

STOKŁOSA Józef<sup>1</sup>

## Problemy i perspektywy rozwoju sieci transportu intermodalnego kolejowo-drogowego

Słowa kluczowe: transport intermodalny, zarządzanie łańcuchami transportowymi, terminale intermodalne, technologie organizacji przewozów kolejowo-drogowych

### Streszczenie

W referacie zaprezentowano stosowane obecnie przez operatorów transportu intermodalnego w Europie technologie organizacji przewozów kolejowo-drogowych. Opisano technologie przewozów bezpośrednich, technologie pociągów liniowych, technologie pociągów dowozowo-odwozowych w różnych odmianach oraz system hub and spoke - technologie którą można nazwać systemem o strukturze gwiazdziej w której terminale regionalne małe i średnie połączone są między sobą poprzez terminal węzłowy określany w literaturze jako hub bądź gateway. Dokonano porównanie czasów przewozu jednostki ładunkowej pomiędzy terminalem nadania i odbioru dla omówionych technologii.

### TRANSPORT NETWORK DESIGNS FOR INTERMODAL ROAD-RAIL FREIGHT TRANSPORT

### Abstract

Principles for operation of the rail part of intermodal rail freight transport systems are described: direct link, connected large scale terminals, linear link, and feeder link connected regional medium and small scale terminals and hub-and-spoke link connected regional small and medium terminals via large terminal so call hub and gateway. The first part of this paper is a theoretical discussion of the characteristics of the transport network designs in Europe. The theory is then applied to intermodal freight transport by analysing how each intermodal transport network design affects the effectiveness performance.

### 1. WSTĘP

Analiza dokumentów takich jak Biała Księga, Niebieska Księga pokazuje, że politycy UE traktują rozwój transportu intermodalnego jako jedną z alternatyw służących zrównoważonemu rozwojowi transportu w Europie, zwłaszcza w obliczu stale rosnącego natężenia ruchu drogowego i lepszemu wykorzystaniu istniejącej sieci transportu kolejowego w obszarze przewozów towarowych. Promocja transportu intermodalnego kolejowo-drogowego jest obecnie integralną częścią polityki transportowej w UE [12], jak również i USA [13]. Realizacja wymaga nie tylko wdrożenia nowych metod stymulujących rozwój tej formy transportu towarowego ale również przebudowy istniejącego obecnie, silnie dotowanego systemu. Przed operatorami transportu intermodalnego stoją obecnie wyzwania jak skutecznie konkurować z przewoźnikami drogowymi zwłaszcza w dziedzinie jakości obsługi. Wymagany jest zdecydowany skok jakościowy. Jednym z takich problemów jest odpowiedź na pytanie jak lepiej sterować i zarządzać siecią transportu intermodalnego.

### 2. TECHNOLOGIE PRZEWOZOWE W SIECI TRANSPORTU INTERMODALNEGO

Rozwój systemów intermodalnych kolejowo-drogowych w Europie doprowadził w praktyce do opracowania czterech podstawowych technologii przewozowych w łańcuchu transportu intermodalnego [1], [3], [5], [6], [7],[9]:

- system pociągów bezpośrednich (direct train),
- system pociągów liniowych (linear train),
- system pociągów dowozowo-odwozowych (feeder system),
- system pociągów kursujących w strukturze gwiazdziej (hub-and-spoke).

Ponadto w ramach przedstawionych wyżej systemów organizacji procesów przewozowych niektórzy badacze dodatkowo wyróżniają kilka podsystemów [9].

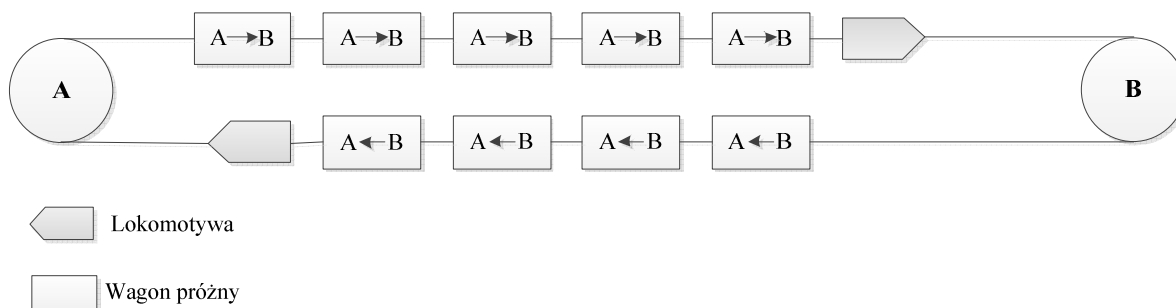
Podstawowym paradygmatem w organizacji przewozów kolejowo-drogowych jest system pociągów bezpośrednich, organizowanych w ramach tzw. nocnego skoku, kursujących pomiędzy dużymi terminalami intermodalnymi [2].

Poczynając od lat osiemdziesiątych w Niemczech, a następnie w latach dziewięćdziesiątych w Holandii system ten stał się dominującym, łącząc terminale morskie z dużymi terminalami rozlokowanymi w głębi kontynentu europejskiego. Zarówno pod względem ekonomicznym jak i organizacyjnym system pociągów bezpośrednich jest rozwiązaniem najkorzystniejszym i chętnie stosowanym przez operatorów transportu intermodalnego. Pociągi kursują z terminala nadania do terminala odbioru z pominięciem operacji przeładunkowych przewożąc ogromny wolumen towarów w postaci ładunków skonteneryzowanych w ramach łańcuchów transportowych lądowo-morskich. Duża odległość pomiędzy terminalami

<sup>1</sup> Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji, Wydział Transportu i Informatyki, ul.Mełgiewska 7/9 , 20-209 Lublin

oraz pełne wykorzystanie ładowności pociągów czynią system pociągów bezpośrednich konkurencyjnym w stosunku do transportu drogowego. Bez wątpienia na sukces tego rodzaju technologii składa się również efekt skali.

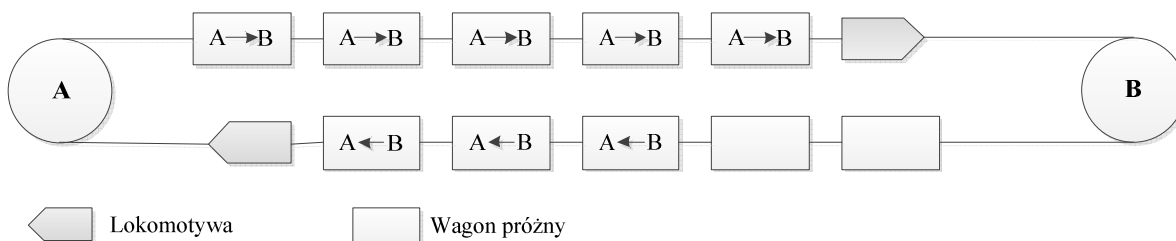
W ramach systemu pociągów bezpośrednich można wyróżnić system pociągów blokowych (block train) (rys.1), oraz system pociągów wahadłowych shuttle train) (rys.2).



Rys. 1. Schemat pociągu blokowego [8] [9]

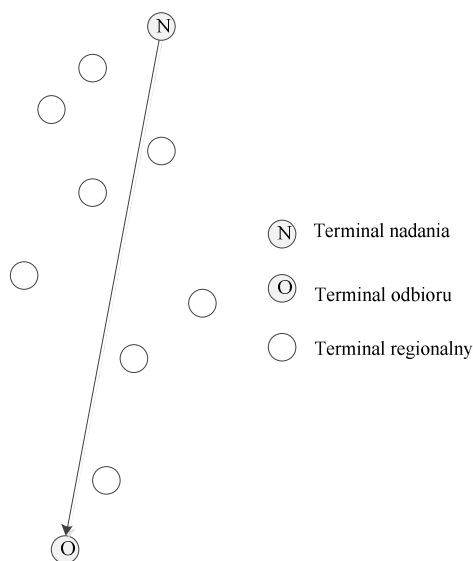
Drugim podsystemem pociągów bezpośrednich jest system pociągów wahadłowych (shuttle train), czyli pociąg blokowy mający niezmiennie zestawienie wagonów, jeżdżący zawsze w tym samym składzie wagonów i według stałego rozkładu jazdy (rys.2).

Pociągi bezpośrednie kursujące w technologii pociągów wahadłowych uruchamiane są nawet wtedy, gdy nie jest wykorzystana pełna zdolność przewozowa i część wagonów w składzie kursuje bez ładunku. W 2001 r. po uruchomieniu połączenia Aiton (Grenoble) - Orbassano (Mediolan) długości 175 km w technologii pociągów wahadłowych 60% wagonów w składzie pociągu kursowało bez ładunku, w 2007 r. tylko 16% wagonów we wszystkich pociągach kursowało bez ładunku [7].



Rys.2.Schemat pociągu wahadłowego[9]

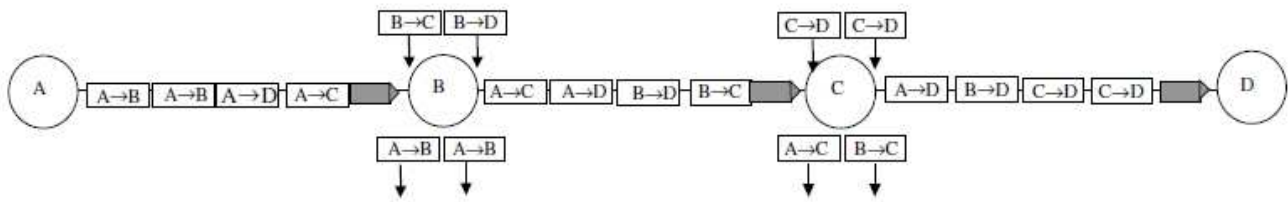
W technologii tej całkowicie pominięte zostają małe terminale regionalne (rys.3), w których generowany jest stosunkowo niewielki potok jednostek ładunkowych na małe i średnie odległości.



Rys. 3. Pociąg bezpośredni kursujący tylko pomiędzy terminalem nadania i terminalem odbioru. Potok jednostek ładunkowych pomiędzy terminalami regionalnymi całkowicie przejmuje transport drogowy

Aby przejąć przynajmniej część wolumenu ładunków generowanych w obszarach ciężenia małych i średnich terminali regionalnych operatorzy transportu intermodalnego uruchomili sieć pociągów liniowych [3], [6], [7], [9].

Sieć połączeń intermodalnych w ramach systemu pociągów liniowych opiera się na założeniu, że pomiędzy terminalem początkowym i terminalem końcowym istnieje sieć terminali zdolnych oferować usługi zarówno nadania jak i odbioru ładunku. Pociągi liniowe kursują regularnie i obsługują stałe linie łącząc sieć terminali, na których grupy wagonów są odłączane lub dołączane (rys.4).



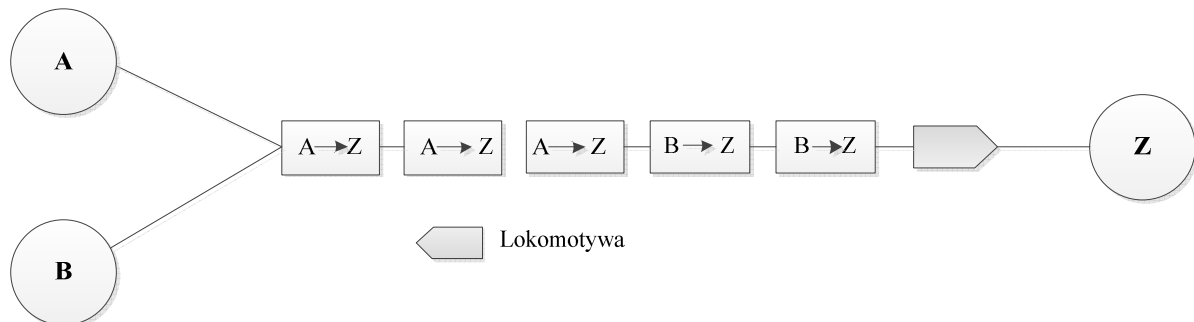
Rys. 4. System pociągów liniowych [1], [9]

Kolejną odmianą pociągów intermodalnych jest system, w którym potoki ładunków dostarczane są na niewielką odległość z terminali regionalnych do terminali węzłowych, gdzie łączone są w pełne składy łączące odległe terminale. [1]. W ten sposób operatorzy transportu intermodalnego są w stanie przejąć stosunkowo niewielkie potoki ładunków z mniejszych terminali i po konkurencyjnych stawkach przetransportować na duże odległości.

W ramach systemów pociągów intermodalnych wielogrupowych (feeder systems) dodatkowo można wyróżnić [9]:

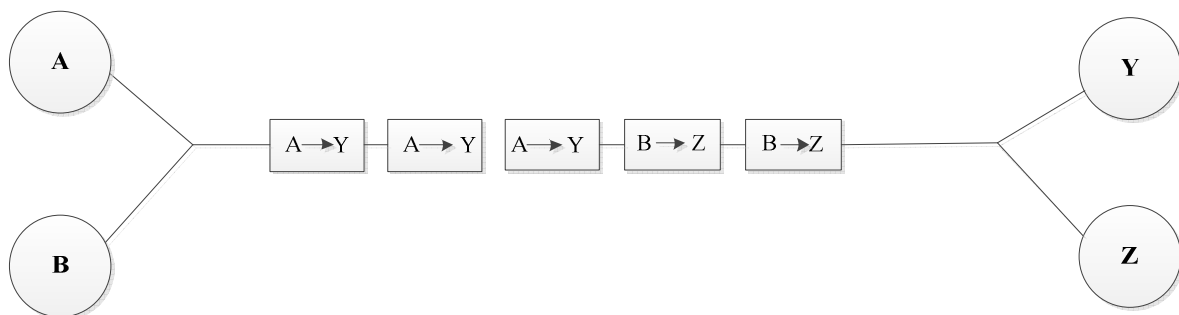
- system pociągów intermodalnych dowozowo-odwozowych (feeder train),
- system pociągów intermodalnych zbierająco-rozprowadzających (coupling and sharing),
- system pociągów zbierających (pick-up train),
- system pociągów pseudo liniowych (pseudo linear train).

System pociągów dowozowo-odwozowych polega na tym, że krótkie składy pociągów zasilających formowanych w niewielkich terminalach łączone są na stacjach zbierających jako grupy wagonów w składy kursujące na długich dystansach do stacji docelowej (rys.5).



Rys. 5. Schemat systemu pociągów intermodalnych dowozowo-odwozowych [1],[8],[9]

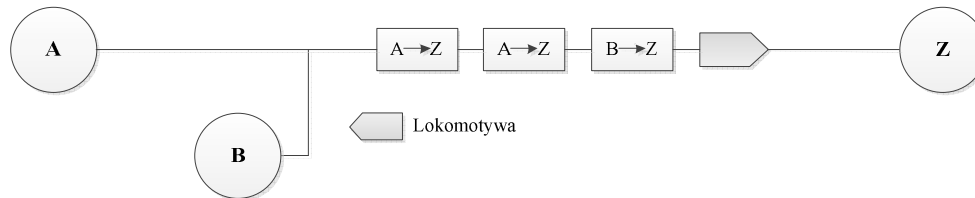
Technologia pociągów zbierająco-rozprowadzających (train coupling and sharing) stanowiąca odmianę pociągów typu feeder wykorzystuje ideę kilkuwagonowych pociągów o stałej liczbie wagonów wyposażonych w samobieżne wagony motorowe typu Cargo Sprinter o pojemności kilkunastu jednostek intermodalnych (kontenery i nadwozia wymienne). Pociągi odprawiane są z małych terminali i łączone na stacjach węzłowych w jeden skład kursujący do stacji docelowej, na której są ponownie rozdzielane i kierowane do terminali końcowych. Terminale początkowe i końcowe pełnią funkcje terminali nadania i odbioru, natomiast terminale węzłowe pełnią funkcje tranzytowe (rys. 6) [11].



Rys. 6. System pociągów intermodalnych train coupling and sharing [9]

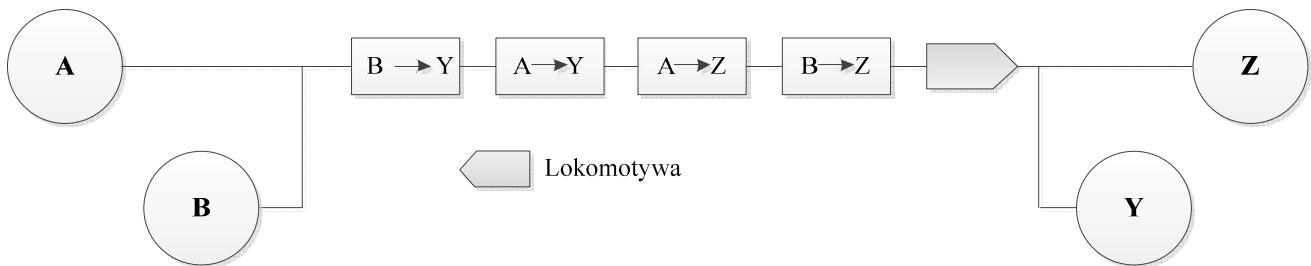
Zaletą tego systemu jest bardzo krótki czas łączenia i dzielenia pociągów na stacjach węzłowych (tranzytowych), ponieważ nie ma potrzeby angażowania lokomotyw. Pomiędzy terminalami węzłowymi pociągi poruszają się, podobnie jak pomiędzy terminalem nadania i terminalem węzłowym, korzystając z własnego napędu spalinowego rozmieszczonego w wagonach motorowych. Do wad można zaliczyć to, że pociągi typu Cargo Sprinter kursują według stałego rozkładu jazdy niezależnie od stopnia wykorzystania ładowności, a ich konstrukcja uniemożliwia zmianę liczby wagonów w składzie w zależności od wielkości potoków ładunków.

System pociągów pick-up - w terminalu początkowym formowane są pociągi intermodalne, do których na stacjach pośrednich dołączane są grupy wagonów dedykowane do tego samego terminala docelowego (rys.7). Terminal pośredni pełni w tym wypadku funkcję tylko terminala nadania. Aby system funkcjonował efektywnie pociągi z terminala początkowego powinny kursować według stałego rozkładu jazdy.



Rys. 7. System pociągów intermodalnych pick-up [9]

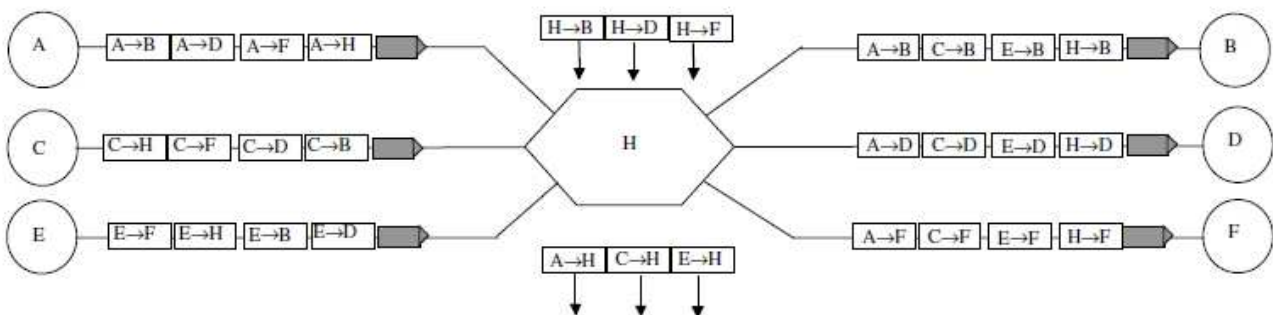
System pociągów pseudo liniowych (pseudo linear train) - system pociągów liniowych łączących terminal początkowy i docelowy, do których w terminalach pośrednich dołączane bądź odłączane są grupy wagonów (rys.8)



Rys. 8. System pociągów pseudo liniowych (pseudo linear train) [9]

Zaletą technologii organizacji pociągów intermodalnych dowozowo-odwozowych jest włączenie regionalnych niewielkich terminali intermodalnych do sieci połączeń transportu intermodalnego poprzez terminale węzłowe, w których formowane są składy o maksymalnie możliwej pojemności ładunkowej. W technologii tej wymagana jest duża częstotliwość kursowania pociągów pomiędzy terminalami węzłowymi w celu zminimalizowania czasu oczekiwania jednostek ładunkowych na włączenie ich do składu w terminalach pośrednich. Strumień jednostek intermodalnych generowany w regionalnych terminalach jest zbyt mały, aby można było formować w nich pociągi bezpośrednio.

Włączenie do sieci połączeń intermodalnych większej liczby mniejszych terminali regionalnych generujących stosunkowo niewielki wolumen ładunków umożliwia również system o topologii gwiazdистой (hub and spoke) [1], 9], [10]. Centralne miejsce w sieci transportu intermodalnego pełni terminal węzłowy (hub), natomiast pozostałe terminale pełnią funkcję zarówno nadawcy jak i odbiorcy ładunków (rys.9).

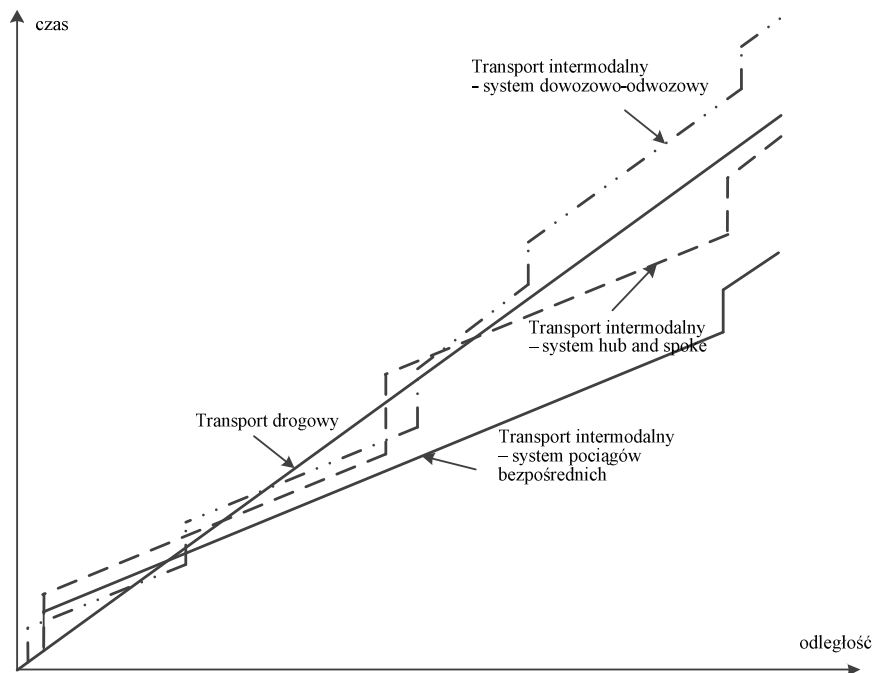


Rys. 9. System połączeń pociągów intermodalnych o topologii gwiazdистой z głównym węzłem (hub), w którym następuje łączenie lub dzielenie grup wagonów oraz regionalnych terminali nadawczo-odbiorczych (spoke) [1]. [9]

W terminalu węzłowym (hub) jednostki intermodalne mogą być przeładowywane pomiędzy wagonami pociągów lub węzeł funkcjonuje jako stacja rozrządowa, na której grupy wagonów formowane są w składach na torach kierunkowych. Według badań J. Wichsera [10] czas przebywania jednostek ładunkowych w terminalu węzłowym nie może przekraczać

60 min, aby transport jednostek ładunkowych pomiędzy terminalami sieci hub and spoke był atrakcyjny i konkurencyjny w stosunku do transportu drogowego.

Na rys. 10 przedstawiono porównanie czasu przewozu jednostki ładunkowej transportem drogowym i transportem intermodalnym w technologii pociągu bezpośredniego, systemu pociągów dowozowo-odwozowych z dwoma terminalami pośrednimi oraz systemu gwiazdowego (hub and spoke) dla tej samej średniej prędkości przejazdu pomiędzy terminali początkowym i końcowym.



Rys. 10. Porównanie czasów transportu przesyłki dla wybranych technologii organizacji przewozów

### 3. WNIOSKI

Strumienie ładunków generowane przez terminale transportu intermodalnego o zróżnicowanej przepustowości zdeterminowały opracowanie przez operatorów kilku technologii organizacji przewozów kolejowo-drogowych. Pomiedzy dużymi terminalami lądowo morskimi od lat osiemdziesiątych realizowane są połączenia w technologii pociągów bezpośrednich. Znaczne odległości pomiędzy terminalem nadania i terminalem odbioru oraz duży wolumen ładunków zdecydowanie sprzyjają takiej organizacji przewozów jednostek ładunkowych. Włączenie do sieci połączeń intermodalnych małych i średnich terminali regionalnych wymagało nowego podejścia do organizacji przewozów kolejowo-drogowych. Wymienić tu należy technologie w systemie pociągów dowozowo-odwozowych w odmianach przedstawionych w referacie oraz system gwiazdowy oparty na centralnym terminalu węzłowym, w którym pociągi kursujące pomiędzy małymi i średnimi terminalami regionalnymi są w nim łączone lub rozdzielane. Zaletą technologii pociągów dowozowo-odwozowych oraz przewozów w technologii gwiazdowej jest połączenie większej liczby małych i średnich terminali dzięki czemu możliwe jest przejście części przesyłek przewożonych transportem drogowym na małe i średnie odległości. Jednakże, aby to osiągnąć średnia prędkość pociągów intermodalnych musi zdecydowanie przewyższać średnią prędkość samochodów ciężarowych (rys.10). Drugim ważnym czynnikiem umożliwiającym konkurencję z transportem drogowym jest skrócenie czasu przeładunku w terminalach, co naszym zdaniem wymaga wprowadzenia wydajnych i tanich technologii przeładunkowych.

### 4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Ballis A., Golias J. Towards the improvement of a combined transport chain performance. *European Journal of Operational Research* 152 (2004) 420–436
- [2] Bärthel, F. and Woxenius, J. Developing intermodal transport for small flows over short distances. *Transportation Planning and Technology* 27, 5, (2004) pp. 403-424.
- [3] [Bontekoning, Y. and Kreutzberger, E., The innovation of bundling concept for combined uni- and multimodal transport of the basic of the introduction of new generation operations on terminal and terminal nodes. 8th. World Conference on Transportation Research, July 1998, Antwerp, Belgium.
- [4] Bookbinder, J. H. and Higginson, J. K. Probabilistic modeling of freight consolidation by private carriage. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 38, 5, 2002 pp. 305-318.

- [5] Macharis, C. and Verbeke, A. Location Analysis for Belgian Intermodal Terminals: a Tool for Achieving Sustainable Intermodal Transport in Belgium. In: Notteboom, T. (Ed.) Current Issues in Port Logistics and Intermodality, Garant, Antwerp. . 2002
- [6] Macharis C., Bontekoning Y.M. Opportunities for OR in intermodal freight transport research. A review European Journal of Operation Research 157 2006
- [7] Mangeard P. System Modaloh. Konferencja "Właściwy kierunek: INTERMODAL - Uwarunkowania przewozów intermodalnych w Polsce a doświadczenia europejskie. Warszawa 3 listopada 2008 r.
- [8] Stokłosa J. Transport intermodalny. Technika i technologia. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji. Lublin. 2011
- [9] Wichser J. Technical and operational Developments needed for a better Market Success of Intermodal Freight Transport. 1st Swiss Transport Research Conference Monte Verità/Ascona, March 1.-3. 2001
- [10] Woxenius, J. and Bärthel, F. (2006) Intermodal Road-Rail Transport in the European Union, Forthcoming in: Konings, R., H. Priemus & P. Nijkamp (eds.), The Future of Intermodal Freight Transport, Concepts, Design and Implementation, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- [11] Wronka J. Transport kombinowany/intermodalny. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego. Szczecin. 2009
- [12] European Commission (2001) White paper. European Transport Policy for 2010: time to decide, Office for official publications of the European Communities, Luxemburg.
- [13] Brown, T. A. and Hatch, A. B. (2002) The value of rail intermodal to the US economy, [www.aar.org/pubcommon /documents/govt/brown.pdf](http://www.aar.org/pubcommon/documents/govt/brown.pdf), visited 2006-07-02.