

Arkadiusz Kostrzewski, Mirosław Nader, Mariusz Kostrzewski

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

ANALIZA CZASÓW OBSŁUGI ŁADUNKOWEJ KONTENERÓW WIELKICH ISO W RELACJI TYPU PLAC-WAGON

Rękopis dostarczono, maj 2019

Streszczenie: W artykule dokonano analizy czasów obsługi ładunkowej kontenerów wielkich ISO. Analiza ta przeprowadzona została dla relacji typu plac-wagon, przy uwzględnieniu różnorodnej struktury usytuowania jednostek transportu intermodalnego na długości ładunkowej wagonów. Przeanalizowano przy tym liczbę niezbędnych środków transportu kolejowego. Przedstawiono szczegółowy opis czasów dla cyklu prostego z wykorzystaniem wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker*, polegającego na podjęciu kontenerów wielkich ISO z kolejnych warstw w stosach. Dokonano również analizy cyklu prostego dla odłożenia jednostek ładunkowych na wagonach. Przedstawiono przy tym podstawowe wzory wykorzystywane przy analizowaniu czasów obsługi ładunkowej jednostek transportu intermodalnego.

Słowa kluczowe: transport intermodalny, kontenery wielkie ISO, relacja plac-wagon, *Reachstacker*

1. WPROWADZENIE

Organizacja pracy lądowych terminali przeładunkowych charakteryzuje się bezpośrednim wpływem na funkcjonowanie oraz rozwój transportu intermodalnego. Na organizację tę składa się wiele procesów logistyczno-transportowych, w tym m.in. związanych z czasem obsługi ładunkowej jednostek transportu intermodalnego.

Przedmiotem referatu jest przedstawienie fragmentu rozwiązania analitycznego związanego z obsługą kontenerów wielkich ISO w relacji typu plac-wagon, przy wykorzystaniu wozów z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker*. Jednostki transportu intermodalnego (JTI) podejmowane są przez *Reachstacker* z miejsca składowania, przewożone na określoną odległość, a następnie odkładane na wagony kolejowe. Przedstawiono przy tym wykaz czasów trwania poszczególnych operacji manipulacyjno-transportowych oraz zaprezentowano podstawowe wzory wykorzystywane w celu dokonania obliczeń czasu trwania obsługi ładunkowej kontenerów wielkich ISO przy zadanych uwarunkowaniach.

2. ANALIZA CZASÓW OBSŁUGI ŁADUNKOWEJ KONTENERÓW WIELKICH ISO

Kontenery wielkie ISO to najpowszechniej wykorzystywane jednostki transportu intermodalnego w zakresie lądowych terminali przeładunkowych. Wobec czego przedmiotem analizy w referacie są kontenery takie, jak:

- 20-stopowy kontener typu C, o długości 6,058 [m],
- 30-stopowy kontener typu B, o długości 9,125 [m],
- 40-stopowy kontener typu A, o długości 12,192 [m],
- 45-stopowy kontener typu EE, o długości 13,716 [m].

Czas podjęcia kontenerów wielkich ISO ze stosu, z użyciem wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker*, obliczany jest według zależności (1). Szczegółowy wykaz czasów niezbędnych do obliczeń czasu trwania cyklu prostego, polegającego na podjęciu kontenerów wielkich ISO składowanych w trzech warstwach w stosie, dla pierwszego rzędu kontenerów wielkich ISO, przedstawiony jest w tabelcy 1. Znaczenie parametrów zastosowanych w zależności (1) przedstawiono w tabelcy 1.

$$t_{pj}^{RS} = t_{trchr}^{RS} + t_{zkr1}^{RS} + t_{zdr1}^{RS} + t_{doj}^{RS} + t_{kuchp}^{RS} + t_{ochs}^{RS} + t_{pch}^{RS} + t_{odj}^{RS} + t_{zkr2}^{RS} + t_{zdr2}^{RS} \quad (1)$$

Tab. 1

Szczegółowy wykaz czasów dla cyklu prostego dla pierwszego rzędu JTI, z wykorzystaniem wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker* (podjęcie kontenerów wielkich ISO)

Opis		Symbol	Nr warstwy w stosie		
			1	2	3
			[s]	[s]	[s]
Czas rozsunęcia ramion urządzenia chwytneho w celu dostosowania do obsługi kontenera odpowiedniej długości (teleskopowanie ramion, uwzględnia czas zablokowania rozstawu ramion, o wartości 1 [s])	20-stopowe	t_{trchr}^{RS}	0	0	0
	30-stopowe		7	7	7
	40-stopowe		13	13	13
	45-stopowe		13	13	13
Czas dojazdu <i>Reachstackera</i> na odległość podjęcia JTI – ok. 1,5 [m] przed wagonem: długość drogi ok. 5 [m], prędkość jazdy w linii prostej – 5 [km/h]		t_{doj}^{RS}	4	4	4
Czas zmiany kąta nachylenia ramienia wysięgnika w stosunku do płaszczyz. poziomej i czas zmiany zasięgu wysięgnika (wysunięcie), w celu podjęcia JTI		$t_{zkr1}^{RS}, t_{zdr1}^{RS}$	5	7	14
Czas korekty ustawienia urządzenia chwytneho bez JTI w celu podjęcia (wysokość zawieszenia ok. 1 [m] ponad powierzchnią)		t_{kuchp}^{RS}	10	10	15
Czas opuszczenia urządzenia, sprzęgnięcia z JTI (zawiera czas niezbędny na zablokowanie/odblokowanie zaczepów mocujących w narożach kontenera)		t_{ochs}^{RS}	3	3	3
Uniesienie urządzenia chwytneho wraz z jednostką ładunkową, na wys. 1 [m]		t_{pch}^{RS}	3	3	3
Czas odjazdu <i>Reachstackera</i> na odległość podjęcia JTI (wycofanie): długość drogi około 5 [m], prędkość jazdy w linii prostej – 5 [km/h]		t_{odj}^{RS}	4	4	4
Czas zmiany kąta nachylenia ramienia wysięgnika w stosunku do płaszczyzny poziomej (ok. 45°) oraz czas zmiany zasięgu wysięgnika (zsuniecie) w celu przyjęcia pozycji transportowej		$t_{zkr2}^{RS}, t_{zdr2}^{RS}$	11	8	9

Źródło: opracowanie własne na podstawie analiz prowadzonych *in situ* w terminalach intermodalnych

Uśrednione czasy podjęcia kontenerów z poszczególnych warstw w stosach, dla pierwszego rzędu kontenerów wielkich ISO, z wykorzystaniem wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker*, w zależności od typu kontenerów wielkich ISO przedstawiono w tablicy 2. Wartości czasów obliczono na podstawie zawartości tablicy 1, oddzielnie dla poszczególnych numerów warstw w stosie.

Tab. 2

Uśredniony czas podjęcia kontenerów z poszczególnych warstw w stosie, dla pierwszego rzędu kontenerów wielkich ISO, w zależności od typu kontenerów wielkich ISO

Typ kontenera	Długość	Czas podjęcia [s]		
		Warstwa nr 1 w stosie	Warstwa nr 2 w stosie	Warstwa nr 3 w stosie
C	20-stopowy	40	39	52
B	30-stopowy	47	46	59
A	40-stopowy	53	52	65
EE	45-stopowy	53	52	65

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zamieszczonych w tablicy 1

Czas odłożenia jednostki transportu intermodalnego w przypadku zastosowania wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker* przedstawiono w postaci zależności (2). Znaczenie parametrów zastosowanych w zależności (2) przedstawiono w tablicy 3.

$$t_{oj}^{RS} = t_{zkr3}^{RS} + t_{zdr1}^{RS} + t_{doj}^{RS} + t_{kuch}^{RS} + t_{ochr}^{RS} + t_{pch}^{RS} + t_{odj}^{RS} + t_{zkr4}^{RS} + t_{zdr2}^{RS} + t_{trchz}^{RS} \quad (2)$$

Szczegółowy wykaz czasów wobec obliczenia cyklu prostego, polegającego na odłożeniu kontenerów wielkich ISO na wagonie kolejowym, z wykorzystaniem wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker* przedstawiono w tablicy 3.

Tab. 3

Szczegółowy wykaz czasów wobec cyklu prostego, z wykorzystaniem wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker* (odłożenie kontenerów wielkich ISO)

Opis	Sym-bol	War-tość [s]
Czas zmiany kąta nachylenia ramienia wysięgnika w stosunku do płaszczyzny poziomej oraz czas zmiany zasięgu wysięgnika (wysunięcie), w celu odłożenia JTI	t_{zkr3}^{RS} , t_{zdr1}^{RS}	8
Czas dojazdu wozu do miejsca odłożenia JTI: jazda do przodu na długości 5 [m] z prędkością 5 [km/h] oraz zatrzymanie w odległości ok 1,5 [m] od wagonu	t_{doj}^{RS}	4
Czas korekty ustawienia urządzenia chwytneho wraz z JTI nad miejscem odłożenia (wysokość zawieszenia ok. 1 [m] ponad powierzchnią podłoża)	t_{kuch}^{RS}	10
Czas opuszczenia urządzenia wraz z JTI oraz rozłączenie z jednostką ładunkową (zawiera czas odblokowania zaczepów mocujących w narożach kontenera: 1 [s])	t_{ochr}^{RS}	3
Czas podniesienia urządzenia chwytneho z JTI na wysokość około 1 [m]	t_{pch}^{RS}	3
Czas odjazdu wozu od miejsca odłożenia JTI: jazda do tyłu na długości 5 [m], z prędkością 5 [km/h] oraz zatrzymanie	t_{odj}^{RS}	4
Czas zmiany kąta nachylenia ramienia (ok. 25°) oraz długości wysięgnika teleskopowego, w celu dostosowania do pozycji transportowej (jazda bez JTI)	t_{zkr4}^{RS} , t_{zdr2}^{RS}	3
Teleskopowanie ramion urządzenia chwytneho – zsunięcie do pozycji wyjściowej, zablokowanie położenia ramion: kontenery 20- /30- /40-/45- stopowe	t_{trchz}^{RSk}	0/7/ 13/13

Źródło: opracowanie własne na podstawie analiz prowadzonych *in situ* w terminalach intermodalnych

Tab. 4

Uśrednione czasy odłożenia na wagonie kolejowym w zależności od typu kontenerów wielkich ISO, z wykorzystaniem wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker*

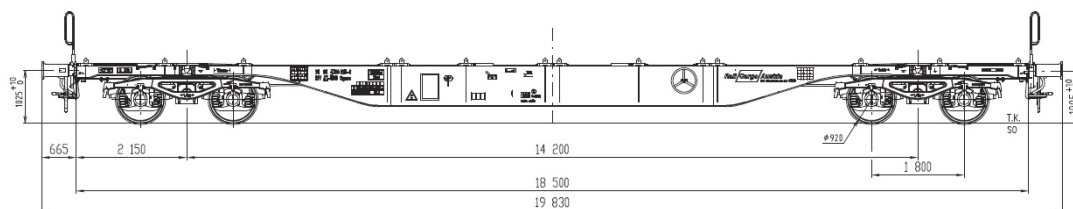
Typ kontenera	Długość	Czas odłożenia
C	20-stopowy	35
B	30-stopowy	42
A	40-stopowy	48
EE	45-stopowy	48

Źródło: opracowanie własne

Uśrednione czasy odłożenia kontenerów wielkich ISO na wagonach kolejowych w zależności od typu kontenera, z wykorzystaniem wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker* przedstawiono w tablicy 4. Wartości czasów obliczono na podstawie zawartości tablicy 3, oddzielnie dla poszczególnych typów kontenerów wielkich ISO.

Rozmieszczenie kontenerów wielkich ISO na powierzchni ładunkowej wagonów odbywa się według sposobu zaproponowanego w pracy [6].

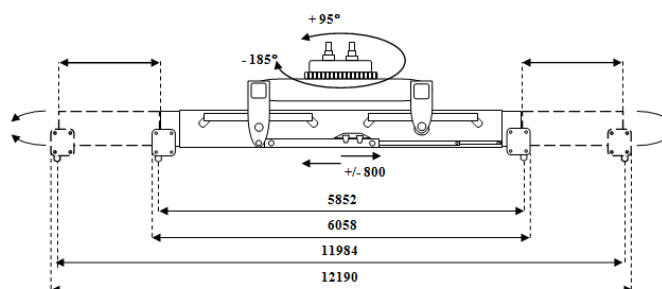
Nadanie jednostek ładunkowych na teren terminalu, odbywa się przy wykorzystaniu składu złożonego z wagonów serii Sgns(s) 60 (rys. 1). Wyposażenie tego środka transportu kolejowego w 28 trzpieni mocujących oraz zastępcza długość ładunkowa równa 60 stóp, umożliwiając przewożenie kontenerów wielkich ISO w następujących konfiguracjach: 3 x 20-stopowe; 2 x 20-stopowe; 2 x 30-stopowe; 1 x 40-stopowe; 1 x 45-stopowe; 1 x 20-stopowe + 1 x 30-stopowe; 1 x 20-stopowe + 1 x 40-stopowe.



Rys. 1. Czteroosiowy jednoczłonowy wagon platforma serii Sgns(s) o długość ładunkowej 60 stóp, przeznaczony do przewożenia kontenerów oraz nadwozi wymiennych

Źródło: <http://tatravagonka.sk/inc/uploads/2016/06/sgnss60.pdf> (dostęp on-line 4 grudnia 2017 r.)

Parametry wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker* przedstawione zostały w broszurze [1] oraz w pracy [5].



Rys. 2. Jednofunkcyjny chwytak typu *spreader*

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1], [5]

Obsługa manipulacyjno-transportowa kontenerów wielkich ISO odbywa się przy wykorzystaniu urządzenia chwytneho typu *spreader* (rys. 2). Ma ono kształt prostokątnej stalowej ramy, wyposażonej w rozsuwane ramiona dostosowujące się do typu (długości) danej jednostki transportu intermodalnego. Sprzęgnięcie z jednostką ładunkową odbywa się przez zahaczenie za górne naroża zaczepowe.

Czas trwania cyklu prostego dla wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker*, polegającego na podjęciu kontenerów wielkich ISO ze stosu składowania, przetransportowaniu oraz odłożeniu na wagonach kolejowych przedstawiono w postaci zależności (3).

$$t_{cp}^{RS} = t_{pJ}^{RS} + t_{ke} + t_{vL}^{RS} \cdot L_L^{RS} + t_{vE}^{RS} \cdot L_E^{RS} + n_{skL}^{RS} \cdot t_{skL}^{RS} + n_{skE}^{RS} \cdot t_{skE}^{RS} + t_{oJ}^{RS} \quad (3)$$

gdzie:

- t_{pJ}^{RS} – czas podjęcia przez *Reachstacker* jednostki transportu intermodalnego z punktu podjęcia (na wejściu), [s];
- t_{ke} – czas kontroli i ewidencji polegający na sprawdzeniu m.in.: zgodności danych zlecenia oraz miejsca odłożenia JTI, [s];
- t_{vL}^{RS} – czas jazdy maszyny ładunkowej z JTI (w stanie ładownym), na zadanej długości drogi przejazdu, [s/m];
- t_{vE}^{RS} – czas jazdy maszyny ładunkowej bez JTI (w stanie próżnym), na zadanej długości drogi przejazdu, [s/m];
- L_L^{RS} – długość drogi przejazdu maszyny ładunkowej wraz z JTI, [m];
- L_E^{RS} – długość drogi przejazdu maszyny ładunkowej bez JTI, [m];
- n_{skL}^{RS} – liczba skrętów na drodze przejazdu wraz z JTI;
- n_{skE}^{RS} – liczba skrętów na drodze przejazdu bez JTI;
- t_{skL}^{RS} – czas skrętu na drodze przejazdu wraz z JTI, [s];
- t_{skE}^{RS} – czas skrętu na drodze przejazdu bez JTI, [s];
- t_{oJ}^{RS} – czas odłożenia jednostki transportu intermodalnego w punkcie odłożenia (docelowym), [s].

3. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA DO PRZYKŁADOWEJ ANALIZY

Sformułowano następujące zadanie w ujęciu lingwistycznym. Dla danych typów kontenerów wskazanych w punkcie 2, cząstkowych czasów operacji ładunkowych (tablice 1–4), konfiguracji usytuowania kontenerów danego typu na przestrzeni ładunkowej wagonu serii Sgns(s) 60, należy wyznaczyć czasy obsługi manipulacyjno-transportowej dla następujących wariantów:

1. najkorzystniejszego usytuowania kontenerów wielkich na wagonach, przy zachowaniu kolejności pobierania zgodnie z umiejscowieniem na placu;
2. najkorzystniejszego usytuowania kontenerów wielkich na wagonach, przy zachowaniu kolejności odkładania zgodnie z umiejscowieniem na wagonach;

3. najmniej korzystnego usytuowania kontenerów wielkich na wagonach, przy zachowaniu kolejności pobierania zgodnie z umiejscowieniem na placu.

Na potrzeby analizy czasów trwania operacji ładunkowych z wykorzystaniem wozu z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker* przyjęto następujące założenia:

1. do przeładunku przeznaczonych jest 16 kontenerów wielkich ISO, w tym:
 - 7 kontenerów typu C (20-stopowych),
 - 3 kontenery typu B (30-stopowe),
 - 4 kontenerów typu A (40-stopowe),
 - 2 kontenery wielkie typu EE (45-stopowe);
2. wymiary pola składowego uwzględniają tzw. luzy manipulacyjne i wynoszą odpowiednio: długość – 6,5 [m], szerokość – 2,5 [m];
3. pola składowe numerowane są kolejno, liczbami 1–12;
4. kontenery wielkie ISO składowane są na placu składowym obok siebie w jednym rzędzie, licząc od początku numerowania pól składowych, według wielkości (typów) usytuowanych obok siebie, odpowiednio: 20-stopowe, 30-stopowe, 40-stopowe oraz 45-stopowe;
5. jednostki ładunkowe piętrowane są w warstwach, odpowiednio (w odniesieniu do założenia 1.):
 - 20-stopowe – 3 warstwy, 2 warstwy, 2 warstwy,
 - 30-stopowe – 3 warstwy,
 - 40-stopowe – 3 warstwy, 1 warstwa,
 - 45-stopowe – 2 warstwy;
6. różnorodna struktura rozłożenia kontenerów wielkich ISO na wagonie serii Sgns(s) 60 o długości ładunkowej 60 stóp (tablica 5), przyjmując 2 warianty rozłożenia jednostek ładunkowych, a przy tym niezbędną liczbę wagonów:
 - wariant najkorzystniejszy – określający najmniejszą liczbę wagonów niezbędnych do przewiezienia założonej liczby kontenerów wielkich ISO;
 - wariant najmniej korzystny – określający maksymalną liczbę wagonów niezbędnych do przewiezienia kontenerów.

Tab. 5

Struktura rozłożenia kontenerów wielkich ISO na wagonie serii Sgns(s) o długości ładunkowej 60 stóp

Numer wagonu	Wariant rozłożenia		Numer wagonu	Wariant rozłożenia	
	Najkorzystniejszy	Najmniej korzystny		Najkorzystniejszy	Najmniej korzystny
1	A – C	A	9	EE	C
2	A – C	A	10	-	C
3	A – C	A	11	-	C
4	A – C	A	12	-	C
5	B – C	B	13	-	C
6	B – C	B	14	-	C
7	B – C	B	15	-	EE
8	EE	C	16	-	EE

Źródło: opracowanie własne

Rozmieszczenie kontenerów wielkich ISO na długości ładunkowej wagonów odbywa się według sposobu opisanego w pracy [6].

Kontenery wielkie ISO pobierane są z kolejnej warstwy w stosie, przez wóz z wysięgnikiem teleskopowym typu *Reachstacker*, transportowane oraz odkładane na wagonach kolejowych.

Przewóz jednostek transportu intermodalnego przy użyciu wozu typu *Reachstacker*, z punktu podjęcia do punktu odłożenia odbywa się po drodze równej L_L (przejazd z ładunkiem), w czasie $(t_{vL} \cdot L_L)$. Powrót do punktu podjęcia odbywa się po drodze równej L_E (przejazd próżny, bez ładunku), w czasie $(t_{vE} \cdot L_E)$. Czasy jazdy stanowią tzw. czasy zmienne cyklu, tj. zależą od „prędkości” przemieszczania wozu typu *Reachstacker* (t_{vL} oraz t_{vE} , wyrażone w sekundach na jeden metr) oraz odległości drogi przejazdu (L_L oraz L_E , wyrażone w metrach). W przypadku wozu typu *Reachstacker* dochodzą również parametry związane z liczbą skrętów (n_{skL}^{RS} oraz n_{skE}^{RS}), a przy tym czasów ich trwania (t_{skL}^{RS} oraz t_{skE}^{RS}).

Obliczenia analityczne dokonano przy wykorzystaniu środowiska komputerowego arkuszy kalkulacyjnych *MS Excel* oraz oprogramowania inżynierskiego *AutoCad*, w których odwzorowano rozmieszczenie kontenerów na placu manipulacyjno-składowym oraz na wagonach.

Tab. 6

Czasy obsługi manipulacyjno-transportowej dla wariantu najkorzystniejszego usytuowania kontenerów wielkich na wagonach, przy zachowaniu kolejności pobierania zgodnie z umiejscowieniem na placu

Kontener wielki ISO		Podjęcie JTI		Czas przejazdu [s]	Odłożenie		Łącznie Czas [s]	Numer operacji
Typ	Długość	Miejsce składowania	Czas [s]		Numer wagonu	Czas [s]		
C	20-stopowy	<S1,1,1,3 >	52	47	1	35	134	op = 1
C	20-stopowy	<S1,1,1,2 >	39	73	2	35	147	op = 2
C	20-stopowy	<S1,1,1,1 >	40	87	3	35	162	op = 3
C	20-stopowy	<S1,1,2,2 >	39	97	4	35	171	op = 4
C	20-stopowy	<S1,1,2,1 >	40	111	5	35	186	op = 5
C	20-stopowy	*<S1,1,3,2 >	39	121	6	35	195	op = 6
C	20-stopowy	<S1,1,3,1 >	40	135	7	35	210	op = 7
B	30-stopowy	<S1,1,4,3 >	59	118	5	42	219	op = 8
B	30-stopowy	<S1,1,4,2 >	46	107	6	42	195	op = 9
B	30-stopowy	<S1,1,4,1 >	47	121	7	42	210	op = 10
A	40-stopowy	<S1,1,6,3 >	65	99	1	48	212	op = 11
A	40-stopowy	<S1,1,6,2 >	52	75	2	48	169	op = 12
A	40-stopowy	<S1,1,6,1 >	53	68	3	48	169	op = 13
A	40-stopowy	<S1,1,8,1 >	53	66	4	48	167	op = 14
EE	45-stopowy	<S1,1,11,2 >	52	86	8	48	186	op = 15
EE	45-stopowy	<S1,1,11,1 >	53	123	9	48	224	op = 16

*) < S1,1,3,2 > przykładowo S1 oznacza – sektor 1 (składowanie kontenerów wielkich ISO), 1 – pierwszy rząd, 3 – trzecia kolumna, 2 – druga warstwa składowania kontenerów wielkich ISO

Źródło: opracowanie własne

Czasy obsługi manipulacyjno-transportowej dla wariantu najkorzystniejszego usytuowania kontenerów wielkich ISO na wagonach, przy zachowaniu kolejności pobrania zgodnie z umiejscowieniem na placu, przedstawiono w tablicy 6. Natomiast w tablicy 7 zamieszczono czasy obsługi manipulacyjno-transportowej dla najkorzystniejszego wariantu usytuowania kontenerów wielkich na wagonach, przy zachowaniu kolejności odkładania zgodnie z umiejscowieniem na wagonach.

Na podstawie danych zestawionych w tablicy 6 uzyskano następujące wyniki: załadunek 16 kontenerów trwałby łącznie 2 956 [s] tj. 49 minut i 16 sekund, a nastąpiłaby wówczas obsługa 9 wagonów dla wariantu najkorzystniejszego. Natomiast na podstawie danych zestawionych w tablicy 7 uzyskano wyniki takie, że załadunek 16 kontenerów trwałby łącznie niewiele krócej czyli 2 943 [s] tj. 49 minut i 3 sekundy, a przy tym nastąpiłaby wówczas również obsługa 9 wagonów dla wariantu najkorzystniejszego.

Tab. 7

Czasy obsługi manipulacyjno-transportowej dla wariantu najkorzystniejszego usytuowania kontenerów wielkich na wagonach, przy zachowaniu kolejności odkładania zgodnie z umiejscowieniem na wagonach

Kontener wielki ISO		Podjęcie JTI		Czas przejazdu [s]	Odłożenie		Łącznie	Numer operacji
Typ	Długość	Miejsce składowania	Czas [s]		Numer wagonu	Czas [s]		
C	20-stopowy	<S1,1,1,3 >	52	47	1	35	134	op = 1
C	20-stopowy	<S1,1,1,2 >	39	68	2	35	142	op = 3
C	20-stopowy	<S1,1,1,1 >	40	84	3	35	159	op = 5
C	20-stopowy	<S1,1,2,2 >	39	94	4	35	168	op = 7
C	20-stopowy	<S1,1,2,1 >	40	108	5	35	183	op = 9
C	20-stopowy	<S1,1,3,2 >	39	117	6	35	191	op = 11
C	20-stopowy	<S1,1,3,1 >	40	132	7	35	207	op = 13
B	30-stopowy	<S1,1,4,3 >	59	104	5	42	205	op = 10
B	30-stopowy	<S1,1,4,2 >	46	118	6	42	206	op = 12
B	30-stopowy	<S1,1,4,1 >	47	132	7	42	221	op = 14
A	40-stopowy	<S1,1,6,3 >	65	77	1	48	190	op = 2
A	40-stopowy	<S1,1,6,2 >	52	63	2	48	163	op = 4
A	40-stopowy	<S1,1,6,1 >	53	70	3	48	171	op = 6
A	40-stopowy	<S1,1,8,1 >	53	72	4	48	173	op = 8
EE	45-stopowy	<S1,1,11,2 >	52	106	8	48	206	op = 15
EE	45-stopowy	<S1,1,11,1 >	53	123	9	48	224	op = 16

Źródło: opracowanie własne

Analizując czasy rozłożenia kontenerów na wagonach, według najkorzystniejszego wariantu, sprawdzono również w jaki sposób wpływa kolejność wykonywanych operacji (op). W tablicy 6, zamieszczono wartości czasów obsługi ładunkowej, wobec których kontenery wielkie ISO obsługiwane są według składowania na placu, tj. od 1-go, do 12-go numeru pola składowego (uwzględniając przy tym warstwy w stosie). W tablicy 7, zamieszczono natomiast wartości czasów obsługi, wobec których jednostki ładunkowe pobierane są z placu i odkładane według kolejności wagonów, licząc od 1-go do 9-go.

W wyniku analizy, można uznać, że czasy są zbliżone, wobec czego wspomniana kolejność załadunku nie ma tu większego znaczenia.

Czasy obsługi manipulacyjno-transportowej dla wariantu najmniej korzystnego usytuowania kontenerów wielkich na wagonach, przy zachowaniu kolejności pobrania zgodnie z umiejscowieniem na placu zamieszczono w tablicy 8.

Gdy zastosowano by wariant rozłożenia kontenerów najmniej korzystny, tj. każdy typ kontenera byłby przemieszczany osobnym wagonem (1 kontener = 1 wagon) to załadunek 16 kontenerów trwałby łącznie 3 720 [s] = 62 [min] i 0 sekund, a nastąpiłaby wówczas obsługa 16 wagonów. Trwałoby to zatem przeciętnie około 13 minut dłużej niż w przypadku wariantów o najbardziej korzystnych usytuowaniach kontenerów wielkich na wagonach.

Warto podkreślić, że analiza ta dotyczyła jedynie 16 kontenerów wielkich ISO, a zatem w rzeczywistych warunkach, przy znacznie liczniej reprezentowanej obsłudze JTI, różnica w czasach trwania obsługi byłaby wielokrotnie większa.

Tab. 8

Czasy obsługi manipulacyjno-transportowej dla wariantu najmniej korzystnego usytuowania kontenerów wielkich na wagonach, przy zachowaniu kolejności pobierania zgodnie z umiejscowieniem na placu

Kontener wielki ISO		Podjęcie JTI		Czas przejazdu [s]	Odłożenie		Łącznie	Numer operacji
Typ	Długość	Miejsce składowania	Czas [s]		Numer wagonu	Czas [s]		
C	20-stopowy	<S1,1,1,3 >	52	47	1	35	134	op = 1
C	20-stopowy	<S1,1,1,2 >	39	66	2	35	140	op = 2
C	20-stopowy	<S1,1,1,1 >	40	83	3	35	157	op = 3
C	20-stopowy	<S1,1,2,2 >	39	93	4	35	167	op = 4
C	20-stopowy	<S1,1,2,1 >	40	107	5	35	182	op = 5
C	20-stopowy	<S1,1,3,2 >	39	117	6	35	191	op = 6
C	20-stopowy	<S1,1,3,1 >	40	131	7	35	206	op = 7
B	30-stopowy	<S1,1,4,3 >	59	138	8	42	239	op = 8
B	30-stopowy	<S1,1,4,2 >	46	152	9	42	240	op = 9
B	30-stopowy	<S1,1,4,1 >	47	167	10	42	256	op = 10
A	40-stopowy	<S1,1,6,3 >	65	171	11	48	284	op = 11
A	40-stopowy	<S1,1,6,2 >	52	185	12	48	285	op = 12
A	40-stopowy	<S1,1,6,1 >	53	201	13	48	302	op = 13
A	40-stopowy	<S1,1,8,1 >	53	205	14	48	306	op = 14
EE	45-stopowy	<S1,1,11,2 >	52	207	15	48	307	op = 15
EE	45-stopowy	<S1,1,11,1 >	53	223	16	48	324	op = 16

Źródło: opracowanie własne

3. WNIOSKI

Poruszana tematyka w pracy jest istotnym zagadnieniem. Przedstawione w artykule zagadnienie stanowi również fragment rozwiązania analitycznego, związanego z funkcjonowaniem oraz projektowaniem lądowych terminali przeładunkowych dla transportu intermodalnego. Weryfikacja czasów trwania obsługi JTI następuje w oparciu o wyniki własne autorów oraz na rzeczywistych danych, pochodzących z badań czasów trwania w terminalu intermodalnym. Przedstawione w referacie wyniki mogą posłużyć do dalszych prac badawczo-naukowych nad zagadnieniami związanymi z funkcjonowaniem oraz projektowaniem lądowych terminali przeładunkowych. Podając m.in. za artykułem [7] można stwierdzić, iż tematyka przewozów intermodalnych powinna być stale doprecyzowywana w zakresie opracowań teoretycznych, jak i prac o charakterze praktycznym. Niniejsza praca stanowi istotny wkład, poświęcony tego typu zagadnieniom.

Bibliografia

1. Broszura informacyjna firmy TEREX, zawierająca dane metryczne wozu wysięgnikowego typu *Reachstacker*, 2013.
2. Jacyna M., Pyza D., Jachimowski R.: Transport intermodalny: projektowanie terminali przeładunkowych. PWN. Warszawa 2017.
3. Jakubowski L.: Technologia prac ładunkowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2003.
4. Kemme N.: Design and Operation of Automated Container Storage System. Physica-Verlag, a Springer Company. Berlin Heidelberg 2013..
5. Kostrzewski A., Nader M.: Charakterystyka obsługi manipulacyjnej jednostek transportu intermodalnego z wykorzystaniem wozu wysięgnikowego typu *ReachStacker*. *Logistyka*, 2015, vol. 4, pp. 491 – 500.
6. Kostrzewski A., Nader M., Kostrzewski M.: Racjonalizacja rozłożenia wybranych jednostek transportu intermodalnego na długości ładunkowej pociągu. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*, 2018, vol. 120, pp. 201-208.
7. Zając M., Świeboda J.: Model wybranych operacji w intermodalnym terminalu przeładunkowym, *Problemy Kolejnictwa*, 2016, vol. 171, pp. 87 – 97.
8. <http://tatravagonka.sk/inc/uploads/2016/06/sgnss60.pdf> (dostęp on-line 4 grudnia 2017 r.)

ANALYSIS OF CARGO HANDLING TIMES OF LARGE ISO CONTAINERS IN RELATION TO YARD - WAGON TYPE

Summary: In the paper, the analysis of cargo handling times of large ISO containers was made. This analysis was carried out for the yard - wagon type relations, taking into account the different structure of location of intermodal transport units on the load length of wagons. The number of necessary means of transport was analysed. A detailed description of times for a simple cycle with the use of a vehicle with telescopic jib called as *Reachstacker*, consisting in taking up large ISO containers from successive layers in stacks, is presented. The analysis of a simple cycle for placing loading units on wagons was also performed. The basic equations used in the analysis of the time of cargo service of intermodal transport units were presented.

Keywords: intermodal transport, ISO large containers, yard-wagon relation, *Reachstacker*