przeanalizowano wybrane problemy w ruchu drogowym wywołane realizacją przewozów ładunków ponadnormatywnych. Autorzy uwzględnili unikatość takich ładunków, co wymaga indywidualnego podejścia do organizacji i realizacji ich dostawy od miejsca nadania do miejsca przeznaczenia. Ponadto rozpatrzyli potrzeby eliminacji licznych utrudnień podczas transportowania ładunków ponadnormatywnych oraz wysokie ryzyko pracy przewozowej. Pokazano, że rozwiązanie tych problemów jest możliwe poprzez szersze zastosowanie metod zarządzania ryzykiem utraty płynności ruchu drogowego, redukcji zagrożeń i prawdopodobieństw ich wystąpienia w kontekście analizy zakłóceń płynności ruchu.

Słowa kluczowe: ładunki ponadnormatywne, zarządzanie ryzykiem, transport drogowy



