

LORENC Augustyn Krzysztof¹
KUŹNAR Małgorzata²

Analiza efektywności przyprodukcyjnych terminali kontenerowych

WSTĘP

W transportach na dalekie odległości, zwłaszcza w przewozach międzynarodowych, znaczącą rolę odgrywa transport kontenerowy. Pozwala on na przewóz produktów bez potrzeby ich przeładowywania i zmniejsza ryzyko zarówno uszkodzenia produktów jak i ich kradzieży. Ponadto pozwala na uniknięcie części procedur celnych, jeżeli towar posiada karnet TIR [5,8]. Przewóz kontenerów najczęściej odbywa się koleją lub drogą morską – w zależności od możliwości wysyłki i wymagań zawartych w umowie przewozu. Transport drogowy najczęściej pełni rolę łącznika pomiędzy stacjami kolejowymi i centrami logistycznymi, a docelowym odbiorcą [3,7].

W międzynarodowym transporcie kolejowym produkty najczęściej są przewożone za pomocą kontenerów przy wykorzystaniu wagonów platform [4]. Natomiast w transporcie lokalnym za pomocą wagonów typu Simms pozwalających zmniejszyć ryzyko kradzieży lub tak samo za pomocą platform, jeżeli takie ryzyko jest stosunkowo małe [6]. W lokalnym transporcie drogowym wykorzystuje się klasyczne naczepy typu plandeka lub furgonowe. Natomiast przewozy towarów o wysokiej wartości najczęściej są wykonywane tylko przy wykorzystaniu naczep furgonowych lub kontenerów i specjalnych naczep kontenerowych.

Duże zakłady produkcyjne, zwłaszcza w przemyśle ciężkim bardzo często wykorzystują kolejowe przewozy produktów. Wyroby gotowe będące towarem ekspertowym są wysyłane prawie zawsze za pomocą transportu kontenerowego kolejowego. Z tego powodu procesy załadunku kontenerów w przyprodukcyjnych magazynach wyrobów gotowych znacząco wpływa na efektywność i koszty funkcjonowania magazynu.

1. PRZEGLĄD WSPÓLCZESNYCH ROZWIĄZAŃ

Rewitalizacja kolejowego transportu ładunków jest jednym z kluczowych priorytetów Polityki Transportowej Unii Europejskiej [2]. Aby osiągnąć ten cel zostało rozważonych wiele inicjatyw ukierunkowanych na udoskonalenie różnych parametrów mających wpływ na wydajność systemu kolejowego, wśród nich znalazło się także racjonalne gospodarowanie taborami kolejowymi. W Europie wagony kolejowe można podzielić na dwie zasadnicze grupy w zależności od ich właściciela, tj. koleje państwowe oraz prywatnych przewoźników. Państwowe wagony kolejowe najczęściej są wykorzystywane przez wielu przewoźników prywatnych w oparciu o umowy zawarte pomiędzy nimi. Natomiast wagony prywatne są zarządzane i wykorzystywane najczęściej tylko przez ich właściciela. Obecnie około 180 000 prywatnych wagonów jest wykorzystywanych w transporcie europejskim. Muszą one spełniać odpowiednie standardy techniczne i standardy bezpieczeństwa Międzynarodowego Związku Kolei (*UIC - Union Internationale des Chemins de fer*), aby mogły się swobodnie poruszać na sieci kolejowej [1].

Aby optymalnie wykorzystać środki kolejowe oraz ich przestrzeń ładunkową konieczne jest dostosowanie pojemności wagonu do przewozu określonego ładunku, zmiany czasów odjazdów, zmianę tras pociągów i wysyłania ich do różnych terminali oraz w przypadku ładunków częściowych przeniesienie ich na transport drogowy. Niektóre z tych środków wymagają poprawy wymiany informacji, a decyzje podejmowane na szczeblu kierowniczym powinny być ukierunkowane na

¹ Mgr inż. A. K. Lorenc, Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Szynowych, Pracownia Systemów Logistycznych, Tel. +48 374 33 25, alorenc@pk.edu.pl

² Mgr inż. M. Kuźnar, Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Szynowych, Zakład Niezawodności i Eksploatacji Technicznej, Tel. +48 374 36 59, malgorzata.kuznar@mech.pk.edu.pl

wzmocnienie działań logistycznych poprzez wdrażanie systemów wspomaganie decyzji (*support systems*) [12].

Procesy rozładunku i załadunku towarów na wagony kolejowe są znacznie bardziej problematyczne w organizacji niż załadunek naczep pojazdów drogowych. Wynika to z dużego wolumenu przewożonych ładunków, bardzo często dużych gabarytów oraz konieczności przestawiania wagonów i licznych prac manewrowych generujących duże koszty, których znaczna część jest spowodowana pracą lokomotywy. Aby zmniejszyć te koszty konieczne jest poszukiwanie nowych rozwiązań organizacyjnych i procesowych powodujących bardzo często zmianę całego systemu załadunku lub rozładunku towarów [9].

Do przewozu towarów w przemyśle ciężkim najczęściej wykorzystywane są kontenery, umożliwiające zmianę rodzaju transportu. Dzięki nim ładunek może być bezpiecznie transportowany zarówno drogą lądową jak i morską. W transporcie kolejowym system załadunku towarów do kontenerów może odbywać się bezpośrednio z magazynu lub przy pomocy terminali kontenerowych. Bezpośredni załadunek z magazynu najczęściej wykorzystuje rampę załadunkową, przez którą towar transportowany jest wózkami widłowymi do kontenerów znajdujących się na wagonach kolejowych. Platformy kolejowe są tarowane na wadze kolejowej przy wjeździe na bocznice, a następnie podstawiane są na rampę kolejową przy magazynie wyrobów gotowych. Magazynowy spisuje numery podstawionych platform oraz ich dopuszczalną ładowność. Następnie wydaje operatorom wózków widłowych dyspozycję załadunku określonych towarów do kontenerów znajdujący się na określonej platformie. Dzięki zastosowaniu takiego systemu nie jest konieczne ściąganie kontenerów z wagonów na plac składowania, jednak na czas załadunku tory przy magazynie wyrobów gotowych są zablokowane.

Przeciwna sytuacja jest w przypadku załadunku w oparciu o wykorzystanie terminala kontenerowego. Muszą zostać wykonane dodatkowe czynności związane z przeniesieniem kontenerów na plac, następnie ich załadowanie i ponowne przeniesienie załadowanych towarem kontenerów na wagony kolejowe, jednak liczba podstawień lokomotywy jest stosunkowo niewielka. W systemie załadunku bezpośrednio z magazynu, konieczne jest podstawianie wagonów w formie wahadeł, których długość musi odpowiadać długości rampy. Wymaga to każdorazowego zamawiania lokomotywy manewrowej do odstawienia wagonów załadowanych i podstawienia kolejnych wagonów z pustymi kontenerami.

Aby przyspieszyć załadunek i tym samym zmniejszyć czas postoju wahadeł kolejowych przy rampie załadunkowej często załadunek wagonów odbywa się z obu stron wagonu – z poziomu rampy oraz z drugiej strony wagonu tj. z poziomu gruntu za pomocą wózków widłowych. Rampy kolejowe znajdujące się przy magazynach przyzakładowych bardzo często stanowią wąskie gardło systemu logistyki i transportu wewnętrznego.

2. SYSTEM ZAŁADUNKU Z POZIOMU RAMPY – WARIANT REFERENCYJNY

W przypadku transportu międzynarodowego bardzo często wykorzystywane są kontenery, które ułatwiają zmianę rodzaju transportu oraz zwiększają bezpieczeństwo ładunku [10]. Kontenery są przewożone za pomocą dwuosioowych wagonów platform typu Ks oraz Kgns. System załadunku towarów do kontenerów najczęściej opiera się o załadunek wózkami widłowymi bezpośrednio z magazynu poprzez rampę załadunkową do kontenerów znajdujących się na wagonach kolejowych [11]. Taki system umożliwia uniknięcie ściągania kontenerów z wagonów i przenoszenia na plac składowania, a więc dodatkowych czynności ładunkowych, jednak z drugiej strony powoduje zablokowanie torów przy magazynie wyrobów gotowych na czas załadunku. Ponadto wymagane jest podstawianie wagonów w formie wahadeł o długości odpowiadającym długości rampy załadunkowej i wymaga każdorazowo po załadunku ponownego zamawiania lokomotywy manewrowej do odstawienia wagonów załadowanych i podstawienia kolejnych wagonów z pustymi kontenerami, co generuje znaczne koszty wynikające z długiego czasu pracy lokomotywy.

W modelu odwzorującym system załadunku kontenerów z poziomu rampy uwzględniono czas pracy lokomotywy, maszynisty oraz czas pracy wózków widłowych. Czas pracy wózków widłowych

jest uzależniony w dużym stopniu od odległości rampy załadowniczej od miejsca składowania produktów oraz od liczby podstawianych do załadunku kontenerów i może być opisany wzorem:

$$t_{wid} = \sum_{i=1}^{l_{skt}} l_{kont} \cdot t_{zał} \quad (1)$$

gdzie:

t_{wid} – czas pracy wózków widłowych

l_{skt} – liczba składów miesięcznie

l_{kont} – liczba kontenerów w całym składzie

$t_{zał}$ – czas załadunku jednego kontenera

Czas pracy lokomotywy/maszynisty można natomiast opisać wzorem:

$$t_{lok} = \sum_{i=1}^{l_{skt}} ((t_{ocz} + t_{man}) \cdot l_{pod} - 5) \quad (2)$$

gdzie:

t_{lok} – czas pracy lokomotywy

t_{ocz} – czas oczekiwania na podstawienie wahadła

t_{man} – czas czynności manewrowych

l_{skt} – liczba składów miesięcznie

l_{pod} – liczba wymaganych podjazdów lokomotywy

Powyższy wzór uwzględnia krótszy o 5 minut czas czynności manewrowych związanych z obsługą ostatniego wahadła.

Do obliczenia kosztów całkowitych związanych z pracą lokomotywy i wózków widłowych założono, że możliwa jest praca wykonywana jako krotność połowy etatu. Zatem koszty przyjmują postać:

$$k_{cał} = t_{lok} \cdot k_{lokh} + \left(\frac{t_{wid}}{160}\right) \cdot s_{wid} + \left(\frac{t_{lok}}{160}\right) \cdot s_{masz} \quad (3)$$

gdzie:

$k_{cał}$ – koszt całkowity pracy

t_{lok} – czas pracy lokomotywy

k_{lokh} – godzinowy koszt pracy lokomotywy

$t_{wid}/160; t_{lok}/160$ – przyjmuje wartość zaokrągloną w górę do krotności 0,5

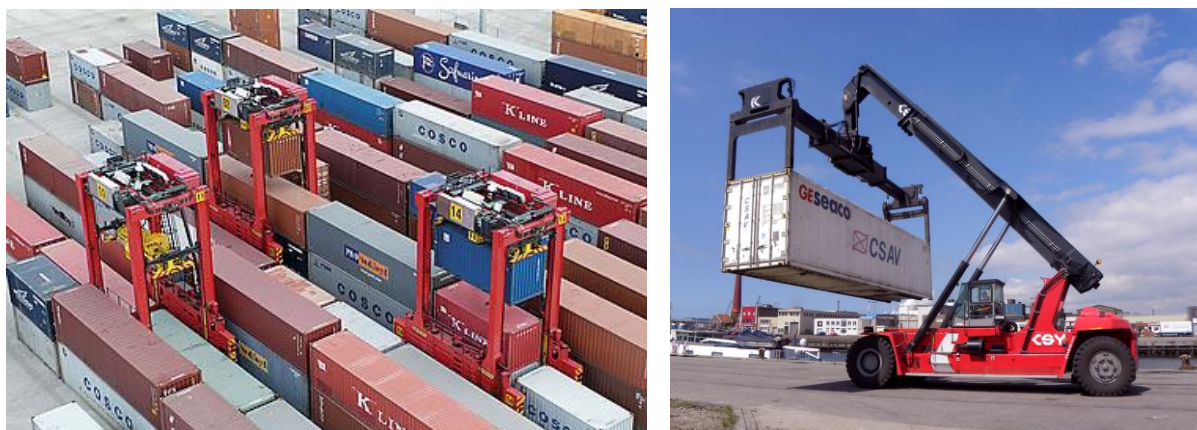
s_{masz} – miesięczna stawka maszynisty

s_{wid} – miesięczna stawka operatora wózka widłowego

3. SYSTEM ZAŁADUNKU W OPARCIU O WYKORZYSTANIE TERMINAŁA KONTENEROWEGO

System załadunku wykorzystujący przy magazynowy terminal kontenerowy pozwala natomiast na zmniejszenie ilości podstawień lokomotywy, która generuje największe koszty. W przeanalizowanym wariantcie założono, że lokomotywa podstawia wahadło o maksymalnej długości zależnej od długości torowiska.

Dla badanego rozwiązania zakłada się rozładunek kontenerów z wagonów za pomocą suwnicy kolejowej na plac załadunku kontenerów, załadunek do nich towarów, a następnie przewóz kontenera na miejsce składowania za pomocą suwnicy bramowej samojezdnej - *straddle carrier* lub wózka kontenerowego wysięgnikowego - *reach stacker* (rys. 1). W związku z tym lokomotywa nie zostawia wahadła na torowisku tak jak to miało miejsce we wcześniejszym wariantcie, ale jest obecna cały czas podczas procesu rozładunku kontenerów z wagonów.



Rys. 1. Transport kontenera za pomocą *straddle carrier* [14] oraz *reach stacker* [13]

Załadunek kontenerów na wagony odbywałby się dwuetapowo: przewiezienie kontenera z miejsca składowania na plac załadunku (buforowy) oraz załadunek za pomocą suwnicy kolejowej z placu składowania na wagon kolejowy.

W wariancie uwzględniono dodatkowo czas pracy operatora suwnicy oraz reach stackers. Czas pracy suwnicy zapisano za pomocą następującego równania:

$$t_{suw} = \sum_{i=1}^{l_{skt}} l_{kont} \cdot (t_{un} + t_{moc} + t_{tr}) \quad (4)$$

gdzie:

- t_{suw} – czas pracy suwnicy
- l_{skt} – liczba składów miesięcznie
- l_{kont} – liczba kontenerów w całym składzie
- t_{un} – czas unosu
- t_{moc} – czas mocowania
- t_{tr} – czas transportu

Natomiast czas pracy dla reach stackers można przedstawić jako:

$$t_{rs} = \sum_{i=1}^{l_{kont}} \frac{2d_{tr}}{v_{tr}} \cdot l_{kont} \quad (5)$$

gdzie:

- d_{tr} – droga jazdy z placu przy torowisku do miejsca składowania kontenera
- v_{tr} – średnia robocza prędkość jazdy dla reach stackers
- l_{kont} – liczba kontenerów w całym składzie

Z uwagi na to, że lokomotywa przebywa na torowisku podczas całego procesu rozładunku i załadunku kontenerów na wagony kolejowe to czas jej pracy należy skorygować o czas równy czasowi pracy suwnicy, zatem:

$$t_{lok} = \sum_{i=1}^{l_{skt}} ((t_{ocz} + t_{man}) \cdot l_{pod} - 5) + t_{suw} \quad (6)$$

gdzie:

- t_{lok} – czas pracy lokomotywy
- t_{ocz} – czas oczekiwania na podstawienie wahadła
- t_{man} – czas czynności manewrowych
- l_{skt} – liczba składów miesięcznie
- l_{pod} – liczba wymaganych podjazdów lokomotywy.

Biorąc pod uwagę powyższe wzory obliczono łączny koszt pracy wszystkich elementów systemu wynoszący:

$$k_{cał} = t_{lok} \cdot k_{lokh} + \left(\frac{t_{wid}}{160}\right) \cdot s_{wid} + \left(\frac{t_{lok}}{160}\right) \cdot s_{masz} + \left(\frac{t_{suw}}{160}\right) \cdot s_{suw} + \left(\frac{t_{rs}}{160}\right) \cdot s_{rs} \quad (7)$$

gdzie:

$k_{cał}$ – koszt całkowity pracy

t_{lok} – czas pracy lokomotywy

k_{lokh} – godzinowy koszt pracy lokomotywy

$t_{wid}/160; t_{lok}/160; t_{suw}/160; t_{rs}/160$ – przyjmuje wartość zaokrągloną w górę do krotności 0,5

s_{masz} – miesięczna stawka maszynisty

s_{wid} – miesięczna stawka operatora wózka widłowego

s_{suw} – miesięczna stawka operatora suwnicy

s_{rs} – miesięczna stawka operatora reach stackers

4. WYNIKI ANALIZY WARIANTOWEJ

W ramach badań wykonano analizę dwóch wariantów, tj. załadunku produktów do kontenerów bezpośrednio z poziomu rampy załadowniczej przy magazynie wyrobów gotowych przy czym wagony kolejowe były podstawiane w formie wahadeł o długości odpowiadającej długości rampy. W drugim przypadku następowało podstawianie wahadeł dłuższych niż rampa załadownicza, jednak krótszych niż całkowita długość linii kolejowej, co umożliwiło ich podciąganie i rozładunek za pomocą suwnicy na plac składowania, gdzie następowało załadowanie produktów do kontenerów.

Do przeprowadzonej analizy wariantowej wykorzystano następujące dane:

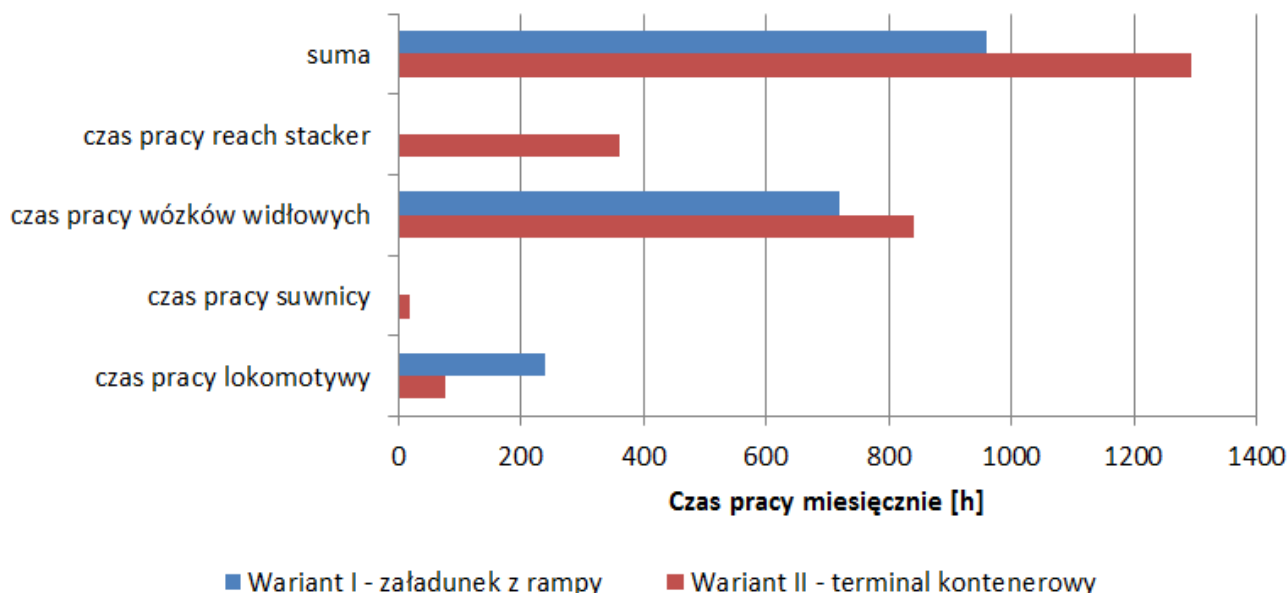
- długość wagonu ze zderzakami (typu Ks, Kgns): 13,86 m,
- liczba składów miesięcznie: 20 szt.,
- liczba wagonów/kontenerów w całym składzie: 36 szt.,
- długość torowiska: 250 m,
- długość rampy: 80 m,
- czas załadunku jednego kontenera z poziomu rampy: 30 min,
- czas załadunku jednego kontenera na placu składowania: 35 min,
- czas transportu jednego kontenera za pomocą reach stackers (w obie strony): 15 min,
- maksymalny czas oczekiwania na podstawienie wahała: 60 min,
- czas czynności manewrowych dla pierwszego i kolejnych wahał: 30 min,
- czas czynności manewrowych dla ostatniego wahała: 25 min,
- czas unosu ładunku za pomocą suwnicy: 10 s,
- czas mocowania ładunku dla suwnicy: 15 s,
- czas transportu ładunku za pomocą suwnicy: 20 s,
- godzinowy koszt pracy lokomotywy: 150 zł,
- miesięczne wynagrodzenie maszynisty: 2900 zł,
- miesięczne wynagrodzenie operatora suwnicy: 2700 zł,
- miesięczne wynagrodzenie operatora wózka widłowego: 2500 zł,
- miesięczne wynagrodzenie operatora reach stacker: 2500 zł,

Wyniki przeprowadzonej analizy w ujęciu rocznym przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Wyniki przeprowadzonej analizy w ujęciu rocznym

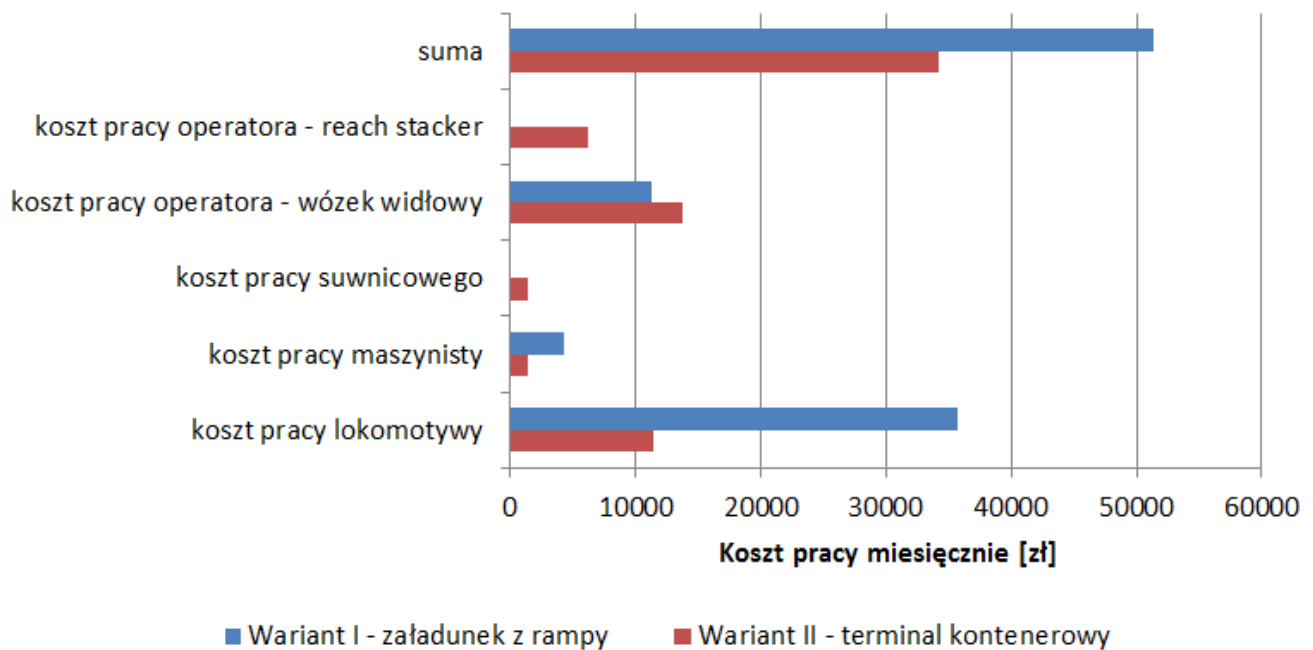
	czas pracy [h]		koszt [zł]	
	Wariant I	Wariant II	Wariant I	Wariant II
praca lokomotywy	2860	916	429000	137400
maszynista	2860	916	52200	17400
operator suwnicy	0	216	0	16200
operator wózka widłowego	8640	10080	135000	165000
operator reach stackers	0	4320	0	75000
suma	14360	16448	616200	411000

Wynikiem wykonanej analizy było obliczenie wymaganego czasu na realizację procesu załadunku towarów do kontenerów na wagony kolejowe. Czas ten podzielono na poszczególne czasy pracy tj.: reach stacker, wózków widłowych, suwnicy oraz lokomotywy. W celu zobrazowania różnicy pomiędzy oboma wariantami wyniki przedstawiono w formie wykresów (rys. 2).



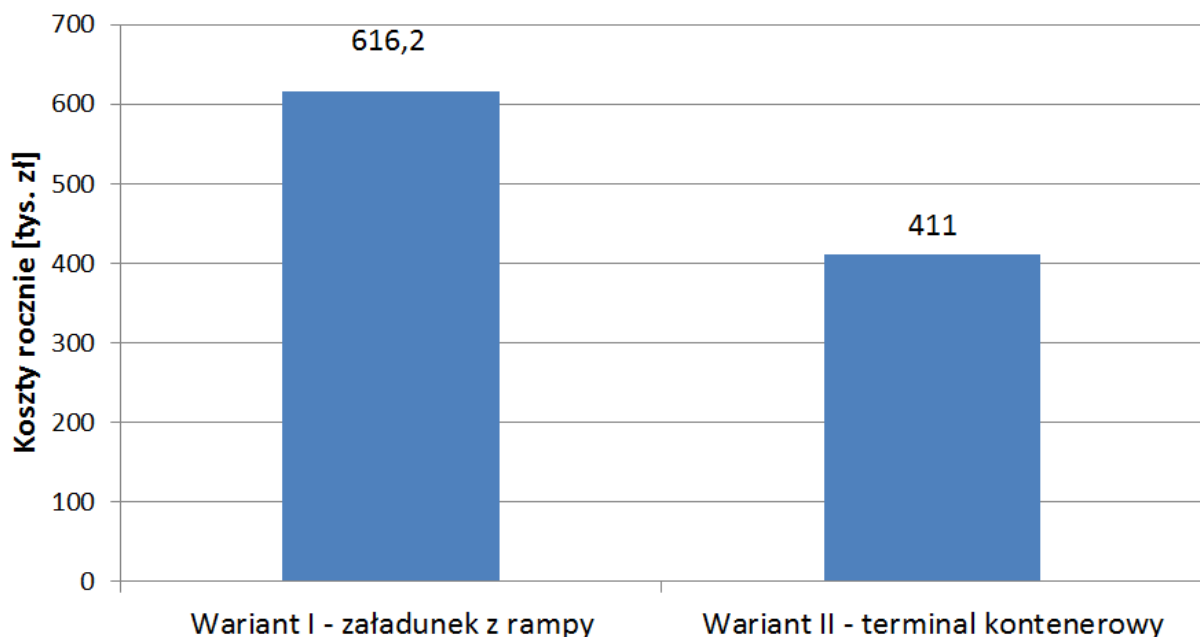
Rys. 2. Czas pracy dla obu wariantów w ujęciu miesięcznym

Jak można zauważyć całkowity czas pracy jest większy dla wariantu II o 35,06%. Wynika to w głównej mierze z konieczności wykorzystania reach stacker które są potrzebne do przewożenia i układania kontenerów na placu składowania. W wariacie II doszło także do zwiększenia czasu pracy wózków widłowych o 16,67% co wynika ze zwiększonej odległości przewozu produktów na plac składowania kontenerów. Natomiast znacznie zmniejszono czas pracy lokomotywy – o 67,97%. Jak już wcześniej wspomniano praca lokomotyw stanowi główny udział w kosztach, w związku z czym po uwzględnieniu wynagrodzeń pracowników i kosztów pracy lokomotywy wynik analizy przybrał inną postać (rys. 2).



Rys. 3. Koszt pracy dla obu wariantów w ujęciu miesięcznym

Jak widać na rys. 3 mimo większego zapotrzebowania na pracę, koszty dla wariantu II są mniejsze – o 33,30%. Wynika to ze zmniejszenia kosztów pracy lokomotywy i maszynisty o 67,32%. Koszty związane z obsługą wózków widłowych wzrosły o 22,22%.



Rys. 4. Porównanie kosztów całkowitych dla obu wariantów w ujęciu rocznym

Dodatkowym atutem wynikającym z zastosowania wariantu II jest zmniejszenie wymaganej do składowania przestrzeni magazynowej, która również generuje koszty. Natomiast z uwagi na to, że produkty nie są bezpośrednio ładowane na wagony kolejowe, wymagane jest zastosowanie systemu typu WMS pozwalającego dokładnie określić lokalizację produktów w kontenerach ich rodzaj, wagę oraz sposób opakowania. Co jest niezbędne do prawidłowego skompletowania zamówienia.

PODSUMOWANIE

W przypadku transportu towarów na dalekie odległości często można spotkać się z transportem kontenerowym. W przemyśle ciężkim wyroby gotowe prawie zawsze wysyłane są za pomocą transportu kolejowego. Na efektywność i koszty funkcjonowania magazynu wpływa zatem system załadunku towarów do kontenerów. Dokładna analiza procesów załadunku dostarczyć może informacji o wadach i zaletach, jakie niesie za sobą dany sposób załadunku towarów do kontenerów. Porównanie wariantu uwzględniającego wykorzystaniu przyprodukcyjnych terminali kontenerowych z systemem załadunku z poziomu rampy ukazuje, że mimo iż załadunek wykorzystujący terminal kontenerowy jest bardziej czasochłonny, pozwala on na znaczne zmniejszenie kosztów pracy. Poszukiwane przez magazyny nowe rozwiązania, mimo konieczności zmiany całego systemu załadunku i rozładunku towaru mogą zatem okazać się korzystne dla przedsiębiorstwa. Wprowadzenie zmian zarówno procesowych jak i organizacyjnych może znacznie poprawić efektywność funkcjonowania magazynu zmniejszając przede wszystkim koszty pracy ludzkiej i koszty eksploatacji środków transportu.

Streszczenie

Transport kolejowy jest bardzo popularną formą przewozu produktów zwłaszcza wśród dużych zakładów produkcyjnych przemysłu ciężkiego. Towary wysyłane często na dalekie odległości przewożone są przy pomocy transportu kontenerowego. Proces załadunku kontenerów w przyprodukcyjnych magazynach wyrobów gotowych wpływa zatem na efektywność funkcjonowania magazynu.

W artykule zestawiono dwa warianty załadunku towarów do kontenerów. Pierwszy z nich opiera się o załadunek wyrobów gotowych z poziomu rampy przy pomocy wózków widłowych, gdzie towar pobierany jest bezpośrednio z magazynu, natomiast drugi uwzględnia wykorzystanie terminala kontenerowego. W takim systemie następuje rozładunek kontenerów z wagonów za pomocą suwnicy kolejowej na plac gdzie następnie odbywa się ich załadunek. Przeprowadzona analiza efektywności przyprodukcyjnych terminali kontenerowych dostarcza informacji o zaletach jak i wadach stosowania takiego systemu załadunku towaru.

Słowa kluczowe: załadunek kontenerów, terminale kontenerowe, transport kolejowy, załadunek w przemyśle ciężkim

Analysis of the container terminals efficiency

Abstract

Rail transport is a very popular form of products transportation especially among the big production plants of heavy industry. Goods sent often over long distances, are transported by means of container transport. The process of container loading in finished goods warehouse affects on the effective functioning of warehouse.

The article summarizes the two variants of loading goods into containers. The first one is based on the loading goods from the ramp using a forklift, where the product is taken directly from the warehouse. The second option involves using a container terminal. In such a system, unloading the containers of the cars, uses the railway crane. Then the containers are laid on the square where the loading is done. The analysis of the efficiency of container terminals, provides information about the advantages and disadvantages of using such system of goods loading.

Keywords: containers loading, container terminals, rail transport, loading in heavy industry

PODZIĘKOWANIA



*Prezentowane wyniki badań zostały zrealizowane w ramach projektu
EUREKA E!6726 LOADFIX dofinansowanego
ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju*



BIBLIOGRAFIA

1. Ballis A., Dimitriou L., Issues on railway wagon asset management using advanced information systems, Transportation Research Part C 18 (2010), p. 807–820.

2. EC, 2001a. White Paper on Transport. European Transport Policy for 2010. Time to Decide, 2001.
3. Harrison A., van Hoek R., Logistics Management and Strategy Competing through the supply chain, 3rd edition, Pearson Education Limited, England 2008.
4. Katalog wagonów PKP CARGO S.A., Warszawa 2009.
5. Marciniak-Neider D., Neider J. (red), Podręcznik spedytora - transport, spedycja i logistyka, Polska Izba Spedycji i Logistyki, Gdynia, 2014.
6. Marciniak Z., Medwid M., Pojazdy Szynowo-Drogowe, Wyd. OBRPS Poznań 1999
7. Markusik S., Infrastruktura logistyczna w transporcie, Tom II Infrastruktura punktowa, magazyny, centra logistyczne i dystrybucji, terminale kontenerowe, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
8. Sikorski P., Spedycja w praktyce – wiek XXI, Polskie Wydawnictwo Transportowe, Warszawa 2008.
9. Stryjczyk T., Farna P. (red.), Biała księga 2013 Kolej na działania – mapa problemów polskiego kolejnictwa, Railway Business Forum, Warszawa – Kraków 2013.
10. Witkowski J., Zarządzanie łańcuchem dostaw, koncepcje > procedury > doświadczenia, wyd. PWE, Warszawa 2010.
11. Wojciechowski Ł., Wojciechowski A., Kosmatka T., Infrastruktura magazynowa i transportowa, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2009.
12. Woxenius J., Persson J.A., Davidsson P., Utilising more of the loading space in intermodal line trains – Measures and decision support, Computers in Industry 64 (2013), p. 146–154.
13. Strona internetowa: www.kalmarind.co.uk (dostęp z dnia: 26-01-2015)
14. Strona internetowa: www.kalmarglobal.com (dostęp z dnia: 26-01-2015)