

# RAPORT

## Analiza operacji terminalowych transportu kombinowanego

### *Identyfikacja rozwiązań umożliwiających poprawę efektywności terminali w RMB*

Zadanie: WP 3, Zadanie 1

Wersja: Ostateczna

Data: 06/03/2020



Bogusz Wiśnicki, Damian Bonk



## SPIS TREŚCI

Wstęp.....	3
1. Klasyfikacja terminali transportu kombinowanego.....	4
1.1. Rodzaje i kategorie terminali .....	4
1.2. Reprezentatywne modele terminali.....	9
2. Infrastruktura terminali transportu kombinowanego .....	12
2.1. Elementy infrastruktury terminali transportu kombinowanego.....	12
2.2. Terminal szynowo-drogowy duży.....	13
2.3. Terminal szynowo-drogowy mały.....	15
2.4. Terminal rzeczny trójmodalny.....	17
2.5. Terminal graniczny .....	19
2.6. Terminal Ro-La .....	20
2.7. Terminal specjalistyczny Modalohr .....	22
2.8. Terminal specjalistyczny Cargobeamer .....	24
3. Wyposażenie przeładunkowe terminali transportu kombinowanego.....	26
3.1. Rodzaje wyposażenia przeładunkowego terminali kombinowanych .....	26
3.2. Podstawowe urządzenia przeładunku pionowego Lo-Lo .....	28
3.3. Podstawowe urządzenia przeładunku horyzontalnego (Ro-Ro).....	33
3.4. Uzupełniające urządzenia przeładunkowe i transportowe .....	34
3.5. Wyposażenie typowych terminali.....	38
4. Procesy obsługi ładunkowej w terminalach transportu kombinowanego.....	42
4.1. Organizacja pracy terminalu kombinowanego.....	42
4.2. Usługi terminalu kombinowanego .....	42
4.3. Obsługa środków transportu kolejowego.....	45
4.4. Procesy obsługi na terminalu szynowo-drogowym dużym.....	48
4.5. Procesy obsługi na terminalu rzeczny trójmodalnym .....	51
4.6. Procesy obsługi na terminalu Ro-La .....	54
4.7. Procesy obsługi na terminalu specjalistycznym Modalohr .....	57
4.8. Procesy obsługi na terminalu specjalistycznym Cargobeamer.....	60
5. Mierniki efektywności przeładunkowej terminali transportu kombinowanego .....	63
5.1. Mierniki techniczno-technologiczne .....	63
5.2. Mierniki organizacyjno-ekonomiczne .....	66
Wnioski .....	71
Bibliografia .....	73
Spis rysunków .....	75
Spis tabel .....	77

## Wstęp

Ze względu na szerokie znaczenie pojęć z zakresu transportu kombinowanego poczyniono pewne założenia, zmierzające do pełnego ukazania tematu, a także do jego usystematyzowania. Niniejszy raport skupia się na zagadnieniach dotyczących funkcjonowania terminali kombinowanych dwumodalnych (szynowo-drogowych, szynowo-szynowych) oraz trójmodalnych (rzeczno-szynowo-drogowych). Zgodnie z zaleceniami zamawiającego – Miasta Bydgoszczy, z analizy wyłączone łańcuchy tworzone przy zastosowaniu transportu lotniczego i morskiego. Wyniki analiz bowiem mają w przyszłości posłużyć w dalszym procesie tworzenia platformy multimodalnej Bydgoszcz – Solec Kujawski wraz z niezbędnym zapleczem techniczno-organizacyjnym.

Z punktu widzenia przestrzennego niniejsza analiza obejmuje rynek transportowy europejski ze szczególnym uwzględnieniem Regionu Morza Bałtyckiego (RMB). Swoim zakresem zaś obejmuje kwestie technologiczne oraz procesowe realizacji przewozów kombinowanych. Przedstawiono tu technologie eksploatowane obecnie lub mające według autorów szansę na rozwój w przyszłości. Zaprezentowano modelowe przykłady terminali intermodalnych, które opisano biorąc pod uwagę elementy infrastruktury, urządzenia przeładunkowe, a także procesy terminalowe. Taki zakres analizy umożliwił identyfikację różnego rodzaju rozwiązań usprawniających działanie terminali w RMB. W rezultacie przedstawiono wskaźniki monitoringu i optymalizacji procesów terminalowych o charakterze ilościowym i jakościowym.

Raport składa się z pięciu rozdziałów, z których pierwszy skupia się na stworzeniu pełnej klasyfikacji terminali transportu kombinowanego. Następne dwa rozdziały mają formę określenia elementów infrastruktury oraz urządzeń niezbędnych do funkcjonowania terminali. Rozdział czwarty skupia się na procesach terminalowych rozróżniając proces obsługi jednostek ładunkowych i proces obsługi środków transportu. Ostatni, piąty rozdział prezentuje mierniki efektywności przeładunkowej oraz wyposażenia terminali transportu kombinowanego.

W ramach analizy przyjęto następującą definicję transportu kombinowanego<sup>1</sup>: „Transport intermodalny, w którym większa część podróży odbywa się koleją, wodami śródlądowymi lub morskimi, a wszelkie początkowe i / lub końcowe odcinki drogowe są możliwie najkrótsze”. Definicja ta wymaga jednocześnie sprecyzowania pojęcia transportu intermodalnego, który to jest formą transportu wykorzystującą co najmniej dwie gałęzie transportu do przewozu ładunku w postaci intermodalnej jednostki transportowej (Intermodal Transport Unit - ITU), nazywanej również intermodalną jednostką ładunkową. Tą intermodalną jednostką ładunkową może być standardowy kontener, nadwozie wymienne, naczepa siodłowa lub cały zestaw drogowy, przy zachowaniu warunku, że nie stosuje się przeładunku samego towaru przy zmianie środka (gałęzi) transportu. Często zestaw drogowy traktuje się również jako rodzaj ITU. Transport intermodalny zakłada pełną współpracę organizacyjno-techniczną między innymi w zakresie dokumentacji, technologii czy organizacji przemieszczania intermodalnej jednostki ładunkowej w łańcuchu logistycznym.

<sup>1</sup> Combined Transport Directive 92/106/EEC, European Commission, SWD(2016) 141 final

## 1. Klasyfikacja terminali transportu kombinowanego

### 1.1. Rodzaje i kategorie terminali

W najwęższym znaczeniu terminal transportu kombinowanego jest punktem infrastrukturalnym, w którym odbywa się przemieszczenie intermodalnej jednostki ładunkowej z jednego środka transportu na drugi. W szerszym zakresie terminal transportu kombinowanego można określić mianem węzła w sieci transportowej bądź logistycznej, w której pełni on wiele dodatkowych funkcji oprócz podstawowej funkcji przeładunkowej (np. konsolidacja, magazynowanie, spedycja). Ze względu na to, że terminale transportu kombinowanego mogą różnić się znacząco w stosunku do siebie, konieczna jest ich wielokryterialna klasyfikacja. Poniższa klasyfikacja została utworzona na bazie źródeł literaturowych<sup>2</sup> oraz wiedzy eksperckiej autorów analizy. Klasyfikacja została utworzona według określonych wcześniej założeń, jednocześnie umożliwiając dopasowanie dowolnego terminalu transportu kombinowanego do każdej ze wskazanych kategorii podziału. W dalszej części analizy ukazano tą możliwość na bazie wybranych przykładowych terminali. Opracowana klasyfikacja terminali transportu kombinowanego uwzględnia dziewięć kryteriów podziału. Należy zaznaczyć, że podziały te nie mają charakteru dychotomicznego i w praktyce oznaczają, że jeden terminal może być określony danym pojęciem z każdego z poniższych dziewięciu rodzajów.

#### 1. Podział według kryterium obsługiwanej (przeładowywanej) jednostki ładunkowej:

- 1.1. terminale kontenerowe,
- 1.2. terminale obsługujące kontenery i nadwozia wymienne,
- 1.3. terminale obsługujące kontenery, nadwozia wymienne i naczepy drogowe,
- 1.4. terminale obsługujące naczepy drogowe,
- 1.5. terminale obsługujące zestawy drogowe (ciągnik+ naczepa).

#### 2. Podział według kryterium zdolności przeładunkowej terminalu:

- 2.1. terminale małe (poniżej 25000 ITU),
- 2.2. terminale średnie (25000 ÷ 50000 ITU),
- 2.3. terminale duże (50000 ÷ 100000 ITU),
- 2.4. terminale bardzo duże (powyżej 100000 ITU).

#### 3. Podział według kryterium stosowanej technologii przeładunkowej:

- 3.1. terminale Ro-Ro,
- 3.2. terminale Lo-Lo,
- 3.3. terminale Ro-Ro +Lo-Lo,
- 3.4. terminale specjalistyczne (Modalohr, Cargobeamer).

<sup>2</sup> M. Jacyna, D. Pyza, R. Jachimowski, Transport Intermodalny - Projektowanie Terminali Przeładunkowych, PWN, Warszawa, 2018; R.Marek, Rola Terminali Kontenerowych W Kształtowaniu Bezpieczeństwa Przepływu Ładunków Skonteneryzowanych; J. Stokłosa, T. Cisowski, A. Erd, Terminale przeładunkowe jako elementy infrastruktury sprzyjające rozwojowi łańcuchów transportu intermodalnego, Logistyka, 3/2014, 5991-5999; transportgeography.org;

4. Podział według kryterium wielkości obszaru obsługi:
  - 4.1. terminale lokalne i zakładowe,
  - 4.2. terminale regionalne i aglomeracyjne,
  - 4.3. terminale krajowe i międzynarodowe.
5. Podział według kryterium obsługiwanych gałęzi transportu:
  - 5.1. terminale jednodalne (kolejowe),
  - 5.2. terminale dwumodalne (kolejowo-drogowe lub rzeczno-drogowe),
  - 5.3. terminale trójmodalne (reczno-kolejowo-drogowe).
6. Podział według kryterium powiązania terminalu z centrum logistycznym (specjalną strefą ekonomiczną, strefą gospodarczą):
  - 6.1. terminal niepowiązany z centrum logistycznym,
  - 6.2. terminal powiązany z jednym centrum logistycznym,
  - 6.3. terminal powiązany z kilkoma centrami logistycznymi,
7. Podział według kryterium dostępności dla klientów:
  - 7.1. terminal prywatny niedostępny dla wszystkich klientów,
  - 7.2. terminal ogólnodostępny.
8. Podział według kryterium powiązania z operatorem transportowo-logistycznym:
  - 8.1. terminal w sieci jednego operatora,
  - 8.2. terminal w sieci kilku operatorów,
  - 8.3. terminal niezależny.
9. Podział według kryterium miejsca i roli w sieci transportowo-logistycznej:
  - 9.1. globalny hub dystrybucyjny,
  - 9.2. regionalny hub dystrybucyjny,
  - 9.3. hub tranzytowy (gate terminal),
  - 9.4. terminal zapleczeniowy (dry port),
  - 9.5. terminal graniczny,
  - 9.6. terminal końcowy.

**Ad. 1)** Podział według kryterium obsługiwanej (przeładowywanej) jednostki ładunkowej.

W pierwszej kolejności terminale transportu kombinowanego można podzielić według kryterium obsługi intermodalnej jednostki ładunkowej. Większość użytkowanych obecnie terminali obsługuje lub może obsługiwać trzy rodzaje intermodalnych jednostek ładunkowych, tj. kontenerów, nadwozi wymiennych lub naczep. Istnieją także terminale specjalistyczne wykorzystujące poziomą technologię przeładunku, tj. Rollande Landstrasse (Ro-La), Modalohr (Lohr) lub Cargobeamer, które obsługują same naczepy lub zestawy drogowe w postaci ciągnika i naczepy.

**Ad. 2)** Podział według kryterium zdolności przeładunkowej terminalu.

Najczęściej spotykanym podziałem terminali jest ten oparty o kryterium zdolności przeładunkowej terminalu. Jest to teoretyczna liczba jednostek ładunkowych możliwa do obsługi przez terminal w określonym czasie, najczęściej w ciągu roku. W zależności od źródeł, wielkość ta podawana jest w tonach, w jednostkach ITU lub w rozbięciu na różne typy przeładowywanych jednostek intermodalnych. Autorzy stwierdzili, że dla ukazanej wyżej klasyfikacji najlepszym rozwiązaniem jest określenie wielkości terminalu na bazie deklarowanej zdolności przeładunkowej liczonej w ITU. Przyjęty podział jest zgodny z założeniami wypracowanymi w ramach konsorcjum projektu COMBINE (tab. 1).

Tabela 1. Podział terminali kombinowanych

Kryterium	Mały	Średni	Duży
Zdolność przeładunkowa terminalu	< 25 000 ITU lub 50 000 TEU	25 000 – 50 000 ITU lub 50 000 – 100 000 TEU	> 50 000 ITU lub 100 000 TEU
Powierzchnia terminalu	0 – 40 000 m <sup>2</sup>	40 000 – 70 000 m <sup>2</sup>	> 70 000 m <sup>2</sup>
Wyposażenie	Reachstackery, wozy podnośnikowe, pojedyncze suwnice	3-4 Suwnice	Więcej niż 4 suwnice

Źródło: Projekt COMBINE, 2020.

**Ad. 3)** Podział według kryterium stosowanej technologii przeładunkowej

Możliwy jest podział ze względu na zastosowaną w terminalu technologię przeładunku. Klasyfikacja pozwala na rozróżnienie czy w danym terminalu przeładunek odbywa się przy pomocy urządzeń transportu pionowego (Lo-Lo), poziomego (Ro-Ro), czy może sposoby te są łączone (Ro-Lo+Lo-Ro). Wydzielono osobno terminale oferujące specjalne technologie przeładunkowe transportu kombinowanego, do których należy Modalohr (obecnie przebrandowany na Lohr) i Cargobeamer. Możliwość zastosowania konkretnej technologii przeładunkowej w danym terminalu decyduje jakie jednostki ładunkowe mogą być w nim przyjmowane.

**Ad. 4)** Podział według kryterium wielkości obszaru obsługi.

Kolejny podział to klasyfikacja według obszaru obsługi przynależnego do danego terminalu. Przez obszar obsługi rozumie się w tym przypadku określone terytorium, dla którego wybrany terminal świadczy swoje usługi. Autorzy wyróżnili trzy typy terminali. Terminale lokalne i zakładowe, czyli takie, które jako obszar obsługi traktują najbliższe sąsiedztwo terminalu lub jedno konkretne przedsiębiorstwo. Terminale regionalne i aglomeracyjne, czyli takie, których teren obsługi jest wielkości dużej aglomeracji miejskiej lub regionu danego państwa. Wreszcie, terminale krajowe i międzynarodowe, które obsługują przewozy ogólnokrajowe lub międzypaństwowe.

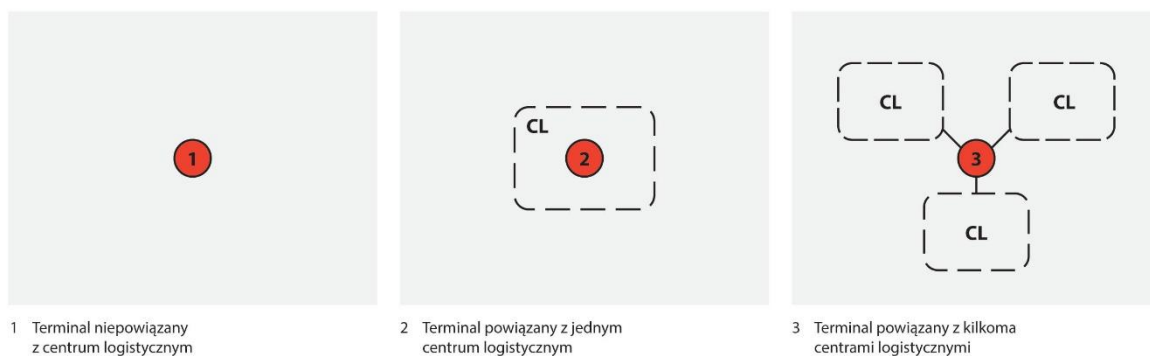
**Ad. 5)** Podział według kryterium obsługiwanych gałęzi transportu.

Następny podział oparty jest na gałęzi transportu obsługiwanej przez dany terminal. Autorzy wyróżniają trzy rodzaje terminali i trzy rodzaje obsługiwanych gałęzi transportu. Terminale jednodalne

przygotowane są do obsługi tylko jednej gałęzi transportu. W praktyce oznacza to, że są to terminale kolejowe. Terminale dwumodalne, na których terenie wykonuje się przeładunki pomiędzy dwoma gałęziami transportu, które w praktyce są terminalami kolejowo-drogowymi lub rzeczno-drogowymi. Oraz terminale trójmodalne które wykorzystują trzy gałęzie transportu, czyli terminale rzeczno-kolejowo-drogowe.

**Ad. 6)** Podział według powiązania terminalu z centrum logistycznym (specjalną strefą ekonomiczną, strefą gospodarczą).

W przypadku podziału ze względu na powiązanie terminalu z centrum logistycznym (specjalną strefą ekonomiczną, strefą gospodarczą) uwzględnia się różne formy przestrzennego i operacyjnego powiązania terminalu z centrum logistycznym (rys. 1). Terminal może nie mieć takiego powiązania, tzn. w bezpośrednim pobliżu terminalu nie ma rozwiniętej działalności logistycznej. W innych przypadkach takie powiązanie może dotyczyć wyłącznie jednego lub kilku centrów logistycznych. Powiązania transportowo-logistyczne mogą dotyczyć wydzielanych obszarów administracyjnych (dzielnica kraju lub region) lub też terminale mogą obsługiwać wiele rozrzuconych przestrzennie centrów logistycznych (kilka centrów w różnych krajach Europy).



Rysunek 1. Klasyfikacja terminali transportu kombinowanego ze względu na powiązanie terminalu z centrum logistycznym

**Ad. 7)** Podział według kryterium dostępności dla klientów.

Prosty jest podział według kryterium dostępności, gdyż wyróżnia się w nim tylko dwa typy terminali. Ogólnodostępne terminale, w których to mogą być przeładowywane ładunki od wielu klientów, a także prywatne, zamknięte, zazwyczaj utworzone na potrzeby jednego przedsiębiorstwa lub konkretnego łańcucha transportowego, których nie udostępnia się w szerszym zakresie innym operatorom aniżeli kooperującym z tym przedsiębiorstwem czy w ramach tego łańcucha.

**Ad. 8)** Podział według kryterium powiązania z operatorem transportowo-logistycznym.

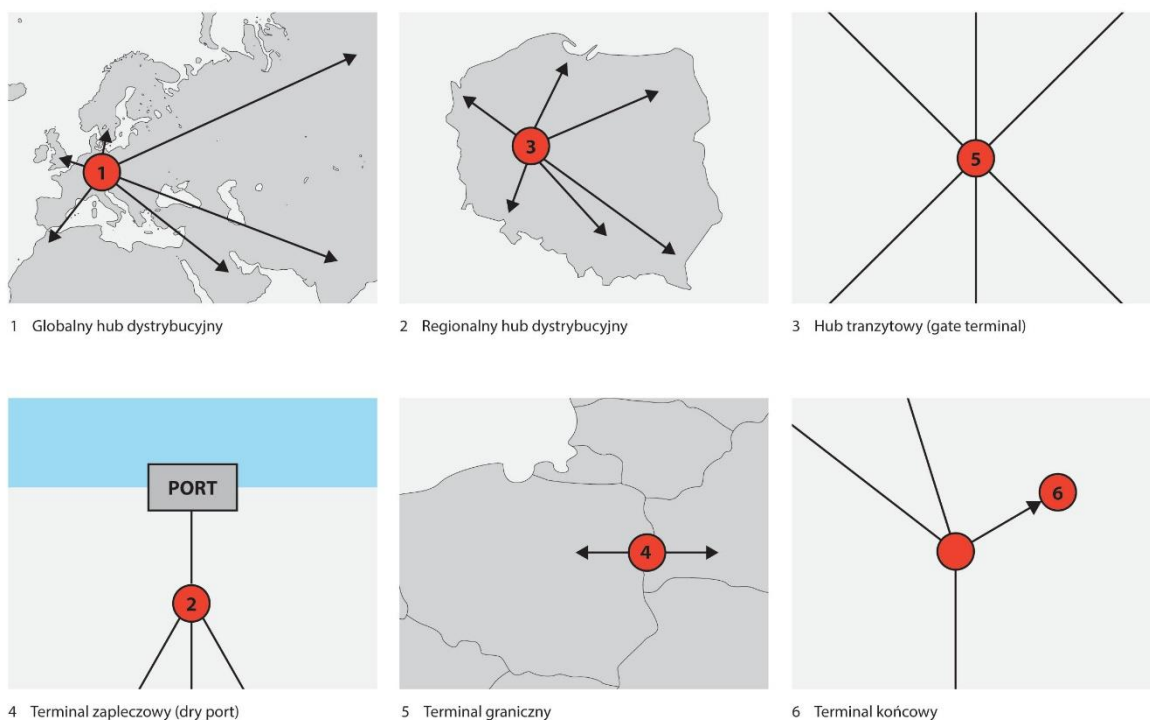
Podział według powiązania z operatorem transportowo-logistycznym definiuje biznesowe powiązanie z operatorami transportowo-logistycznymi, wyrażone poprzez miejsce terminalu w sieci połączeń

danego operatora logistycznego. Terminal może być biznesowo powiązany z jednym lub wieloma operatorami logistycznymi działającymi na rynku przewozów intermodalnych. W takim przypadku terminal znajduje się w sieci połączeń jednego dużego operatora logistycznego lub w sieci dwóch-trzech operatorów (sojusze i współpraca operatorów logistycznych w celu osiągnięcia wspólnych korzyści). W praktyce oznacza to preferencyjne traktowanie ładunków jednego lub kilku operatorów logistycznych. Rzadko spotykany jest obecnie całkowicie niezależny terminal, czyli obsługujący ładunki od dowolnych odbiorców według zasad równego dostępu.

**Ad. 9)** Podział według kryterium miejsca i roli w sieci transportowo-logistycznej.

Ten podział odnosi się do miejsca i roli terminalu w sieci transportowo-logistycznej. Uwzględnia on także funkcje terminalu kombinowanego jakie pełni w systemie logistycznym i obejmuje sześć typów terminali (rys. 2). Pierwszym typem jest terminal określany jako globalny hub dystrybucyjny, oznacza to, że w tym terminalu ładunki przeładowywane są w ramach globalnych łańcuchów dostaw. Tego typu terminale są nieliczne, lecz w związku z rozwojem transportu intermodalnego oraz globalizacją autorzy przewidują, że będą one spełniać coraz większą rolę w systemach transportowych świata. Obecnie tego typu terminale obsługują pociągi intermodalne Azja-Europa, np. terminal w Duisburgu. Następnym typem terminalu to regionalny hub dystrybucyjny, czyli terminal spełniający funkcję węzła przeładunkowego dla zdefiniowanego regionu. Następnym typem jest terminal określany jako hub tranzytowy lub gate terminal, w którym jednostki ładunkowe przemieszczane są w relacji wagon-wagon pomiędzy różnymi pociągami intermodalnymi. Pociągi te mają różne stacje nadania i/lub przeznaczenia i spotykają się na terminalu tranzytowym (często w określonym oknie czasowym) w celu wymiany jednostek ładunkowych między sobą. Kolejny typ terminalu to dry port terminal, czyli terminal transportu kombinowanego znajdujący się na zapleczu morskiego portu przeładunkowego. Przykładem może być w tym wypadku belgijski terminal w Liege. Wyróżnić można również typ terminalu określany jako terminal graniczny. Tego typu terminale mają określoną rolę i są wyspecjalizowane do przeładunku jednostek ładunkowych pomiędzy środkami transportu przystosowanymi do odmiennych standardów infrastruktury występujących w krajach graniczących ze sobą. Przykładem tego typu terminalu może być terminal w Polsce w Małaszewiczach położony na granicy państw posiadających odmienne szerokości rozstawu szyn kolejowych. W niniejszej klasyfikacji ostatnim typem terminalu jest terminal końcowy, czyli terminal przeznaczenia dla pociągu intermodalnego, którym może być bocznica dużego odbiorcy końcowego.





Rysunek 2. Klasyfikacja terminali transportu kombinowanego według miejsca i roli terminalu w sieci transportowo-logistycznej

## 1.2. Reprezentatywne modele terminali

Autorzy analizy wyselekcjonowali określone modele terminali transportu kombinowanego reprezentatywne dla ogółu terminali spełniających założenia analizy, które z punktu widzenia Zamawiającego mogą mieć istotne znaczenie w procesie przygotowywania w Solcu Kujawskim i samej Bydgoszczy inwestycji infrastrukturalnej o charakterze platformy multimodalnej. Na ich przykładzie omówiono elementy infrastruktury i urządzeń terminalowych, a także procesy transportowo-logistyczne w nich zachodzące. Wybrane modele terminali kombinowanych to, w kolejności (tab. 2):

**Model 1.** Terminal szynowo-drogowy duży

**Model 2.** Terminal szynowo-drogowy mały

**Model 3.** Terminal rzeczny trójmodalny

**Model 4.** Terminal graniczny

**Model 5.** Terminal Ro-La

**Model 6.** Terminal specjalistyczny Cargobeamer

**Model 7.** Terminal specjalistyczny Modalohr

Tabela 2. Klasyfikacja terminali kombinowanych

	Model terminalu kombinowanego						
	1	2	3	4	5	6	7
	Terminal szynowo-drogowy duży	Terminal szynowo-drogowy mały	Terminal rzeczny trójmodalny	Terminal graniczny	Terminal Ro-La	Terminal Cargobeamer	Terminal Modalohr
	1. Podział według kryterium obsługiwanej (przeładowywanej) jednostki ładunkowej						
terminale kontenerowe							
terminale obsługujące kontenery i nadwozia wymienne							
terminale obsługujące kontenery, nadwozia wymienne i naczepy drogowe							
terminale obsługujące naczepy drogowe							
terminale obsługujące zestawy drogowe (ciągnik+ naczepa)							
	2. Podział według kryterium zdolności przeładunkowej terminalu						
terminale małe (< 25000 ITU)							
terminale średnie (25000 ÷ 50000 ITU)							
terminale duże (50000 ÷ 100000 ITU)							
terminale bardzo duże (> 100000 ITU)							
	3. Podział według kryterium stosowanej technologii przeładunkowej						
terminale Ro-Ro							
terminale Lo-Lo							
terminale Ro-Ro +Lo-Lo							
terminale specjalistyczne (Modalohr, Cargobeamer)							
	4. Podział według kryterium wielkości obszaru obsługi						
terminale lokalne i zakładowe							
terminale regionalne i aglomeracyjne							
terminale krajowe i międzynarodowe							
	5. Podział według kryterium wykorzystywanych gałęzi transportu						
terminale jednomodalne (kolejowe)							
terminale dwumodalne (kolejowo-drogowe lub rzeczno-drogowe)							
terminale trójmodalne (reczno-kolejowo-drogowe)							
	6. Podział według kryterium powiązania terminalu z centrum logistycznym						
terminal niepowiązany z centrum logistycznym							
terminal powiązany z jednym centrum logistycznym							
terminal powiązany z kilkoma centrami logistycznymi							

	Model terminalu kombinowanego						
	1	2	3	4	5	6	7
	Terminal szynowo-drogowy duży	Terminal szynowo-drogowy mały	Terminal rzeczny trójmodalny	Terminal graniczny	Terminal Ro-La	Terminal Cargobeamer	Terminal Modalohr
	7. Podział według kryterium dostępności dla klientów						
terminal ogólnodostępny							
terminal prywatny niedostępny dla wszystkich klientów							
	8. Podział według kryterium powiązania z operatorem transportowo-logistycznym						
terminal w sieci jednego operatora							
terminal w sieci kilku operatorów							
terminal niezależny							
	9. Podział według kryterium roli w sieci transportowo-logistycznej						
globalny hub dystrybucyjny							
regionalny hub dystrybucyjny							
hub tranzytowy (gate terminal)							
terminal zapleczewy (dry port)							
terminal graniczny							
terminal końcowy							

Należy doprecyzować, że według autorów terminal specjalistyczny to terminal wykorzystujący konkretną nowoczesną technologię przeładunku kombinowanego. Ten typ terminalu zostanie omówiony na bazie dwóch przykładów technologii przeładunkowych, tj. Cargobeamer i Modalohr, według autorów analizy mających największe perspektywy rozwoju. W przypadku technologii Modalohr używa się zamiennie nazwy Lohr, wynika to ze zmiany nazwy przedsiębiorstwa, które opracowało tą technologię, czyli z Modalohr na konsorcjum przedsiębiorstw Lohr Group. Ze względu na zamienne używanie obu nazw autorzy niniejszej analizy również pozostaną przy starej nazwie Modalohr.

## 2. Infrastruktura terminali transportu kombinowanego

### 2.1. Elementy infrastruktury terminali transportu kombinowanego

Terminal transportu kombinowanego jest węzłem łączącym infrastrukturę różnych gałęzi transportu, tj. drogowego, kolejowego lub śródlądowego, w celu umożliwienia sprawnego przeładunku i obsługi intermodalnych jednostek ładunkowych oraz środków transportu ww. gałęzi.

Terminal może spełniać wiele funkcji transportowo-logistycznych, od których zależy zapotrzebowanie na dostęp do konkretnych elementów infrastruktury transportowej. Przez infrastrukturę terminalu transportu kombinowanego rozumie się ogół elementów potrzebnych lub wykorzystywanych do wykonania procesu przemieszczenia, przeładunku, składowania oraz obsługi spedycyjnej intermodalnej jednostki ładunkowej w terminalu oraz poza nim. Infrastrukturę transportu kombinowanego można podzielić na<sup>3</sup>:

- 1) infrastrukturę liniową,
- 2) infrastrukturę punktową,
- 3) infrastrukturę informatyczną,
- 4) suprastrukturę.

Niektóre źródła łączą pojęcia infrastruktury i suprastruktury transportowej, inne zaś je odróżniają, a kryterium odróżnienia jest trwałe zlokalizowanie w przestrzeni i trwałe powiązanie z podłożem, innymi słowy nieruchomości obiektu. Na potrzeby niniejszej analizy suprastruktura terminalu kombinowanego, czyli ruchome urządzenia terminalowe, będzie mieściła się w szerokim znaczeniu pojęcia infrastruktury. Każdy z typów infrastruktury jest niezbędny do prawidłowej i kompleksowej obsługi jednostek ładunkowych w terminalu, w ramach całego procesu przewozu od nadawcy do odbiorcy towaru. Infrastrukturą liniową określa się ogół połączeń lub inaczej dróg transportowych niezbędnych do wykonania procesu przemieszczenia ładunku w danej gałęzi transportu (np. tory kolejowe dla gałęzi transportu kolejowego). Infrastruktura punktowa to wyodrębnione przestrzennie obiekty lub grupy obiektów służące do obsługi procesu transportu. Dla zakresu jakim jest sieć transportowo-logistyczna takim punktem może być terminal transportu kombinowanego. Infrastruktura informatyczna jest to stosunkowo nowy element systemu transportowego, który w starszych opracowaniach pojawia się jako element infrastruktury liniowej. Infrastruktura informatyczna obejmuje infrastrukturę telematyczną, służącą do przepływu danych i informacji (np. linie telefoniczne, światłowody), a także środki przekazu, czy standardy wymiany i zabezpieczania danych. Ostatnim typem infrastruktury jest suprastruktura, czyli ogół urządzeń umożliwiających przemieszczanie ładunku w zakresie transportu (ciągniki i naczepy terminalowe) i przeładunku (sawnice, reachstackery). Ze względu na szeroki zakres jaki obejmuje suprastruktura

---

<sup>3</sup> Podział według: M. Jacyna, D. Pyza, R. Jachimowski, *Transport Intermodalny - Projektowanie Terminali Przeładunkowych*, PWN, Warszawa, 2018.

terminali transportu kombinowanego omówiona zostanie ona w rozdziale *Wyposażenie przeładunkowe terminali transportu kombinowanego*.

Ze względu na przyjęty zakres analizy autorzy skupiają się na wybranych wariantach terminali obsługujących gałęzie transportu rzeczno, kolejowego oraz samochodowego. Infrastruktura punktowa terminalu obejmuje trzy wydzielone strefy eksploatacyjne:

- 1) fronty przeładunkowe, obejmują obszary obsługi dedykowane poszczególnym środkom transportu (wagony kolejowe, pojazdy drogowe lub barki rzeczne) lub fronty łączone wraz z przylegającym obszarem tymczasowego składowania ITU (pole odkładcze),
- 2) place składowe, czyli wydzielone obszary służące przechowywaniu ITU, lub samych ładunków przewożonych w ITU i dostosowany do konkretnych wymagań ich składowania, tj. stanowiska dla kontenerów 45-stopowych, stanowiska dla kontenerów chłodzonych, magazyn kryty dla ładunków przeznaczonych do formowania w ITU,
- 3) obiekty uzupełniające wraz z infrastrukturą komunikacyjną terminalu, np. parkingi lub budowle administracyjno-biurowe terminalu.

Magazyn kryty dostępny jest z reguły na dużych terminalach kombinowanych i pełni podobną rolę konsolidacyjną jak CFS (Container Freight Station) na morskich terminalach kontenerowych. Na placach otwartych intermodalne jednostki ładunkowe są składowane tworząc zwarte bloki przedzielone wewnętrznymi drogami komunikacyjnymi. Kontenery są piętrzone do wysokości 3-4 warstw dla kontenerów pełnych i 5-6 warstw dla kontenerów pustych. Nadwozia wymienne mogą być piętrzone jedynie, gdy mają odpowiednio wzmocnioną konstrukcję, gdy brak jest takiej funkcjonalności są składowane podobnie jak naczepy na przystosowanych do tego parkingach i miejscach postojowych. Miejsce i kolejność układania jednostek ładunkowych zależna jest od czasu jaki będą oczekiwać na dalszy transport oraz czy są puste czy pełne. W wydzielanych sektorach placów składowych układane są jednostki ładunkowe z materiałami niebezpiecznymi i jednostki chłodzone (z dostępem do punktów zasilania).

Na potrzeby analizy autorzy opisali najczęściej spotykane rodzaje terminali transportu kombinowanego bazując na siedmiu wcześniej zidentyfikowanych modelach terminali. Autorzy opisali najważniejsze elementy infrastruktury niezbędne dla funkcjonowania analizowanych terminali.

## 2.2. Terminal szynowo-drogowy duży

Terminal szynowo-drogowy duży jest to najczęściej spotykany rodzaj terminalu transportu kombinowanego. Jako przykład można wskazać **PCC Intermodal Terminal w Kutnie**<sup>4</sup> (Polska), który jest aktualnie największym terminalem kombinowanym w Polsce i zajmuje powierzchnię 80,000 m<sup>2</sup>

---

<sup>4</sup> [www.pccintermodal.pl](http://www.pccintermodal.pl)

(rys. 3). Według podziału pokazanego w rozdziale pierwszym analizy terminal ten należy do następujących kategorii, zgodnie z podziałem zaprezentowanym w części 1.1.:

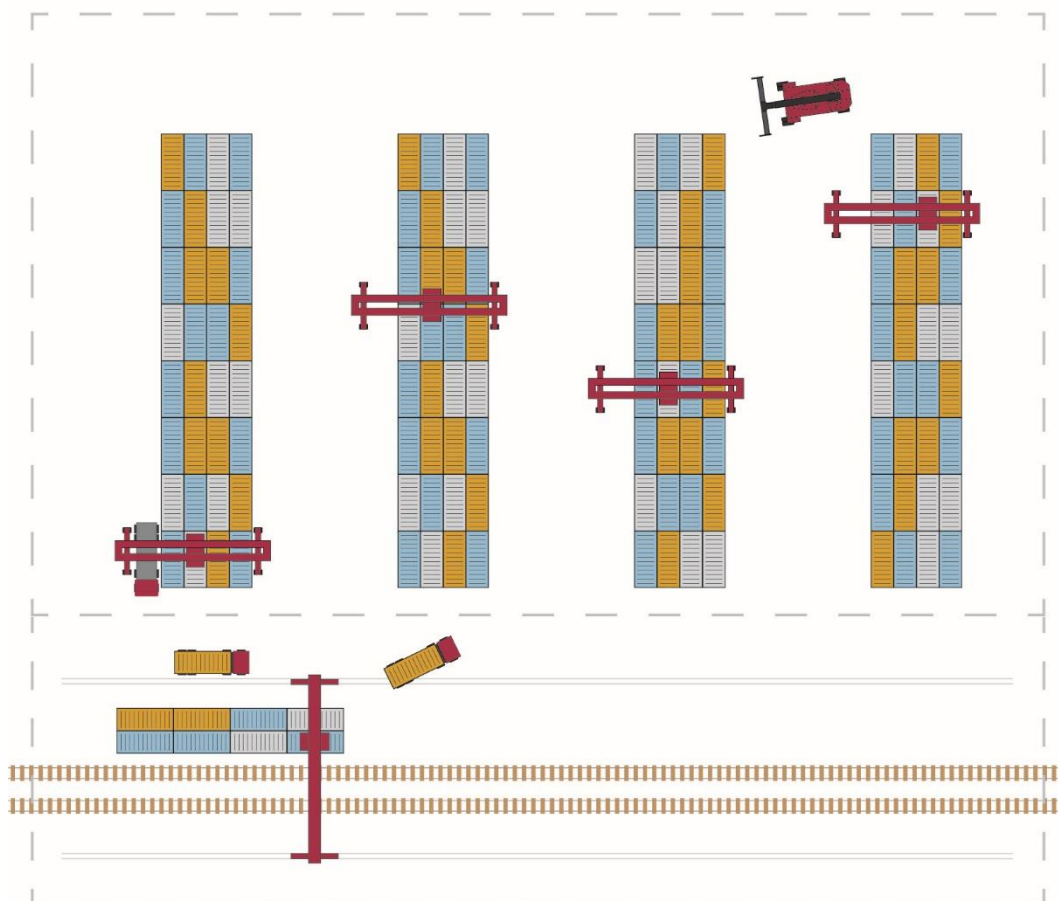
- 1.2. terminal obsługujący kontenery i nadwozia wymienne,
- 2.3. terminal duży (60 000 ITU),
- 3.2. terminal Lo-Lo,
- 4.3. terminal międzynarodowy,
- 5.2. terminal dwumodalny (kolejowo-drogowy),
- 6.2. terminal powiązany z jednym centrum logistycznym,
- 7.1. terminal ogólnodostępny,
- 8.1. terminal w sieci jednego operatora,
- 9.2. regionalny hub dystrybucyjny.



Rysunek 3. PCC Intermodal Terminal w Kutnie  
Źródło: [www.pccintermodal.pl/terminal-kutno/](http://www.pccintermodal.pl/terminal-kutno/)

Terminal szynowo-drogowy duży posiada rozwinięty układ drogowy, obejmujący drogi dojazdowo-odjazdowe terminalu, a także drogi wewnętrzne i manewrowe (rys. 3). Ważnym elementem infrastruktury terminalu jest układ torowy, czyli sieć dróg szynowych dostępowych i wewnętrznych, obejmujący: tory zdawczo-odbiorcze, tory bocznicowe i tory ładunkowe. Dodatkowo, na terminalu są tory jazdy dla suwnic bramowych zlokalizowane wzdłuż torów ładunkowych. Ten typ terminalu posiada co najmniej dwa wydzielone fronty przeładunkowe, po minimum jednym dla każdej z obsługiwanych gałęzi transportu. W ramach frontów znajdują się wydzielone pola odkładcze do tymczasowego składowania intermodalnych jednostek ładunkowych przygotowanych do dalszego transportu wewnętrznego. Z reguły posiada jedno duże pole składowe lub kilka mniejszych pól z oddzielnymi sekcjami dla jednostek ładunkowych pustych, chłodniczych i z materiałami

niebezpiecznymi. Opcjonalnie na terminalu może być dostępny magazyn kryty. Terminal szynowo-drogowy duży posiada zazwyczaj kilka budynków administracyjno-biurowych (lub jeden o większym rozmiarze) oraz parking zewnętrzny i wewnętrzny dla przybywających do terminalu pojazdów drogowych. Terminal jest podłączony do infrastruktury teleinformatycznej umożliwiającej prace terminalu w ramach współczesnych rozwiązań telematycznych. We wskazanym terminalu oprócz suwnic użytkowane są urządzenia transportu bliskiego oraz przeładunku pionowego, opisane szerzej w kolejnym rozdziale analizy.



Rysunek 4. Terminal szynowo-drogowy duży

### 2.3. Terminal szynowo-drogowy mały

Terminal szynowo-drogowy mały jest terminalem niewielkim obszarowo, spełniającym funkcje przeładunkowe dla mniejszej ilości jednostek ładunkowych, i jednocześnie przez to często traktowany jako terminal satelitalny względem dużych terminali transportu kombinowanego. Przykładem jest **METRANS Terminal w Pruszkowie**<sup>5</sup> (Polska), który jest zlokalizowany w aglomeracji warszawskiej i zajmuje powierzchnię 33 000 m<sup>2</sup> (rys. 5). Według zastosowanej klasyfikacji terminal ten należy do następujących kategorii podziału zgodnie z podziałem zaprezentowanym w części 1.1.:

<sup>5</sup> [www.metrans.eu](http://www.metrans.eu)

- 1.3. terminal obsługujący kontenery, nadwozia wymienne i naczepy drogowe,
- 2.1. terminal mały (poniżej 25 000 ITU),
- 3.2. terminal Lo-Lo,
- 4.2. terminal regionalny i aglomeracyjny,
- 5.2. terminal dwumodalny (kolejowo-drogowy),
- 6.1. terminal niepowiązany z centrum logistycznym,
- 7.1. terminal ogólnodostępny,
- 8.1. terminal w sieci jednego operatora,
- 9.2. regionalny hub dystrybucyjny.

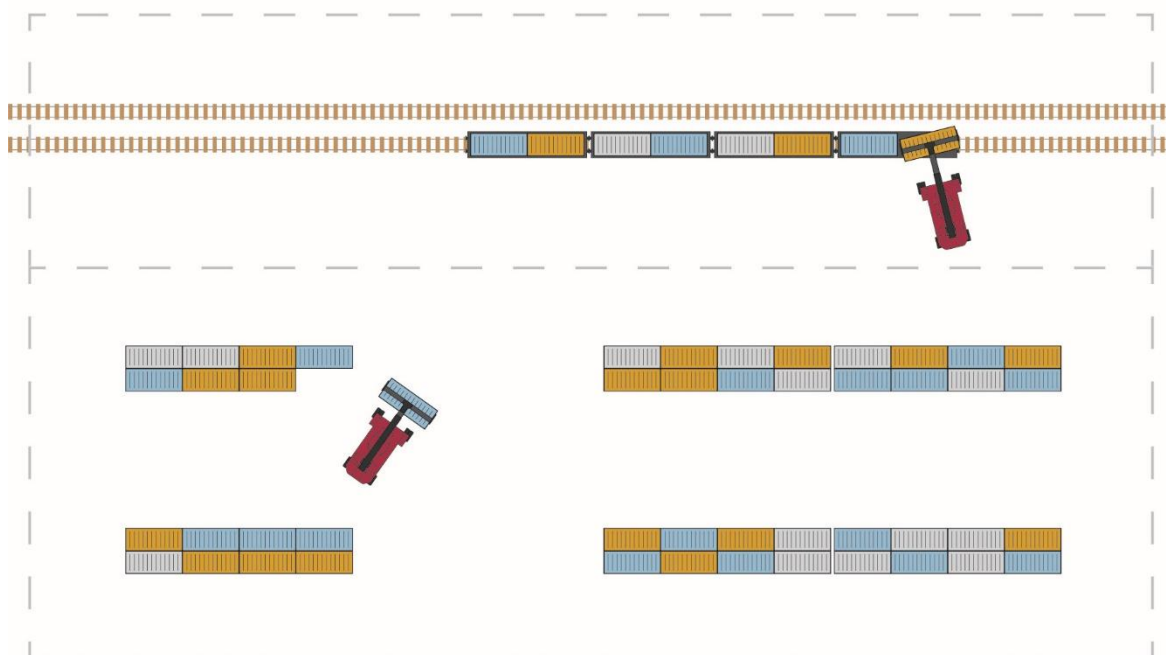
Terminal szynowo-drogowy mały ma dostęp do infrastruktury liniowej transportu drogowego i kolejowego (rys. 6). Układ torowy obejmuje przynajmniej tory bocznicowe i tory ładunkowe. W zakresie drogowym terminal posiada drogi dojazdowe, manewrowe i przynajmniej jeden parking wewnętrzny. Na terenie terminalu wydziela się otwarty obszar składowy oraz opcjonalnie niewielkie pole odstawcze na jednostki ładunkowe przygotowane do przeładunku. W większości przypadków terminal tego typu nie posiada na swoim wyposażeniu dużego sprzętu przeładunkowego (suwnic bramowych) a jedynie urządzenia transportu bliskiego (reachstackery, wózki podnośnikowe). Ze względu na wymogi rynkowe nawet najmniejszy terminal musi obecnie posiadać dostęp do nowoczesnej infrastruktury teleinformatycznej. Terminal ten posiada budynek administracyjno-biurowy w odpowiedniej skali zależnej od ilości pracowników terminalu.



Rysunek 5. METRANS Terminal w Pruszkowie

Źródło: [www.metrans.eu/terminal-operations/terminal-pruszkow-warszawa---pl](http://www.metrans.eu/terminal-operations/terminal-pruszkow-warszawa---pl)





Rysunek 6. Terminal szynowo-drogowy mały

## 2.4. Terminal rzeczny trójmodalny

Rzeczny terminal jest to terminal spotykany głównie w krajach z dobrze rozwiniętą siecią dróg wodnych śródlądowych. Przykładem tego typu terminalu jest **DeCeTe Duisburg Terminal**<sup>6</sup> (Niemcy), który jest jednym z kilku dużych terminali w największym porcie rzeczonym w Europie i zajmuje powierzchnię 170 000 m<sup>2</sup> (rys. 7). Port Duisburg jest uznawany jako węzeł o znaczeniu globalnym w Europejskiej sieci transportowej<sup>7</sup>. Natomiast sam DeCeTe Duisburg Terminal według klasyfikacji można przyporządkować do następujących kategorii, zgodnie z podziałem zaprezentowanym w części 1.1.:

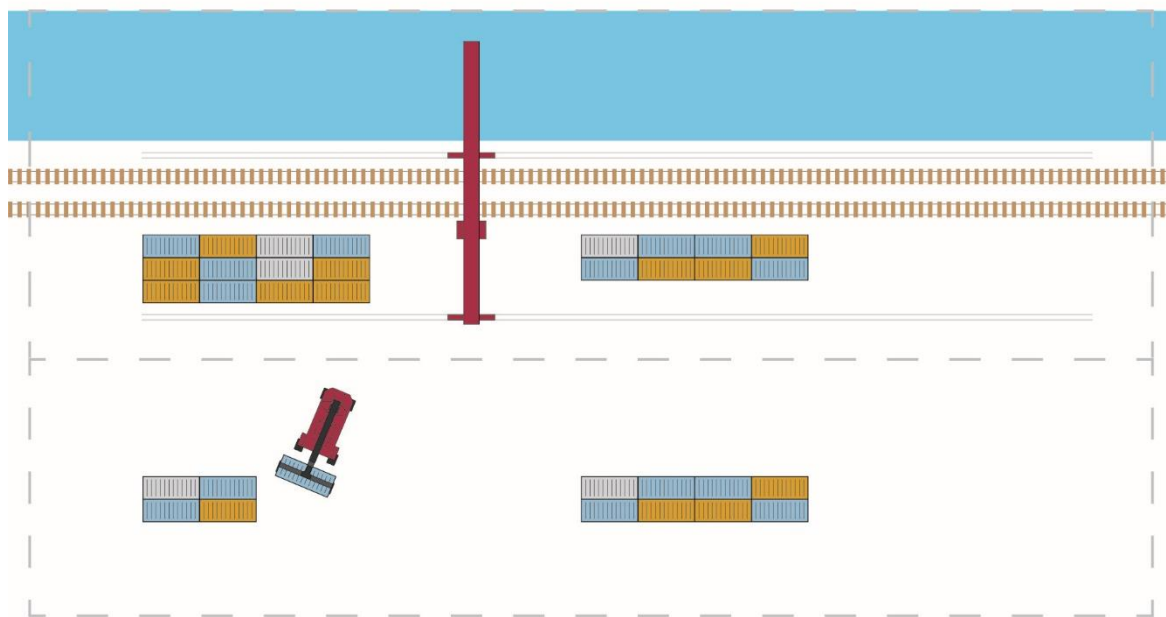
- 1.1. terminal kontenerowy,
- 2.3. terminal duży (100 000 ITU),
- 3.2. terminal Lo-Lo,
- 4.3. terminal międzynarodowy,
- 5.4. terminal trójmodalny (rzeczno-kolejowo-drogowy),
- 6.3. terminal powiązany z kilkoma centrami logistycznymi,
- 7.1. terminal ogólnodostępny,
- 8.2. terminal w sieci kilku operatorów,
- 9.2. regionalny hub dystrybucyjny.

<sup>6</sup> [www.ect.nl/en/terminals/hutchison-ports-duisburg](http://www.ect.nl/en/terminals/hutchison-ports-duisburg)

<sup>7</sup> Part of the European Gateway Services network



Rysunek 7. DeCeTe Duisburg Terminal  
 Źródło: [www.verhoex.com/about-verhoex-companies/verhoex-zollagentur-gmbh](http://www.verhoex.com/about-verhoex-companies/verhoex-zollagentur-gmbh)



Rysunek 8. Rzeczny terminal trójmodalny

W przypadku terminalu trójmodalnego konieczny jest dostęp do drogi wodnej, czyli bezpośrednio rzeki lub kanału żeglownego (rys. 8). Niezależnie, konieczny jest dostęp do infrastruktury drogowej oraz kolejowej. Infrastruktura drogowa i kolejowa jest zbliżona do terminalu szynowo-drogowego małego, z tą różnicą, że terminal trójmodalny jest wyposażony w suwnicę nabrzeżną (Ship-To-Shore – STS), posiadającą wysięg na wodę i stanowiącą podstawowe urządzenie przeładunkowe. Tory kolejowe ładunkowe są z reguły prowadzone wzdłuż linii brzegowej, tak by suwnica mogła

obsługiwać zarówno barki jak i wagony kolejowe. Terminal posiada pola składowe przystosowane do wysokiego składowania kontenerów. Ze względu na wysoki koszt gruntów z dostępem do drogi wodnej, rzadko na terminalach są oferowane duże parkingi a organizacja procesów wymusza szybką rotację obsługiwanych środków transportu z preferencjami dla barek. Na terminalu wykorzystywane są urządzenia transportu pionowego oraz bliskiego opisane szerzej w kolejnym rozdziale analizy.

## 2.5. Terminal graniczny

Terminal graniczny jest specjalnym typem terminalu wykorzystywanym w szczególnych przypadkach na granicach krajów, w których obowiązują inne standardy techniczne infrastruktury. Przykładem jest terminal **PKP CARGO Centrum Logistyczne Małaszewicze**<sup>8</sup> (Polska), który znajduje się na granicy Polski z Białorusią i zajmuje powierzchnię 40 000 m<sup>2</sup> (rys. 9). Przeładunek jednostek na terminalu jest konieczny ze względu na różnicę w rozstawie szyn, tj. w Polsce wynosi on 1435 mm a w Białorusi 1520 mm. Terminal ten możemy sklasyfikować, zgodnie z podziałem zaprezentowanym w części 1.1.:

- 1.1. terminal kontenerowy,
- 2.1. terminal mały (poniżej 25 000 ITU),
- 3.2. terminal Lo-Lo,
- 4.3. terminal międzynarodowy,
- 5.2. terminal dwumodalny (kolejowo-drogowy),
- 6.2. terminal powiązany z jednym centrum logistycznym,
- 7.1. terminal ogólnodostępny,
- 8.1. terminal w sieci jednego operatora,
- 9.5. terminal graniczny.

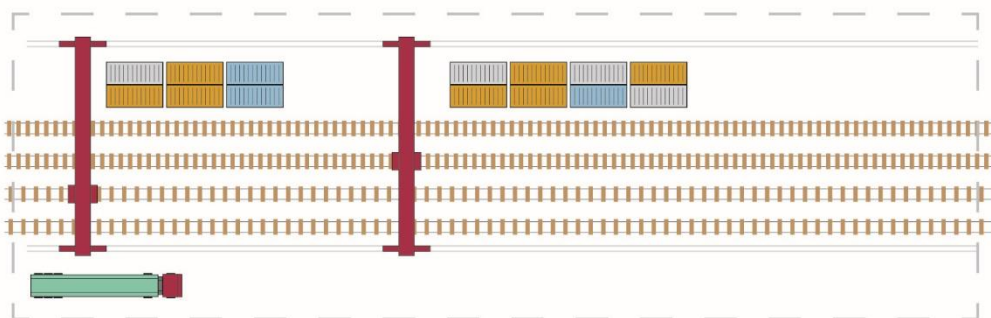
Terminal graniczny ma te same elementy infrastruktury co terminal szynowo drogowy mały, z tą różnicą, że w terminalu granicznym z założenia układ torowy musi obejmować tory o dwóch różnych szerokościach rozstawu szyn odpowiadającym różnym standardom infrastruktury kolejowej w sąsiadujących krajach (rys. 10). Kolejną różnicą specyficzną dla terminalu granicznego jest zwiększona ilość podstawowych urządzeń przeładunkowych, którymi są suwnice bramowe, co pozwala na skrócenie do minimum czasu przemieszczania jednostek ładunkowych pomiędzy pociągami. Ze względu na położenie graniczne oprócz standardowych elementów infrastruktury terminal posiada zazwyczaj osobny budynek służący do odpraw celnych.

---

<sup>8</sup> [www.cmalaszewicze.pl](http://www.cmalaszewicze.pl)



Rysunek 9. PKP CARGO Centrum Logistyczne Małaszewicze  
Źródło: [wig.waw.pl/centrum-swiata-w-malaszewiczach/](http://wig.waw.pl/centrum-swiata-w-malaszewiczach/)



Rysunek 10. Terminal graniczny z torami kolejowymi o dwóch rozstawach szyn

## 2.6. Terminal Ro-La

Terminale Ro-La są dostosowane do jednej technologii przeładunku, tj. Rollande Landstrasse, czyli systemu ruchomej drogi. Przykładem jest **Rail Freight Centre Wörgl** (Austria)<sup>9</sup> obsługujący transport transalpejski z Austrii do Włoch i zajmujący powierzchnię 40 000 m<sup>2</sup> (rys. 11). Terminal ten możemy sklasyfikować, zgodnie z podziałem zaprezentowanym w części 1.1.:

- 1.5. terminal obsługujący zestawy drogowe (ciągnik+ naczepa),
- 2.1. terminal mały (poniżej 25 000 ITU),
- 3.1. terminal Ro-Ro,
- 4.3. terminal międzynarodowy,
- 5.2. terminal dwumodalny (kolejowo-drogowy),
- 6.1. terminal niepowiązany z centrum logistycznym,

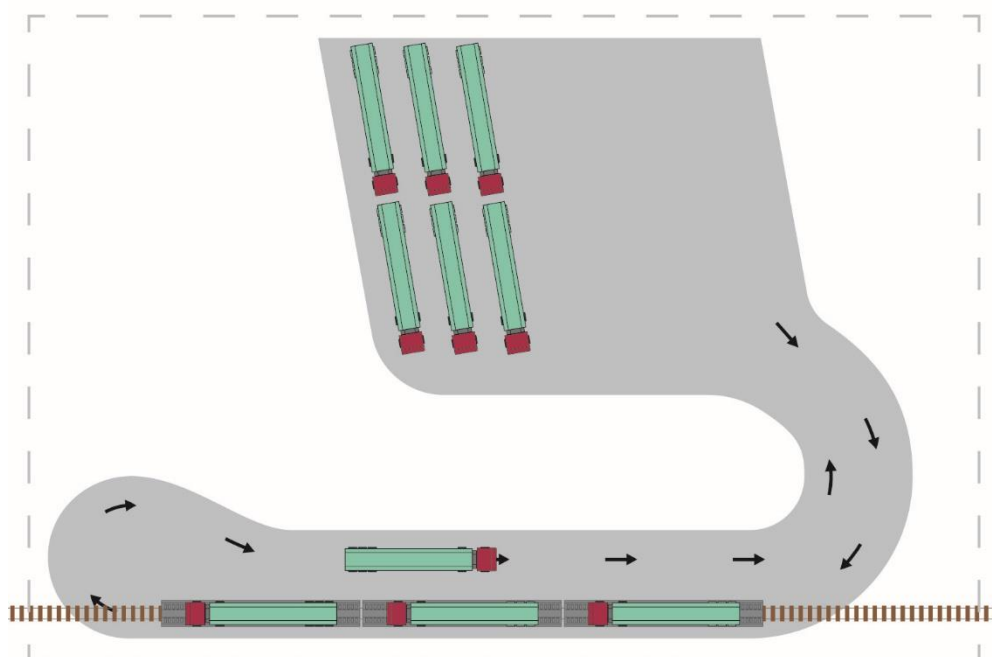
<sup>9</sup> [www.infrastruktur.oebb.at](http://www.infrastruktur.oebb.at)

- 7.1. terminal ogólnodostępny,
- 8.3. terminal niezależny,
- 9.3. regionalny hub dystrybucyjny.

Terminal Ro-La opiera się na wykorzystaniu technologii wagonów niskopodwoziowych oraz ramp załadowczo wyładowczych podczepianych na końcu lub początku składu pociągu (rys. 12). Rampy te służą zestawom drogowym do wjazdu na pierwszy lub zjazdu z ostatniego wagonu pociągu. Rozładunek i załadunek odbywają się według zasady FIFO (First In First Out), gdzie pierwszy zestaw, który wjechał na wagony i zajął miejsce bezpośrednio za lokomotywą, w miejscu wyładunku wyjeżdża również pierwszy. Terminal Ro-La posiada dostęp do torów ładunkowych oraz dostęp do sieci drogowej umożliwiającej dojazd zestawów drogowych do terminalu. Oprócz powyższych, terminal Ro-La posiada parking dla zestawów drogowych oczekujących na załadunek. Dostęp do infrastruktury teleinformatycznej umożliwi lepszą organizację pracy terminalu, m.in. poprzez usługę awizacji pojazdów konieczną dla zapewnienia efektywności procesu załadunku pociągów.



Rysunek 11. Rail Freight Centre Wörgl  
Źródło: [chriszenz.com/portfolio/oebb-terminal-woergl/](http://chriszenz.com/portfolio/oebb-terminal-woergl/)



Rysunek 12. Ro-La terminal

## 2.7. Terminal specjalistyczny Modalohr

Kolejnym typem terminalu transportu kombinowanego jest terminal specjalistyczny w technologii transportowej Modalohr. Przykładem jest **Aiton Terminal**<sup>10</sup> znajdujący się niedaleko miejscowości Chambéry (Francja) (rys. 13). W przypadku tego terminalu specjalistycznego jego klasyfikacja, zgodnie z podziałem zaprezentowanym w części 1.1., wygląda następująco:

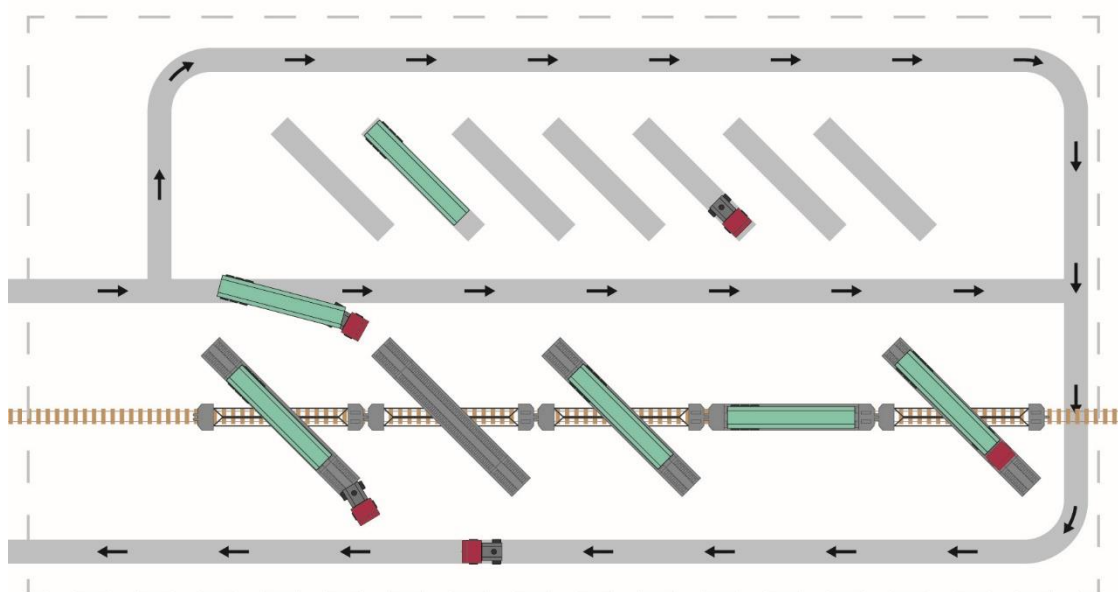
- 1.4. terminal obsługujący naczepy drogowe,
- 2.2. terminal średni (25 000 ÷ 50 000 ITU),
- 3.4. terminal specjalistyczny (Modalohr),
- 4.3. terminal międzynarodowy,
- 5.2. terminal dwumodalny (kolejowo-drogowy),
- 6.1. terminal niepowiązany z centrum logistycznym,
- 7.1. terminal ogólnodostępny,
- 8.3. terminal niezależny,
- 9.3. regionalny hub dystrybucyjny.

<sup>10</sup> [www.lohr.fr/lohr-railway-system/the-lohr-system-terminals](http://www.lohr.fr/lohr-railway-system/the-lohr-system-terminals)



Rysunek 13. Aiton Terminal

Źródło: [lohr.fr/lohr-railway-system/the-lohr-system-terminals/](http://lohr.fr/lohr-railway-system/the-lohr-system-terminals/)



Rysunek 14. Terminal transportu kombinowanego w technologii Modalohr

Ze względu na zapotrzebowanie infrastrukturalne terminal specjalistyczny Modalohr posiada dostęp do infrastruktury drogowej oraz kolejowej w postaci dróg dojazdowych a także torów kolejowych ładunkowych (rys. 14). Na obszarze terminalu istnieje rozwinięty system dróg do transportu wewnętrznego łączących stanowiska załadownicze rozmieszczone wzdłuż toru ładunkowego

z parkingami. Terminal posiada zapotrzebowanie na niewielki budynek administracyjno-biurowy, oraz na podłączenie go do infrastruktury teleinformatycznej. Specyfika terminalu specjalistycznego Modalohr opiera się głównie na zastosowaniu odmiennych technologicznie terminalowych urządzeń przeładunkowych, które zostały opisane szerzej w następnym rozdziale analizy.

## 2.8. Terminal specjalistyczny Cargobeamer

Ostatnim wyróżnionym typem terminalu transportu kombinowanego jest terminal specjalistyczny w technologii Cargobeamer. Przykładem jest obecnie budowany terminal transportu kombinowanego w Calais wchodzący w skład **Transmarck-Turquerie Logistics Hub**<sup>11</sup> (Francja) (rys. 15). Prace inwestycyjne rozpoczęto w 2018 roku, a otwarcie terminalu przewidziano na rok 2023<sup>12</sup>. Budowa odbywa się przy udziale funduszy Unii Europejskiej. W przypadku tego terminalu specjalistycznego jego klasyfikacja, zgodnie z podziałem zaprezentowanym w części 1.1., wygląda następująco:

- 1.4. terminal obsługujący naczepy drogowe,
- 2.1. terminal mały (poniżej 25 000 ITU),
- 3.4. terminal specjalistyczny (Cargobeamer),
- 4.3. terminal międzynarodowy,
- 5.2. terminal dwumodalny (kolejowo-drogowy),
- 6.1. terminal niepowiązany z centrum logistycznym,
- 7.2. terminal ogólnodostępny,
- 8.3. terminal niezależny,
- 9.3. regionalny hub dystrybucyjny.

Terminal specjalistyczny Cargobeamer posiada infrastrukturę podobną do terminalu Modalohr (rys. 16). Obejmuje ona drogi dojazdowe, drogi wewnętrzne, place manewrowe oraz tory ładunkowe. Terminal posiada odpowiednie podłączenie do infrastruktury teleinformatycznej. Obszar terminalu posiada wydzielone miejsca postojowe dla naczep oczekujących na przeładunek. Na terenie terminalu z reguły znajduje się niewielkich rozmiarów budynek administracyjno-biurowy. Odmiennie technologicznie urządzenia wyposażenia przeładunkowego, które zostały zastosowane w terminalu specjalistycznym Cargobeamer zostały opisane w następnym rozdziale.

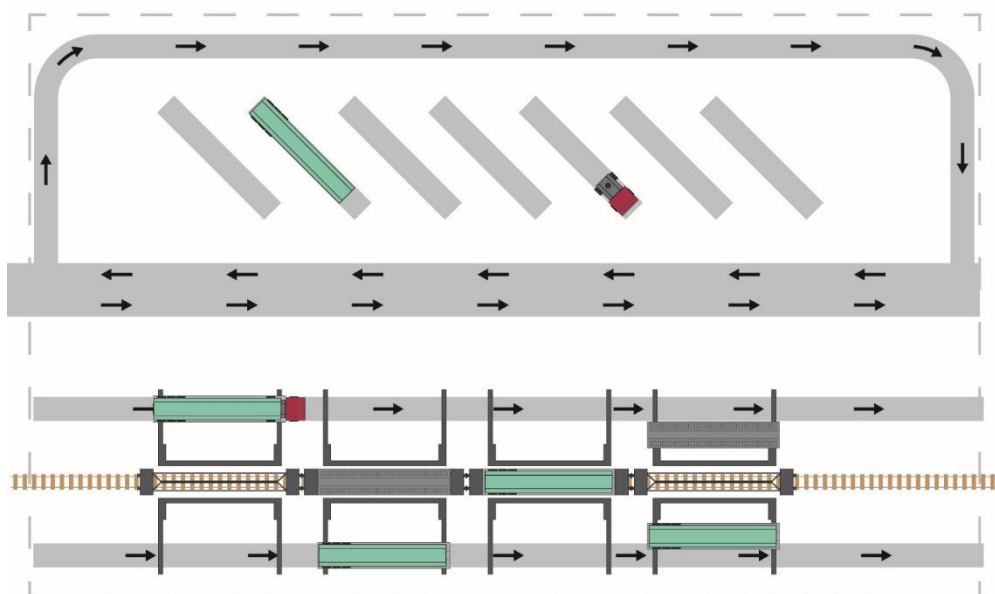
<sup>11</sup> [www.cargobeamer.eu/7m-from-the-EU-for-the-CargoBeamer-rail-motorway-terminal-in-Calais-852891](http://www.cargobeamer.eu/7m-from-the-EU-for-the-CargoBeamer-rail-motorway-terminal-in-Calais-852891)

<sup>12</sup> [www.ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport/2018-eu-tm-0148-m](http://www.ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport/2018-eu-tm-0148-m)





Rysunek 15. Projekt terminalu kombinowanego w Transmarck-Turquerie Logistics Hub  
Źródło: Cargo Beamer baut Terminal in Calais, [www.eurotransport.de/](http://www.eurotransport.de/)



Rysunek 16. Terminal transportu kombinowanego w technologii Cargobeamer

### 3. Wyposażenie przeładunkowe terminali transportu kombinowanego

#### 3.1. Rodzaje wyposażenia przeładunkowego terminali kombinowanych

Wyposażenie terminali lub inaczej urządzenia służące do realizacji procesów przeładunkowych w terminalu posiadają różne parametry techniczno-eksploatacyjne dostosowywane dla określonych wymagań danego terminalu. Wyposażenie przeładunkowe terminalu transportu kombinowanego można podzielić na trzy grupy mające największe znaczenie funkcjonalne.

- 1) Podstawowe urządzenia przeładunku pionowego Lo-Lo:
  - suwnice nabrzeżne STS,
  - żurawie nabrzeżne,
  - suwnice na kołach RTG,
  - suwnice na szynach RMG,
  - wozy piętrzące typu Reachstacker RST,
- 2) Podstawowe urządzenia przeładunku horyzontalnego Ro-Ro
  - ciągniki terminalowe TT,
  - specjalistyczne mechanizmy wbudowane w tor ładunkowy,
  - rampy przeładunkowe wbudowane/dostawane,
- 3) Uzupełniające urządzenia przeładunkowe i transportowe:
  - suwnice placowe RTG/RMG,
  - ciągniki terminalowe TT,
  - roll-trailery RT,
  - naczepy terminalowe,
  - reachstackery RST,
  - wozy podnośnikowe ECH.

Według powyższego podziału, w dalszej części analizy, opisano najpowszechniej występujące typy urządzeń przeładunkowych transportu kombinowanego. Podano parametry techniczno-eksploatacyjne konkretnych urządzeń wykorzystywanych na wskazanych we wcześniejszych rozdziałach typowych terminalach transportu kombinowanego. Należy pamiętać, że parametry urządzeń przeładunkowych mogą różnić się znacząco w zależności od producenta, modelu lub wersji urządzenia. Istnieje również tendencja do dostosowywania urządzeń pod potrzeby konkretnego terminalu kombinowanego. Z pewnością cechą wspólną urządzeń przeładunkowych jest wyposażenie w osprzęt przeładunkowy dostosowany do obsługi jednostek intermodalnych, tj. rama chwytna (spreader) do kontenerów i chwytak kleszczowy (grappler arms) do nadwozi wymiennych i naczep.

Można wyróżnić trzy wspólne trendy rynkowe w zakresie konstrukcji i wyposażenia urządzeń przeładunkowych, dla terminali transportu kombinowanego. Pierwszy z nich to szersze zastosowanie napędów niskoemisyjnych lub bezemisyjnych. Do nich należą przede wszystkim napędy elektryczne,

które są powszechnie stosowane w suwnicach szynowych STS i RMG, obsługujących podstawowe przeładunki i procesy składowania na otwartych placach składowych. W suwnicach kołowych RTG i reachstacker-ach RST, ze względu na konieczność użycia akumulatorów o dużej pojemności, częściej stosuje się napędy konwencjonalne lub hybrydowe. Dodatkowo coraz częściej stosuje się w uzupełniających urządzeniach transportu wewnątrz terminalu napędy na LNG, CNG oraz na wodór.

Tabela 3. Przyporządkowanie urządzeń przeładunkowych do typów terminali transportu kombinowanego

	Model terminalu kombinowanego						
	1	2	3	4	5	6	7
	Terminal szynowo-drogowy duży	Terminal szynowo-drogowy mały	Terminal rzeczny trójmodalny	Terminal graniczny	Terminal Ro-La	Terminal Catgobeamer	Terminal Modalohr
<b>Podstawowe urządzenia przeładunkowe Lo-Lo</b>							
Suwnice nabrzeżowe STS							
Żurawie nabrzeżne							
Suwnice RMG							
Suwnice RTG							
Reachstackery RST							
<b>Podstawowe urządzenia przeładunkowe Ro-Ro</b>							
Ciągniki terminalowe TT							
Specjalistyczne mechanizmy wbudowane w tor ładunkowy							
Rampy przeładunkowe wbudowane							
Rampy przeładunkowe dostawne							
<b>Uzupełniające urządzenia przeładunkowe i transportowe</b>							
Suwnice placowe (RMG/RTG)							
Ciągniki terminalowe TT							
Roll-trailery RT							
Naczepy terminalowe							
Reachstackery RST							
Wozy podnośnikowe ECH							

Drugą silną tendencją, związaną z nowymi napędami, jest zmniejszenie zużycia energetycznego wszystkich urządzeń przeładunkowych na terminalu transportu kombinowanego. Stosuje się nowoczesne systemy sterowania pracą urządzeń, zintegrowane z systemem zarządzania terminalem TOS (Terminal Operating System). Pozwala on na lepsze planowanie pracy i przeglądów eksploatacyjnych urządzeń, bieżący monitoring podstawowych parametrów eksploatacyjnych urządzeń i stosowanie wbudowanych systemów pozwalających na skrócenie czasu poszczególnych operacji przeładunkowych i oszczędzanie energii w trakcie ich realizacji.

Trzecią silną tendencją rynkową jest automatyzacja procesów terminalowych przy wykorzystaniu urządzeń półautomatycznych i w pełni automatycznych. Rozwiązania tego typu wprowadzane są obecnie tylko w największych terminalach szynowo-drogowych i terminalach

rzecznych trójmodalnych. W praktyce oznacza to zdalne sterowanie procesami przeładunku i składowania przy użyciu półautomatycznych urządzeń, tj. Automated RTG (ARTG), Automated RMG (ARMG) i Automated TT (ATT). Transformacja z terminalu konwencjonalnego na terminal w pełni automatyczny nie jest stosowana ze względu na duże różnice w wymaganiach infrastrukturalnych i organizacyjnych oraz wymaganiach w stosunku do klientów terminali. Stąd, podobnie do dużych portów morskich, preferuje się współistnienie terminali konwencjonalnych obok nowych wysokowydajnych terminali automatycznych.

W tabeli 3 przyporządkowano urządzenia przeładunkowe poszczególnych kategorii do analizowanych typów terminali transportu kombinowanego. W dalszej części analizy przedstawione zastawienia tabelaryczne opisujące poszczególne urządzenia przeładunkowe są próbą syntezy oraz ujednoczenia danych uwzględniając różne modele i różnych producentów tych urządzeń (tab. 4 i 5).

### 3.2. Podstawowe urządzenia przeładunku pionowego Lo-Lo

Podstawowe urządzenia przeładunku pionowego w technologii Lo-Lo (Lift On - Lift Off) służą realizacji najważniejszego procesu przeładunku intermodalnych jednostek ładunkowych na terenie terminalu. W przypadku technologii Lo-Lo proces przeładunku jednostki ładunkowej odbywa się poprzez uniesienie jej w osi pionowej, następnie przesunięcie wzdłuż osi poziomej na określonej wysokości, aby na końcu umieścić jednostkę ładunkową na środku transportu, lub w miejscu składowania. Podstawowe urządzenia przeładunku pionowego Lo-Lo są zamawiane i dostosowywane pod zdefiniowane wcześniej potrzeby terminalu. Obecnie najczęściej użytkowane urządzenia obejmują:

- 1) suwnice nabrzeżne STS,
- 2) żurawie nabrzeżne,
- 3) suwnice na kołach RTG,
- 4) suwnice na szynach RMG,
- 5) wozy piętrzące typu Reachstacker RST.

Suwnice ze względu na swoją wielkość i dużą wydajność są zawsze podstawowymi urządzeniami przeładunkowymi stosowanym na terminalach kombinowanych. Suwnice nabrzeżne STS stosowane w terminalach rzecznych trójmodalnych nie różnią się konstrukcyjnie od suwnic użytkowanych na morskich terminalach kontenerowych (rys. 17). Charakterystyczne jest wydłużone ramię robocze suwnicy w postaci poziomej szyny transportowej posiadającej wysięg na wodę poza linię brzegową terminalu. Wysięg ten jest zależny od wielkości obsługiwanych barek i wynosi maksymalnie 20m, zaś od strony nabrzeża zasięg suwnicy pozwala na obsługę przynajmniej jednego toru ładunkowego i placu składowego kontenerowego. Suwnice nabrzeżne najczęściej występują jako suwnice poruszające się po szynach transportowych ulokowanych wzdłuż linii brzegowej terminalu. Oprócz suwnic STS, w terminalach rzecznych trójmodalnych mogą być użyte mobilne żurawie nabrzeżne, które poruszają się na kołach lub gąsienicach (rys. 18). Są to uniwersalne urządzenia przeładunkowe stosowane na mniejszych terminalach, które dzięki swojej mobilności mogą obsługiwać

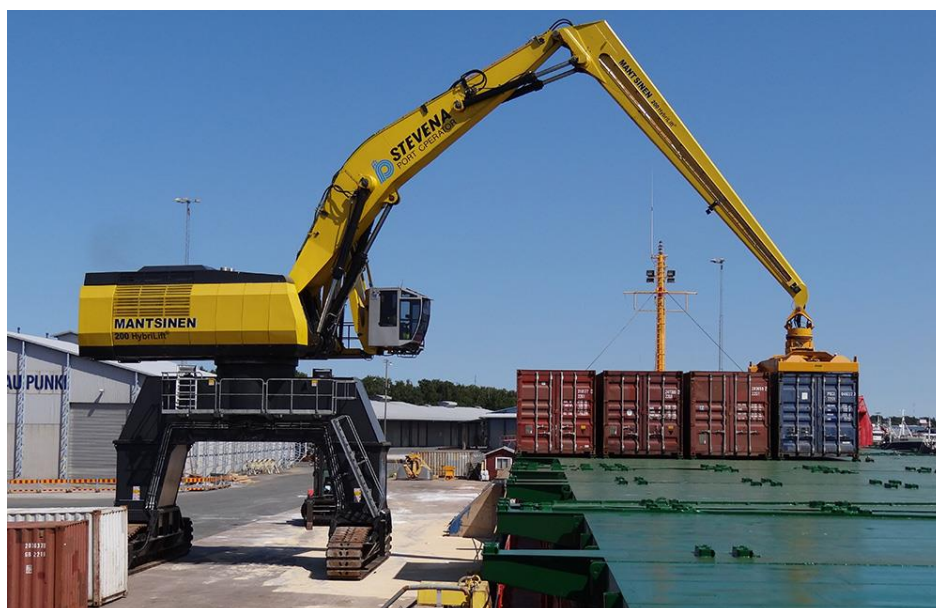
wszystkie fronty ładunkowe na terminalu. Wadą tych urządzeń jest ograniczony zasięg na wodę i mniejsza wydajność procesów przeładunkowych w stosunku do suwnic STS.

Suwnice bramowe są podstawowymi urządzeniami przeładunkowymi Lo-Lo na dużych terminalach kombinowanych szynowo-drogowych. Realizują one przeładunki w obrębie frontu kolejowego a opcjonalnie obsługują procesy ładunkowe na polu składowym wraz z załadunkiem samochodów. Suwnice bramowe mogą poruszać się na kołach (suwnica RTG) oraz po szynach transportowych (suwnica RMG) (rys. 19 i 20). Tabela 4 prezentuje porównanie parametrów eksploatacyjnych obu typów suwnic.

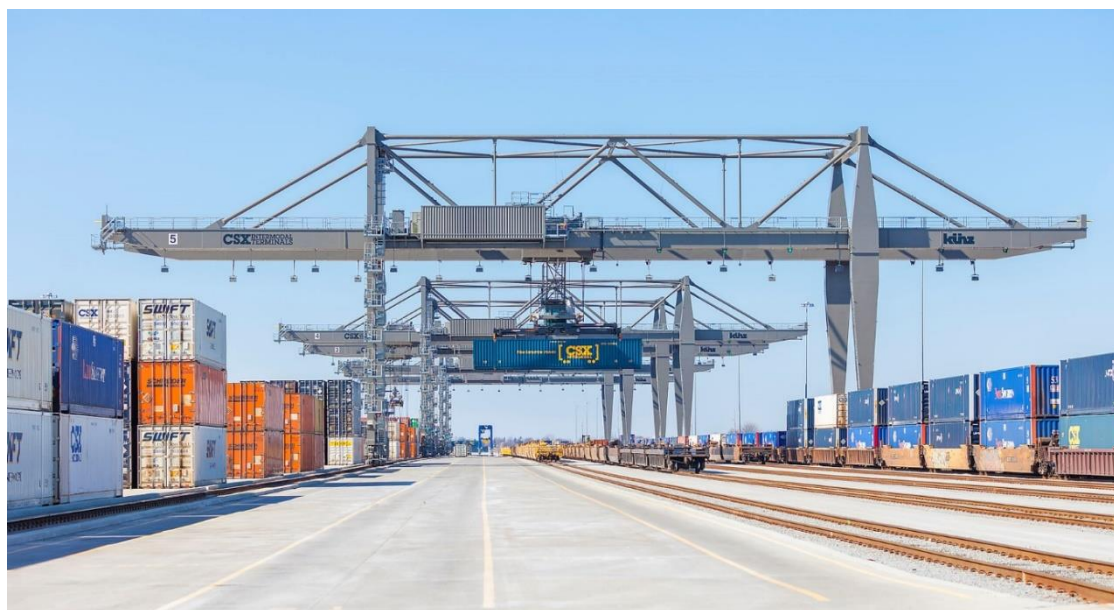
W mniejszych terminalach jako podstawowe urządzenie przeładunkowe Lo-Lo wykorzystywane są wozy piętrzące typu reachstacker RST (rys. 21). Reachstacker to ciężki samobieżny wóz podnośnikowy poruszający się na kołach posiadający wysięgnik teleskopowy z osprzętem chwytającym (spreader/grappler arm). Tabela 5 prezentuje parametry techniczno-eksploatacyjne reachstrackera w zestawieniu z wozem podnośnikowym do obsługi kontenerów pustych ECH, które to urządzenia są użytkowane obok siebie na placach składowych.



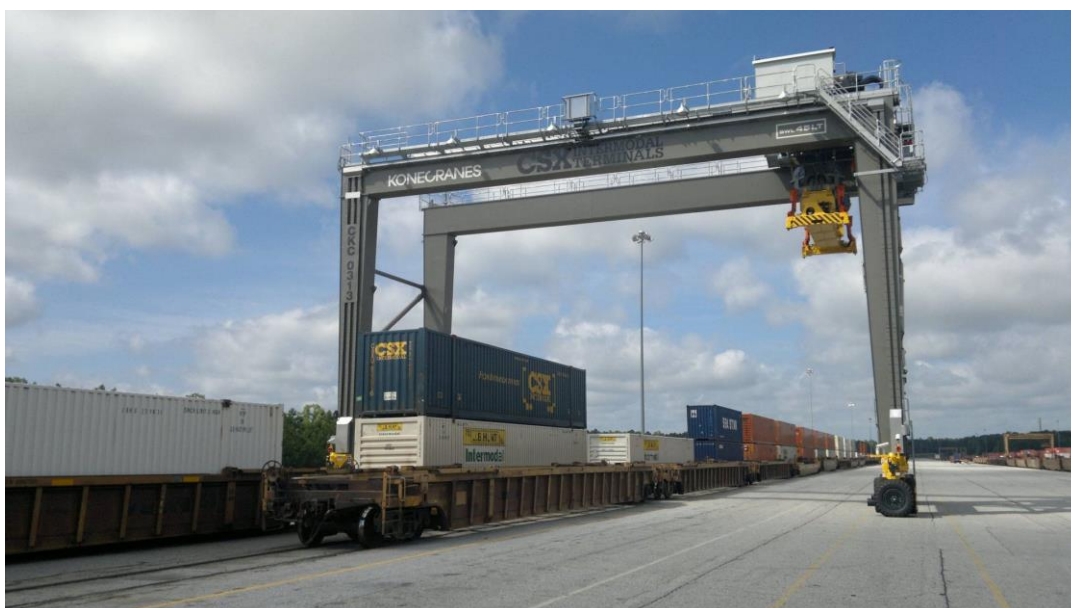
Rysunek 17. Suwnica STS w terminalu rzeczno-modalnym  
Źródło: [ect.nl/en/terminals/hutchison-ports-duisburg](http://ect.nl/en/terminals/hutchison-ports-duisburg)



Rysunek 18. Żuraw nabrzeżny samobieżny  
Źródło: mantsinen.com



Rysunek 19. Sownica placowa na szynach (RMG)  
Źródło: mi-jack.com/rail-mounted-gantry-cranes/





Rysunek 20. Sownica placowa na kołach (RTG)  
Źródło: forkliftaction.com



Rysunek 21. Wóz kontenerowy wysięgnikowy reachstacker (RST)  
Źródło: uniktruck.com



Tabela 4. Porównanie parametrów eksploatacyjnych suwnic RTG i RMG

Główny parametr	 RTG	 RMG	Różnice	
			RTG	RMG
Nominalna waga podnoszenia (t)	40.5	40.5		
Rozpiętość (m)	23.47	47	Rozpiętość jest niewielka i pojedyncza, bez przedłużenia wsporników	
Znamionowa wysokość podnoszenia (m)	18.2	18.2		
Podstawowa odległość przemieszczenia ładunku (m)	6.4	16	Mniejszy	Większy
Pełna prędkość podnoszenia ładunku (m/min)	20	30		
Prędkość podnoszenia bez ładunku (m/min)	40	50		
Prędkość wózka (m/min)	70	120	Wolniej	Szybciej
Prędkość wózka (m/min)	90-135	80	Szybciej	Wolniej
Tryb jazdy	Silnik Diesla Silnik elektryczny	AC z sieci Silnik elektryczny		
Przemieszczanie	Na ogumionych kołach	Na kołach stalowych	Może się przemieszczać we wszystkich kierunkach, ale opony zużywają się stosunkowo szybko	Przemieszczanie odbywa się po torach bez możliwości zmian kierunku

Źródło: [gantrycranedesign.com/](http://gantrycranedesign.com/)



Tabela 5. Porównanie parametrów eksploatacyjnych urządzeń przeładunkowych RST i ECH

Główny parametr	 RST	 ECH
Rozstaw osi	Ok. 6 200 mm	Ok. 4 320-4 830 mm
Rozstaw kół	Ok. 3 060-3 703 mm	Ok. 2 108-3 365 mm
Długość	Bez wysięgnika ok. 8 360-8 650 mm Łącznie z wysięgnikiem ok. 11 873-12 073 mm	Ok. 9 185-10 050 mm
Wysokość	Ok. 4 700-4 800 mm	Ze złożonym masztem ok. 5 800-10 795 mm Z masztem rozłożonym ok. 8 850-19 020 mm
Szerokość	Ok. 4 200-12 200 mm	Podstawowo ok. 3 380-4 110 mm Z mechanizmem chwytającym ok. 6 084-12 218 mm
Udźwig	Zależna jest od odległości ładunku od środka ciężkości pojazdu i wynosi około 14 000-46 000 kg	Ok. 36 280-48 070 kg
Wysokość podnoszenia	Ok. 13 375-15 355 mm	Ok. 9 750-12 650 mm
Mechanizm przemieszczania ładunku	W pionie i poziomie	W pionie
Odległość przemieszczenia ładunku	Większa	Mniejsza
Opcjonalne wyposażenie dodatkowe	Różne typy osprzętu czołowego (spreader), waga automatyczna	Różne rodzaje urządzeń chwytających montowanych do mechanizmu podnoszenia zależnie od przeznaczenia i modelu wozu podnośnikowego

Źródło: na podstawie informacji handlowych od producentów

### 3.3. Podstawowe urządzenia przeładunku horyzontalnego (Ro-Ro)

Podstawowe urządzenia przeładunku horyzontalnego Ro-Ro (Roll-on Roll-off), to zestaw urządzeń umożliwiających przeładunek wybranych intermodalnych jednostek ładunkowych, tj. naczep oraz zestawów drogowych na wagony kolejowe. Jednostki te przeładowywane są w płaszczyźnie horyzontalnej bez unoszenia i opuszczania ich. Pojazdy wjeżdżają na wagon kolejowy i zjeżdżają z niego przy pomocy własnego napędu, lub innego mechanizmu zewnętrznego będącego na wyposażeniu na terminalu. W terminalach wykorzystujących technologie Ro-Ro, tj. terminal Ro-La, Modalohr i Cargobeamer stosowane są standardowe i dedykowane urządzenia wspomagające procesy

przeładunkowe. Standardowym urządzeniem jest ciągnik terminalowy TT, który jest używany do przemieszczania naczep pomiędzy parkingiem wewnętrznym a torem ładunkowym (rys. 25, po lewej). Za urządzenia niestandardowe należy uznać zaprojektowane dla konkretnego terminalu przejezdne lub przestawne rampy i pomosty umożliwiające wjazd lub zjazd pojazdów z wagonu przy pomocy ich własnego napędu, lub ciągnika dostępnego na terminalu. W przypadku specjalistycznych terminali Modalohr i Cargobeamer stosowane są specjalistyczne mechanizmy przeładunkowe wbudowane w tor ładunkowy terminalu. Służą one obrotowi platformy ładunkowej wagonu (Modalohr) czy przemieszczaniu kołyski transportowej (Cargobeamer), służące załadunkowi naczepy na wagon kolejowy. Rysunek 22 pokazuje elementy mechanizmu przeładunkowego wbudowane w tor ładunkowy terminalu Modalohr, obejmujące: system pozycjonowania (centring system) systemy podnoszenia (lifting system), moduły obrotowe (turning bodies) i rampy (rys. 22).



Rysunek 22. Mechanizm przeładunkowy wbudowany w tory ładunkowe terminalu Modalohr  
Źródło: lohr.fr

### 3.4. Uzupełniające urządzenia przeładunkowe i transportowe

Uzupełniające urządzenia przeładunkowe i transportu wewnątrz terminalu jest to zespół urządzeń transportowych służących do przemieszczania i załadunku jednostek ładunkowych wspomagających pracę podstawowych urządzeń przeładunkowych. Transport wewnątrz terminalu realizowany jest przede wszystkim pomiędzy frontami ładunkowymi a polami składowymi lub parkingami wewnętrznymi. Przewozy wewnętrzne są skorelowane z pracą podstawowych urządzeń przeładunkowych na terminalu. Uzupełniające urządzenia przeładunkowe i transportowe obejmują (tab. 3):

- 1) ciągniki terminalowe TT, które są stosowane na terminalach Ro-La;

- 2) ciągniki terminalowe TT z roll-trailerami, które stosowane są na terminalach szynowo-drogowych, trójmodalnym i granicznym;
- 3) ciągniki terminalowe TT z naczepami terminalowymi, które stosowane są na wszystkich typach terminali poza Ro-La;
- 4) suwnice placowe, typu RMG lub RTG, które stosowane są na terminalu szynowo-drogowym dużym i opcjonalnie na terminalu granicznym;
- 5) reachstackery, które stosowane są na terminalu szynowo-drogowym dużym, trójmodalnym i granicznym oraz opcjonalnie na terminalach Modalohr i Cargobeamer
- 6) wozy podnośnikowe ECH, które stosowane są na terminalach szynowo-drogowych, trójmodalnym i granicznym.

Typ i ilość urządzeń przeładunkowych jest ściśle powiązana z wielkością obrotów terminalu i strukturą rodzajową obsługiwanych jednostek ładunkowych. W przypadku dużej ilości obsługiwanych kontenerów standardowo użytkowane są wozy podnośnikowe do pustych kontenerów ECH. Te urządzenia posiadają z przodu maszt pozwalający na piętrzenie kontenerów pustych, do 5-6 warstw (tab. 5, rys. 23).



Rysunek 23. Wóz podnośnikowy do przeładunku kontenerów pustych (ECH)  
Źródło: [pesahyster.com.br/product-detail/movimentacao-de-containers-h40-50xm-16ch/](http://pesahyster.com.br/product-detail/movimentacao-de-containers-h40-50xm-16ch/)

Suwnice placowe (RMG lub RTG) lub reachstackery RST stosowane są jako uzupełniające urządzenia przeładunkowe tylko na dużych terminalach, głównie do piętrzenia jednostek intermodalnych na placach i załadunku pojazdów drogowych. Ważną rolę w transporcie wewnętrznym pełnią ciągniki terminalowe TT, które standardowo są zestawiane z naczepami terminalowymi (przy użyciu połączenia siodłowego) lub roll-trailerami (przy użyciu połączenia „gęsia szyja”) (rys. 24 i 25).

Opcjonalnie, ciągniki terminalowe TT mogą być wykorzystywane do przeciągania naczep siodłowych klientów terminalu Ro-La.







Rysunek 24. Roll-trailer załadowany dwoma nadwoziami wymiennymi  
Źródło: zdjęcie autora



Rysunek 25. Ciągnik terminalowy: do naczep drogowych (po lewej) i roll-trailerów (po prawej)  
Źródło: tradus.com

Tabela 6. Wady i zalety wybranych urządzeń przeładunkowych

	 <b>RTG</b>	 <b>RMG</b>	 <b>RST</b>	 <b>ECH</b>
<b>Zalety</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobilność</li> <li>• Wysokość podnoszenia ładunku</li> <li>• Wysoka prędkość przeładunku</li> <li>• Możliwa duża waga ładunków</li> <li>• Możliwość układania kilku rzędów ładunków</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wysokość podnoszenia ładunku</li> <li>• Wysoka prędkość przeładunku</li> <li>• Możliwa duża waga ładunków</li> <li>• Możliwość pełnej automatyzacji</li> <li>• Możliwość układania kilku rzędów ładunków</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Może służyć zarówno do przeładunku jak i przemieszczania jednostek ład. na terenie terminalu</li> <li>• Możliwość układania kilku rzędów ładunków</li> <li>• Stosunkowo niskie koszty inwestycyjne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Może służyć zarówno do przeładunku jak i przemieszczania jednostek ładunkowych na terenie terminalu</li> <li>• Stosunkowo niskie koszty inwestycyjne</li> </ul>
<b>Wady</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zużycie opon</li> <li>• Niska prędkość jazdy</li> <li>• Ograniczenia ruchu związane z nawierzchnią</li> <li>• Mniejsza odległość przemieszczania niż RMG</li> <li>• Wysokie koszty inwestycyjne</li> <li>• Konieczność posiadania wykwalifikowanej załogi do obsługi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konieczność przemieszczania się po szynach transportowych</li> <li>• Bardzo wysokie koszty inwestycyjne</li> <li>• Konieczność posiadania wykwalifikowanej załogi do obsługi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nieduża prędkość przeładunku</li> <li>• Niska prędkość jazdy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruch ładunku w pionie z niewielkim zakresem horyzontalnym</li> <li>• Niska prędkość przeładunku</li> <li>• Niska prędkość jazdy</li> <li>• Głównie wykorzystywane do przeładunku pustych jednostek ładunkowych</li> </ul>

W tabeli 6 przedstawiono syntetycznie wady i zalety wybranych urządzeń przeładunkowych, które są kluczowe dla wyposażenia terminali kombinowanych szynowo-drogowych. Podane zestawienie wartościuje zarówno parametry techniczne, eksploatacyjne jak i ekonomiczne, pozwalając na podjęcie właściwej decyzji inwestycyjnej w odniesieniu do specyficznych potrzeb każdego terminalu.

Poniżej omówiono dokładniej wyposażenie podstawowe i dodatkowe wybranych typów terminali wraz podaniem przykładowej konfiguracji wyposażenia obecnie funkcjonujących terminali w Europie.

### 3.5. Wyposażenie typowych terminali

#### 3.5.1. Terminal szynowo-drogowy duży

W terminalu szynowo-drogowym dużym użytkowane jest kilka rodzajów suwnic: duże suwnice bramowe (RTG lub RMG) będące podstawowym urządzeniem przeładunkowym i mniejsze suwnice placowe (RTG lub RMG). Suwnice bramowe poruszają się wzdłuż zespołu torów ładunkowych z zasięgiem na pole odkładcze i opcjonalnie na wybrane pole składowe. Suwnice placowe jako dodatkowe urządzenia przeładunkowe służą do obsługi jednostek na placach składowych oraz załadunku pojazdów drogowych. Suwnice są wspomagane przez reachstackery, które mają bardziej uniwersalne zastosowanie. W przypadku obsługi dużej ilości kontenerów na placach wykorzystuje się wozy podnośnikowe ECH. Do transportu wewnętrznego pomiędzy polem odkładczym kolejowego frontu ładunkowego oraz placami składowymi i parkingami wykorzystuje się ciągniki terminalowe TT z roll-trailerami RT lub naczepami terminalowymi. W największych terminalach kombinowanych szynowo-drogowych stosuje się zestawy wielonaczepowe (multi-trailer system).

Przykład konfiguracji urządzeń przeładunkowych terminalu szynowo-drogowego dużego na postawie **PCC Intermodal Terminal w Kutnie**<sup>13</sup>:

- 2 suwnice RMG,
- 5 reachstackerów RST,
- 1 wóz podnośnikowy ECH,
- 1 ciągnik terminalowy TT.

#### 3.5.2. Terminal szynowo-drogowy mały

Terminal szynowo-drogowy mały rzadko posiada na swoim wyposażeniu suwnicę, a gdy tak się dzieje jest ona zazwyczaj uniwersalnym urządzeniem obsługującym fronty ładunkowe i place składowe. Najczęściej na tego typu terminalach jako podstawowe urządzenie przeładunkowe wykorzystywany jest reachstacker RST. Uzupełnieniem może być wóz podnośnikowy ECH i ciągnik terminalowy do transportu wewnętrznego. W małych terminalach bardzo rzadko korzysta się z roll-trailerów lub naczep terminalowych.

Przykład konfiguracji urządzeń przeładunkowych terminalu szynowo-drogowego małego na postawie **METRANS Terminal w Pruszkowie**<sup>14</sup>:

- 3 reachstackery RST.

#### 3.5.3. Terminal rzeczny trójmodalny

Terminal rzeczny trójmodalny posiada na podstawowym wyposażeniu suwnice nabrzeżne STS lub żurawie nabrzeżne do załadunku barek. Suwnica lub żuraw obsługują zarówno front wodny jak i kolejowy terminalu. Pozostałe wyposażenie przeładunkowe jest zbliżone do terminalu szynowo-

<sup>13</sup> dane według: [utk.gov.pl](http://utk.gov.pl)

<sup>14</sup> dane według: [utk.gov.pl](http://utk.gov.pl)

drogowego małego z tą różnicą, że terminal trójmodalny obsługuje prawie wyłącznie kontenery a reachstackery są urządzeniami uzupełniającymi w stosunku do suwnic/żurawi nabrzeżnych.

Przykład konfiguracji urządzeń przeładunkowych terminalu szynowo-drogowego dużego na postawie **DeCeTe Duisburg Terminal** <sup>15</sup>:

- 4 suwnice STS,
- 4 reachstackery RST,
- 4 wozy podnośnikowe ECH,
- 4 ciągniki terminalowe TT,
- 8 naczip terminalowych.

#### 3.5.4. Terminal graniczny

Podstawowe urządzenia terminalu granicznego stanowią suwnice (RTG lub RMG) w ilości kilku sztuk umieszczonych wzdłuż torów ładunkowych. Cały potencjał przeładunkowy terminalu jest przystosowany do zminimalizowania czasu przeładunku w relacji wagon-wagon. Pozostałe wyposażenie przeładunkowe jest zbliżone do terminalu szynowo-drogowego małego. Terminal graniczny rzadko dysponuje dużą pojemnością placów składowych i w związku z tym ilość urządzeń placowych i transportu wewnętrznego jest bardzo ograniczona.

Przykład konfiguracji urządzeń przeładunkowych terminalu szynowo-drogowego dużego na postawie **PKP CARGO Centrum Logistyczne Małaszewicze** <sup>16</sup>:

- 3 suwnice RMG,
- 1 suwnica RTG,
- 2 reachstackery RST.

#### 3.5.5. Terminal Ro-La

Terminal w technologii Rollande Landstrasse (ruchoma droga) oprócz dostępu do wagonów niskopodwoziowych, które umożliwią uformowanie składu w technologii Ro-La, w zakresie urządzeń przeładunkowych musi posiadać tylko odpowiednie ruchome rampy z możliwością ustawienia ich na końcu i początku składu pociągu. Stąd, przykładowy terminal **Rail Freight Centre Wörgl** w Austrii nie posiada innego wyposażenia przeładunkowego poza rampami najazdowymi.

#### 3.5.6. Terminal specjalistyczny (Cargobeamer i Modalohr)

Wspólną cechą terminali specjalistycznych technologii Modalohr i Cargobeamer, jest fakt, że na tych terminalach obsługiwane są wyłącznie pociągi intermodalne z wagonami przystosowanymi do wymagań tych technologii. W przypadku obu terminali konieczne jest użycie mechanizmów przeładunkowych wbudowanych w tor ładunkowy terminalu. Terminal Modalohr posiada z reguły ok. 30 stanowisk przeładunkowych rozmieszczonych wzdłuż składu pociągu zgodnie z pozycjami

<sup>15</sup> [myservices.ect.nl/Terminals/InlandTerminals/DeCeTeDuisburg](https://myservices.ect.nl/Terminals/InlandTerminals/DeCeTeDuisburg)

<sup>16</sup> dane według: [utk.gov.pl](http://utk.gov.pl)

postojowymi wagonów (rys. 22 i 26). Stanowiska przeładunkowe są wyposażone w rampy najazdowe wbudowane w nawierzchnię terminalu pod kątem ok. 40 stopni w stosunku do linii torów ładunkowych. Zintegrowane ze stanowiskami przeładunkowymi specjalistyczne mechanizmy wbudowane w tor ładunkowy podnoszą i obracają wewnętrzną platformę wagonu w celu umieszczenia jej w pozycji załadunkowej zgodnej z pozycją rampy załadunkowej. Po załadowaniu naczepy platforma wraca do pierwotnego położenia na wagonie kolejowym.

W terminalu Cargobeamer najważniejszym wyposażeniem są stanowiska przeładunkowe (CargoGate) do załadunku naczep na wagony Cargobeamer (CargoJet) (rys. 27). Podczas załadunku specjalistyczny hydrauliczny mechanizm przesuwana prostopadłe do torów transportowych kołyskę z naczepą z użyciem dopasowanych szyn transportowych. Następnie kołyska jest automatycznie osadzana na wagonie kolejowym, który osiąga gotowość do jazdy. Ilość stanowisk przeładunkowych, determinowana jest długością pociągu intermodalnego i wielkością terminalu.

W przypadku przykładowego terminalu technologii Modalohr, czyli **Aiton Terminal** we Francji liczba stanowisk przeładunkowych wynosi 30. Dla przykładowego terminalu Cargobeamer obsługującego **Transmarck-Turquerie Logistics Hub** w Calais według aktualnych założeń ma być zainstalowane 18 zautomatyzowanych stanowisk przeładunkowych.



Rysunek 26. Stanowiska przeładunkowe na terminalu specjalistycznym Modalohr  
Źródło: Poliński J., Podsystemy transportu intermodalnego. Część I, Prace Instytutu Kolejnictwa – Zeszyt 154 (2017)





Rysunek 27. Stanowisko przeładunkowe na terminalu specjalistycznym Cargobeamer  
Źródło: cargobeamer.com

## 4. Procesy obsługi ładunkowej w terminalach transportu kombinowanego

### 4.1. Organizacja pracy terminalu kombinowanego

Organizacja pracy terminalu musi odpowiadać jego wielkości oraz funkcji jaką pełni w sieci transportowo-logistycznej. Duże terminale standardowo oferują dłuższy czas pracy i większy poziom informatyzacji i automatyzacji oferowanych usług. Standardowe warunki obsługi klientów terminalu:

- 1) terminal jest otwarty dla klientów 24h i 7 dni w tygodniu;
- 2) obsługa wagonów i pojazdów oferowana jest w trybie ciągłym wg. wcześniej uzgodnionego harmonogramu;
- 3) usługi magazynowe oferowane są godzinach otwarcia magazynu;
- 4) dodatkowe i niestandardowe usługi są każdorazowo uzgadniane pomiędzy stronami, tj. operatorem terminalu i klientem;
- 5) za usługi świadczone w niedziele i święta, pobierane są opłaty podwyższone i wymagają wcześniejszego uzgodnienia.

W przypadku terminali małych, prywatnych i powiązanych z jednym centrum dystrybucyjnym godziny otwarcia i zakres usług są zawężone i dostosowane do lokalnych potrzeb.

### 4.2. Usługi terminalu kombinowanego

Procesy terminalu kombinowanego są ściśle powiązane z realizacją usług oferowanych klientom terminalu. Usługi te możemy pogrupować (tabela 7):

- 1) usługi względem intermodalnych jednostek ładunkowych (ITU),
- 2) usługi względem środków transportu:
  - drogowego (ciągniki drogowe, naczepy siodłowe),
  - kolejowego (wagony, lokomotywy),
  - wodnego (barki).

Pojęcie standardowych ITU, dla których oferowane są usługi terminalowe obejmuje:

- kontenery 20', 30', 40' i 45' wg. norm ISO,
- nadwozia wymienne długie (typ A) i krótkie (typ C) wg. norm CEN,
- naczepy drogowe i zestawy drogowe dopuszczone do ruchu na drogach publicznych.

Inne jednostki ładunkowe mogą być uznane za niestandardowe i terminal może odmówić ich obsługi lub określić umowną opłatę dodatkową.

Specyfiką terminali kombinowanych jest fakt, że zestawy drogowe (ciągnik+naczepa) mogą być jednocześnie środkami transportu i intermodalnymi jednostkami ładunkowymi. Ta druga sytuacja ma miejsce na terminalach Ro-La.

Katalog usług jest opisany w taryfach terminalowych, które podają również ich cenę i sposób rozliczania. Usługi nie ujęte w taryfie nie są płatne lub nie są oferowane bezpośrednio przez terminal. Przykładowo, postój samochodu na parkingu zewnętrznym z reguły jest bezpłatny a duże naprawy jednostek ładunkowych i środków transportu są zwykle realizowane przez specjalistyczne spółki zewnętrzne.

Tabela 7. Usługi terminalu kombinowanego

Nr	Nazwa usługi	Standardowy sposób rozliczania	Uwagi
<b>Usługi względem jednostek ładunkowych (ITU)</b>			
1	Rozładunek/załadunek Lo-Lo (kontener, nadwozie wymienne, naczepa)	stawka za 1 ruch	Rozróżnienie rodzaju i wielkości ITU
2	Rozładunek/załadunek Ro-Ro (naczepa siodłowa, ciągnik z naczepą)	stawka za załadowany/rozładowany pojazd	Rozróżnienie rodzaju i wielkości ITU
3	Składowanie ładownej ITU Składowanie pustej ITU Składowanie ITU z ładunkiem chłodzonym Składowanie ITU z materiałami niebezpiecznymi	stawka za dzień składowania z okresem zwolnionym od opłat	Rozróżnienie rodzaju i wielkości ITU, rodzaju ładunku i zleconych manipulacji podczas składowania
4	Zamiatanie podłogi ITU Usuwanie z podłogi ITU elementów zabezpieczających towar (gwoździe, haki itp.)	stawka za czynność	Rozróżnienie rodzaju i wielkości ITU
5	Mycie ciśnieniowe zewnętrzne (kontener, nadwozie wymienne, naczepa) Mycie ciśnieniowe wewnętrzne (kontener, nadwozie wymienne)	stawka za czynność	Rozróżnienie rodzaju i wielkości ITU
6	Naprawa ITU (kontener, nadwozie wymienne)	stawka za roboczogodziny + koszt materiałów	Usługa niestandardowa
7	Podłączenie ITU z ładunkiem chłodzonym do prądu (kontener, naczepa) Zaopatrzenie w energię elektryczną Nadzór nad agregatem ITU z ładunkiem chłodzonym	stawka za czynność+ opłata za prąd (licznik lub każda rozpoczęta godzina)	Rozróżnienie rodzaju agregatu i zleconych manipulacji podczas składowania
8	Transport wewnętrzny ITU - plac-magazyn - plac-warsztat - plac-myjnia	stawka za relację transportową	Rozróżnienie rodzaju i wielkości ITU
9	Rewizja ITU (kontener, naczepa)	stawka za czynność	Rozróżnienie rodzaju i wielkości ITU
10	Ważenie ITU wg. wymogów Konwencji SOLAS (kontener)	stawka za czynność	Standardowo oferowana jest metoda I zgodnie z Konwencją SOLAS

Nr	Nazwa usługi	Standardowy sposób rozliczania	Uwagi
11	Formowanie i rozformowywanie ITU	stawka za roboczogodziny + koszt materiałów sztauerskich	Rozróżnienie rodzaju i wielkości ITU, rodzaju ładunku i zleconych manipulacji
12	Inne czynności: - oklejenie lub usunięcie nalepki ADR/RID - plombowanie ITU - udostępnienie wanny na uszkodzone kontenery z ładunkiem niebezpiecznym - montaż/demontaż wkładu typu flexi-tank (kontener, nadwozie wymienne) - odśnieżenie dachu ITU	stawka za czynność	
<b>Usługi względem środków transportu kolejowego</b>			
1	Udostępnienie torów: - torów zdawczo-odbiorczych - torów bocznicowych - torów ładunkowych	stawka stała+ stawka za wagon	Rozróżnienie rodzaju usługi trakcyjnej, rodzaju wagonów i zleconych manipulacji
2	Prace manewrowe: - usługa wtoczenia/wytoczenia wagonów - dodatkowa praca lokomotywy	stawka stała+ stawka za wagon+ stawka za lokomotywę+ opłata trakcyjna	Rozróżnienie rodzaju usługi trakcyjnej, rodzaju wagonów i zleconych manipulacji
3	Postój wagonów na torach bocznicowych	stawka godzinowa za wagon z okresem zwolnionym od opłat	
4	Naprawa wagonów	stawka za roboczogodziny + koszt materiałów	Usługa niestandardowa
5	Inne czynności: - udostępnienie drużyny manewrowej - obsługa poza wyznaczonym oknem czasowym	opłata za skład manewrowy	
<b>Usługi względem środków transportu drogowego</b>			
1	Postój na parkingu: - strzeżonym - niestrzeżonym	stawka za godzinę postoju	
2	Zaopatrzenie w paliwo	stawka z litr paliwa	
3	Naprawa pojazdów	stawka za roboczogodziny + koszt materiałów	Usługa niestandardowa
4	Mycie ciśnieniowe ciągnika siodłowego zewnętrzne	stawka za czynność	
<b>Usługi względem środków transportu wodnego</b>			
1	Postój przy nabrzeżu	Opłata tonażowa lub przystaniowa Stawka na jednostkę pojemności brutto statku (GT) lub pojemności rejestrowej brutto (BRT)	Opłaty za postój pobierane są przez duże porty i zarządy portów
2	Zaopatrzenie w energię elektryczną	opłata za prąd (licznik lub każda rozpoczęta godzina)	
3	Zaopatrzenie w wodę	stawka za m <sup>3</sup> wody	
4	Zaopatrzenie w paliwo	stawka za m <sup>3</sup> paliwa	

Nr	Nazwa usługi	Standardowy sposób rozliczania	Uwagi
5	Odbiór odpadów ze statku	stawka za m <sup>3</sup> odpadów	
6	Naprawy na statku (części kadłuba, wyposażenie statku)	stawka za roboczogodziny + koszt materiałów	Usługa niestandardowa

Źródło: na podstawie regulaminów i taryf terminali operatorów PCC Intermodal i CLIP Group

Dodatkowe czynności oferowane na terenie terminalu obejmują różnego rodzaju usługi biurowe, np. drukowanie/skanowanie dokumentów.

### 4.3. Obsługa środków transportu kolejowego

Największa ilość terminali kombinowanych w Europie to terminale szynowo-drogowe. W tego typu terminalach priorytetem jest sprawna obsługa transportu kolejowego, czyli pociągów intermodalnych. Ten priorytet względem środków transportu drogowego wynika z dużych stałych kosztów eksploatacyjnych i małej elastyczności charakterystycznych dla kolei. Terminal obsługuje składy kolejowe w ramach tzw. okien przeładunkowych, a procedury zamawiania i realizacji obsługi muszą spełniać standardy opisane w międzynarodowych przepisach ruchu kolejowego.

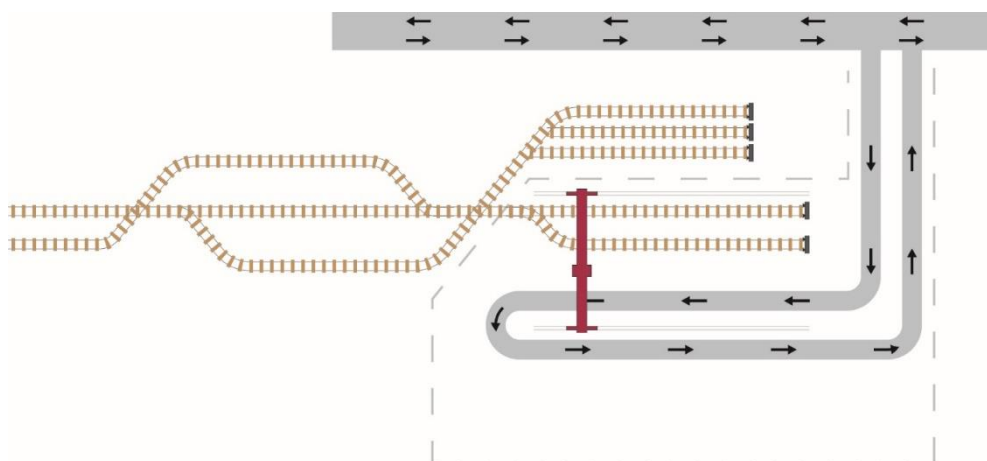
Proces obsługi pociągów intermodalnych na terminalu kombinowanym musi być dostosowany do potencjału jakim dysponuje terminal w zakresie infrastruktury kolejowej. Istotne jest dysponowanie przez terminal grupami torów, na których realizowane są standardowe procesy rozrządzenia grup wagonowych i inne czynności eksploatacyjne. Wyróżnia się dwa podstawowe układy torów kolejowych: układ czołowy i układ przejazdowy (rysunek 28 i 29). W ramach tych układów torów tworzone są grupy torów obejmujące:

- tory zdawczo-odbiorcze,
- tory bocznicowe,
- tory ładunkowe.

Najważniejsze trzy fazy procesu obsługi pociągów intermodalnych obejmują zamawianie usługi terminalowej, monitorowanie pociągu oraz operacje na terenie terminalu<sup>17</sup>.

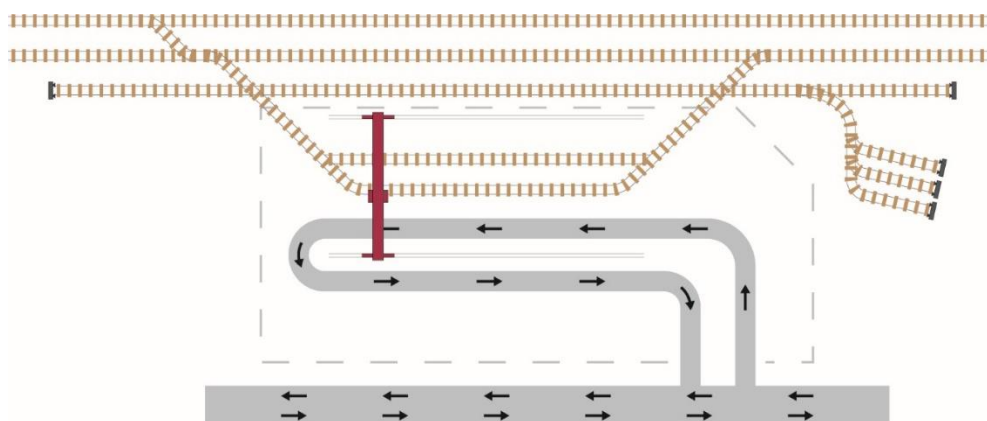
Zamawianie usługi terminalowej jest związane z przyznawaniem tzw. slotów - okien przeładunkowych. Sloty przydziela operator terminalu przewoźnikowi kolejowemu lub operatorowi intermodalnemu, który go reprezentuje. Operator zastrzega sobie prawo do odmowy przyjęcia pociągu lub jego obsługi w innym terminie.

<sup>17</sup> Obsługa środków transportu kolejowego została opisana na podstawie regulaminów operatora PCC Intermodal S.A. (<https://www.pccintermodal.pl/>)



Rysunek 28. Terminal szynowo-drogowy z czołowym układem torów kolejowych

Źródło: na podstawie: Kostrzewski A., Nader M., Analiza zagadnienia projektowania lądowych terminali przeładunkowych dla transportu intermodalnego, *Logistyka* 2/2015, 397-407



Rysunek 29. Terminal szynowo-drogowy z przejazdowym układem torów kolejowych

Źródło: na podstawie: Kostrzewski A., Nader M., Analiza zagadnienia projektowania lądowych terminali przeładunkowych dla transportu intermodalnego, *Logistyka* 2/2015, 397-407

Monitorowanie pociągu powinno być raportowane do operatora terminalu i obejmuje 8 godzin poprzedzających przyjazd do stacji kolejowej, z której następuje wjazd na bocznice kolejową terminalu. Przewoźnik kolejowy jest zobowiązany co 2 godziny przysyłać e-mailem raport o realizacji przewozu zawierający potwierdzenie, że przewóz odbywa się zgodnie z rozkładem lub informacje o ewentualnych opóźnieniach. Przewoźnik kolejowy zobowiązany jest do przekazania na adres e-mail na co najmniej 24 godziny przed planowanym przyjazdem pociągu informacji (tabela 8):

- godziny przyjazdu pociągów,
- listy ładunkowe wraz ze specyfikacją ładunków przewożonych pociągiem (m.in. nazwa, waga ładunku);
- dokumentów określających właściwości ładunków (przede wszystkim karty charakterystyki materiałów niebezpiecznych);

- dyspozycji w stosunku do każdego ITU.

Tabela 8. Formularz danych do obsługi pociągu intermodalnego w oknie terminalowym

Order nr:		Klient:			Nr pociągu:			Terminal:		Data Usługi:	
Lp.	Numer ITU	Typ (rozmiar ITU)	Nazwa towaru	RID/ UN Numer	Numer plomby	Waga brutto ITU	Dokumenty towarzyszące*	Gestor jednostki	Dyspozycje	Uwagi	
1											
2											
3											
...											
<p>Niniejszym oświadczam, że ładunek w jednostce nie jest wskazany na liście niedozwolonych ładunków. Niniejszym oświadczam, że posiadamy odpowiednie licencje i pozwolenia na przemieszczanie przedmiotowego ładunku.</p>											

\* T1, certyfikaty, MSDS, SMGS

Źródło: na podstawie regulaminu operatora PCC Intermodal

Przyjazd pociągu prowadzonego do terminalu przez przewoźnika kolejowego do stacji kolejowej, z której następuje wjazd na bocznice kolejową terminalu winien następować na 1 godzinę przed planowym slotem przeładunkowym. Odjazd pociągu z tej samej stacji kolejowej po zakończonym przeładunku winien zostać zrealizowany przez przewoźnika najpóźniej na 2 godziny po slotcie przeładunkowym. Przyjęcie i odbiór każdego składu odbywa się na terminalu i obejmuje część handlową (odbior jednostek ładunkowych) oraz część kolejową (ogłędziny stanu technicznego składu kolejowego) realizowaną pomiędzy operatorem terminalu a przewoźnikiem kolejowym. Przedstawiciel przewoźnika kolejowego przekazujący pociąg, ma obowiązek pozostania na terminalu do zakończenia odbioru pociągu. Brak obecności przedstawiciela przewoźnika kolejowego przy odbiorach, jest jednoznaczny z uznaniem ustalenia stanu technicznego pociągu i jednostek ładunkowych dokonanego przez operatora terminalu. W przypadku dostarczenia w składzie do Terminalu wagonów lub ITU, których stan techniczny nie pozwala na ich dalsze nadanie, przewoźnik kolejowy jest zobowiązany zorganizować i ponieść koszty niezbędnych napraw. Obsługę manewrową pomiędzy stacją kolejową a terminalem (lub w odwrotnym kierunku) wykonuje drużyna manewrowa operatora terminalu. Próbę hamulca każdorazowo wykonuje uprawniony pracownik, zapewniony przez przewoźnika kolejowego.

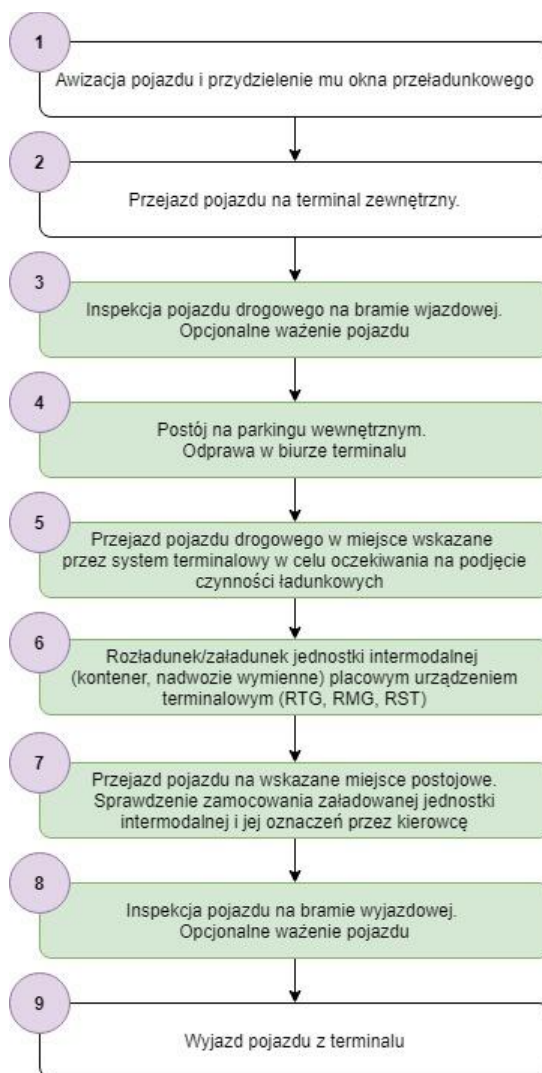
#### 4.4. Procesy obsługi na terminalu szynowo-drogowym dużym

Poniżej przedstawiono schematy procesów obsługi pociągu intermodalnego oraz pojazdów drogowych na terminalu szynowo-drogowym dużym (rysunek 30 i 31). Kolorem zielonym oznaczono etapy procesów wykonywane w ramach przyznawanych slotów, tj. okien przeładunkowych. Dodatkowo pokazano mapę omawianych procesów na planie terminalu (rysunek 32).

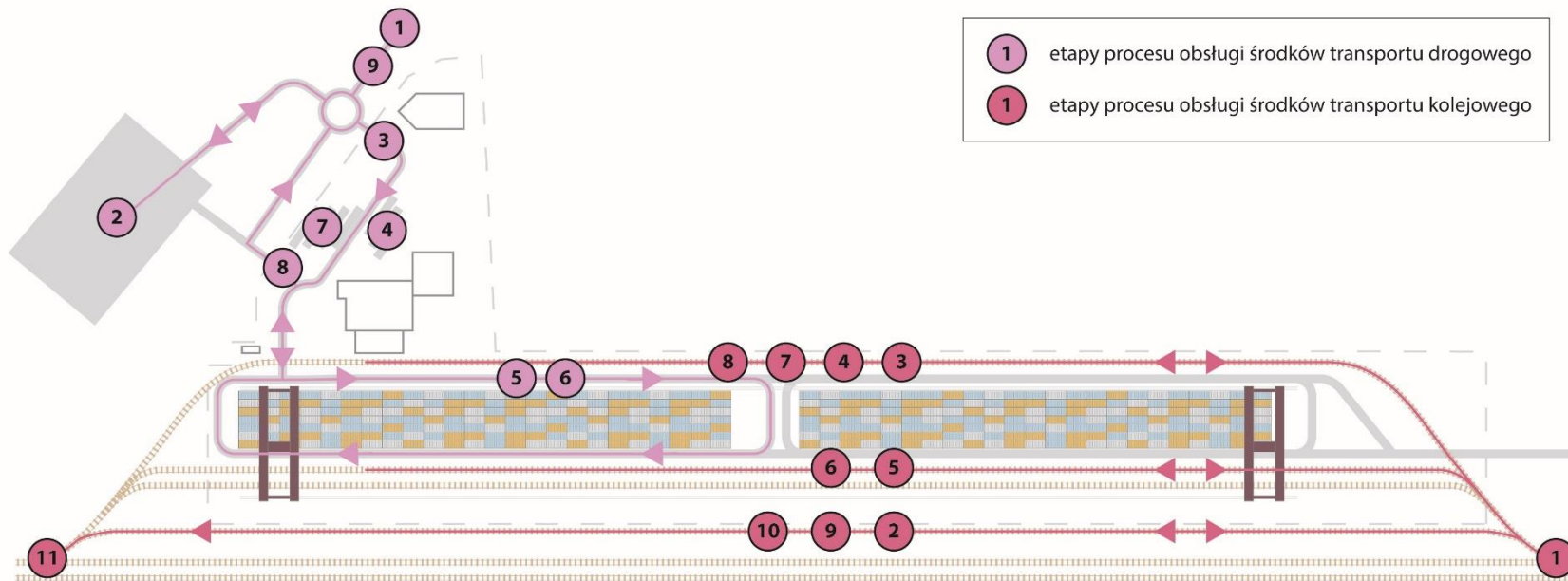


Rysunek 30. Schemat procesu obsługi pociągu intermodalnego na terminalu szynowo-drogowym dużym





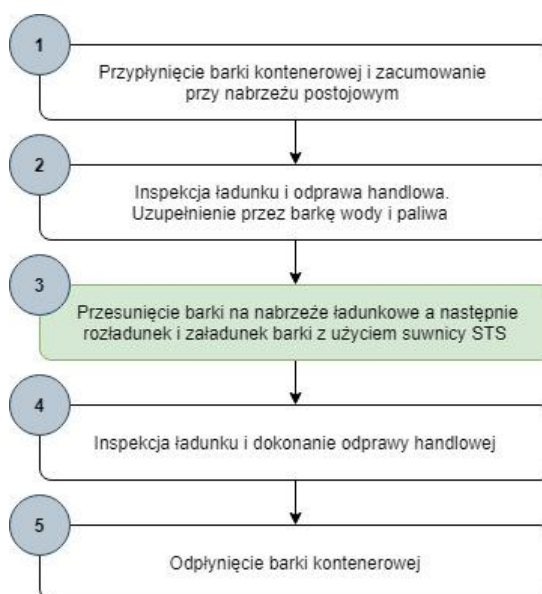
Rysunek 31. Schemat procesu obsługi pojazdów drogowych na terminalu szynowo-drogowym dużym



Rysunek 32. Mapa procesów na terminalu szynowo-drogowym dużym

#### 4.5. Procesy obsługi na terminalu rzeczny trójmodalnym

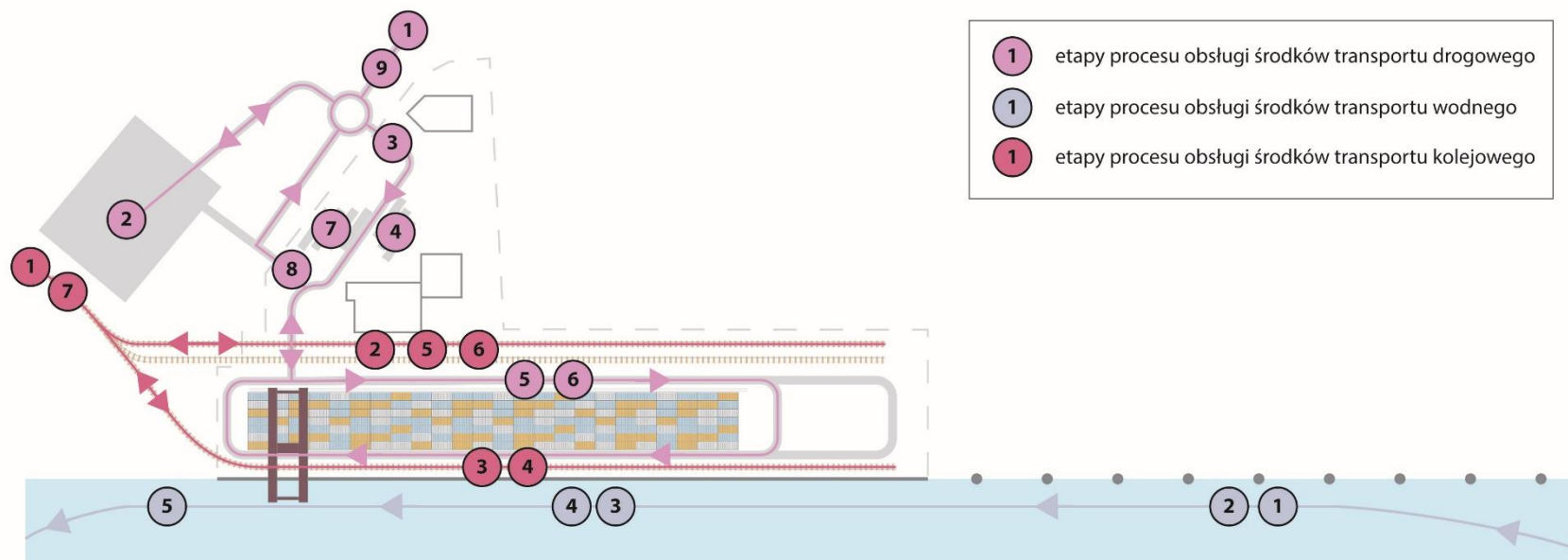
Poniżej przedstawiono schematy procesów obsługi barki kontenerowej oraz pociągów kontenerowych na terminalu rzeczny trójmodalnym (rysunek 33 i 34). Proces obsługi pojazdów drogowych jest taki sam jak na terminalu szynowo-drogowym dużym (rysunek 31). Kolorem zielonym oznaczono etapy procesów wykonywane w ramach przyznawanych slotów, tj. okien przeładunkowych. Dodatkowo pokazano mapę omawianych procesów na planie terminalu (rysunek 35).



Rysunek 33. Schemat procesu obsługi barki kontenerowej na terminalu rzeczny trójmodalnym



Rysunek 34. Schemat procesu obsługi pociągów kontenerowych na terminalu rzeczny trójmodalnym



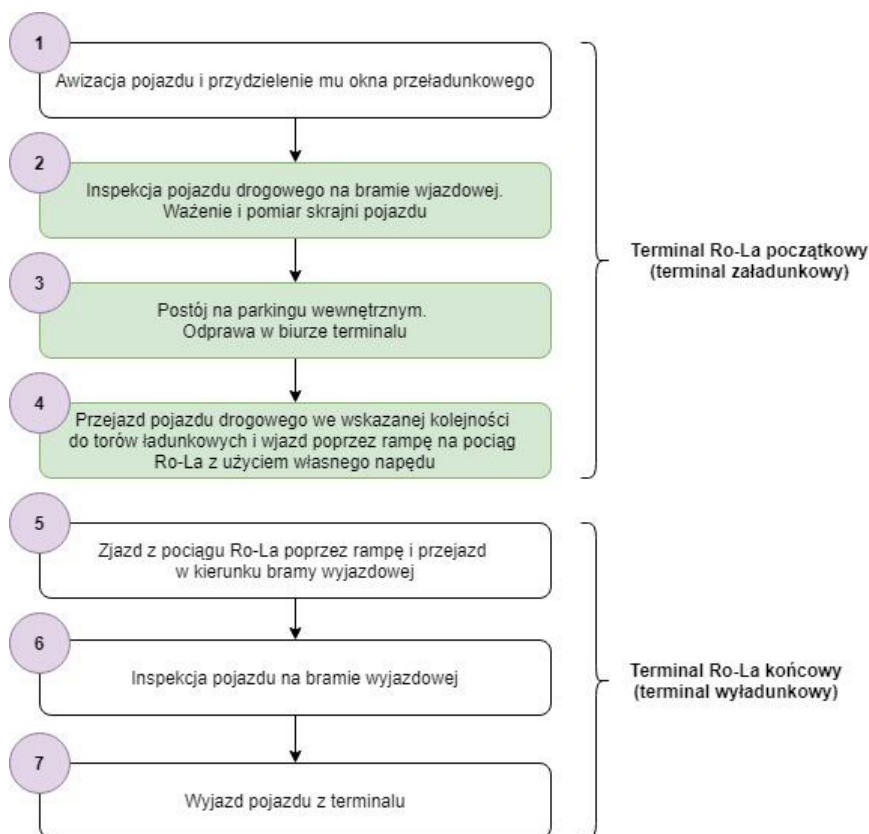
Rysunek 35. Mapa procesów na terminalu rzeczonym trójmodalnym

#### 4.6. Procesy obsługi na terminalu Ro-La

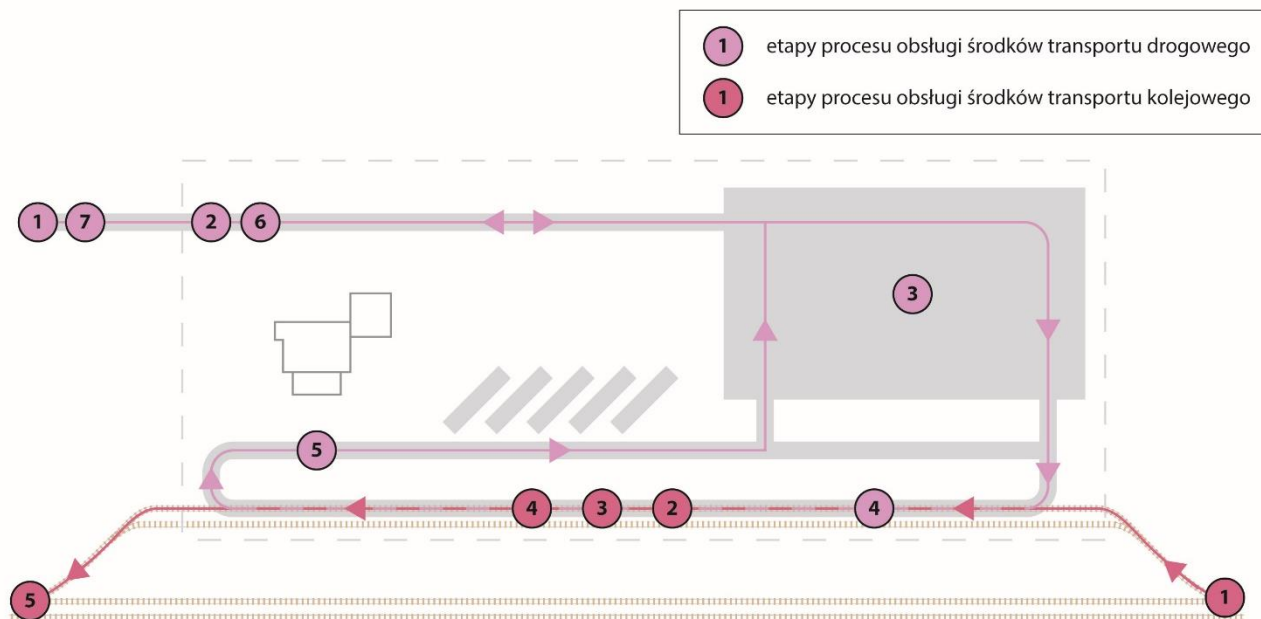
Poniżej przedstawiono schematy procesów obsługi pociągu intermodalnego oraz pojazdów drogowych na terminalu Ro-La (rysunek 36 i 37). Kolorem zielonym oznaczono etapy procesów wykonywane w ramach przyznawanych slotów, tj. okien przeładunkowych. Dodatkowo pokazano mapę omawianych procesów na planie terminalu (rysunek 38).



Rysunek 36. Schemat procesu obsługi pociągu intermodalnego na terminalu Ro-La



Rysunek 37. Schemat procesu obsługi pojazdów drogowych na terminalu Ro-La

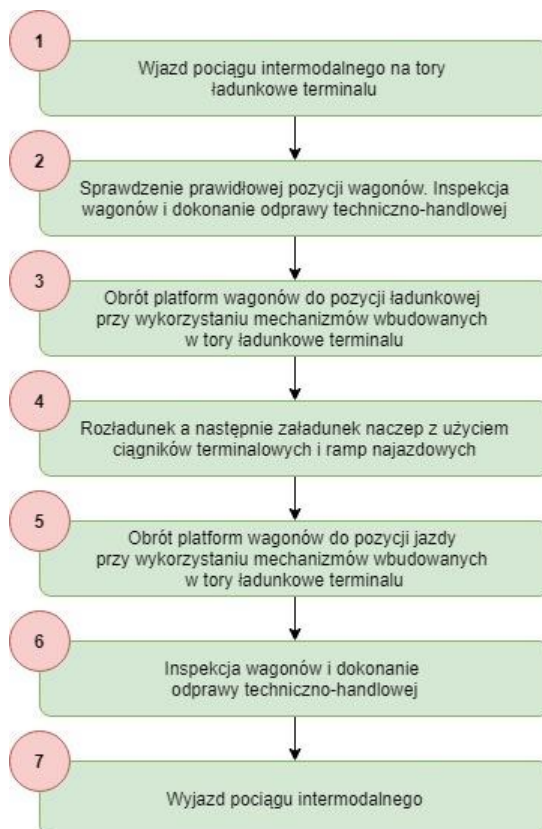


Rysunek 38. Mapa procesów na terminalu Ro-La

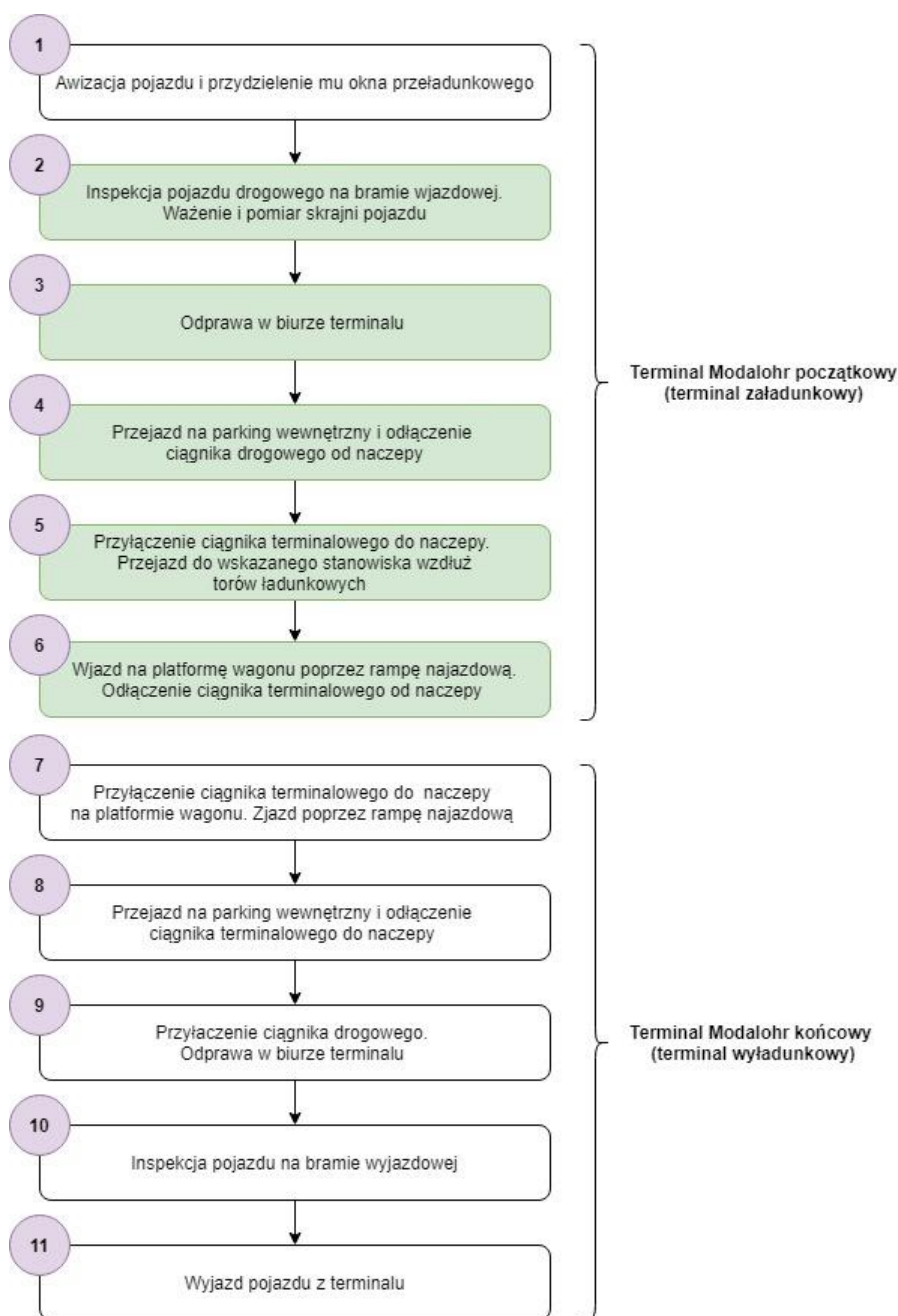


#### 4.7. Procesy obsługi na terminalu specjalistycznym Modalohr

Poniżej przedstawiono schematy procesów obsługi pociągu intermodalnego oraz pojazdów drogowych na terminalu specjalistycznym Modalohr (rysunek 39 i 40). Kolorem zielonym oznaczono etapy procesów wykonywane w ramach przyznawanych slotów, tj. okien przeładunkowych. Dodatkowo pokazano mapę omawianych procesów na planie terminalu (rysunek 41).

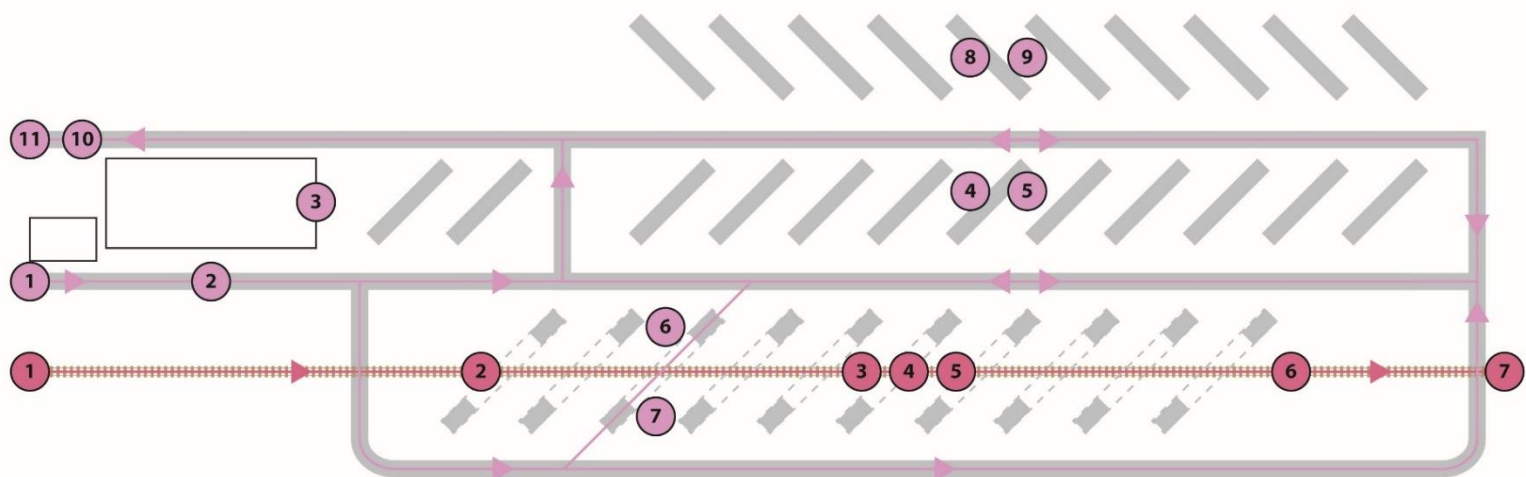


Rysunek 39. Schemat procesu obsługi pociągu intermodalnego na terminalu specjalistycznym Modalohr



Rysunek 40. Schemat procesu obsługi pojazdów drogowych na terminalu specjalistycznym Modalohr

- 1 etapy procesu obsługi środków transportu drogowego
- 1 etapy procesu obsługi środków transportu kolejowego



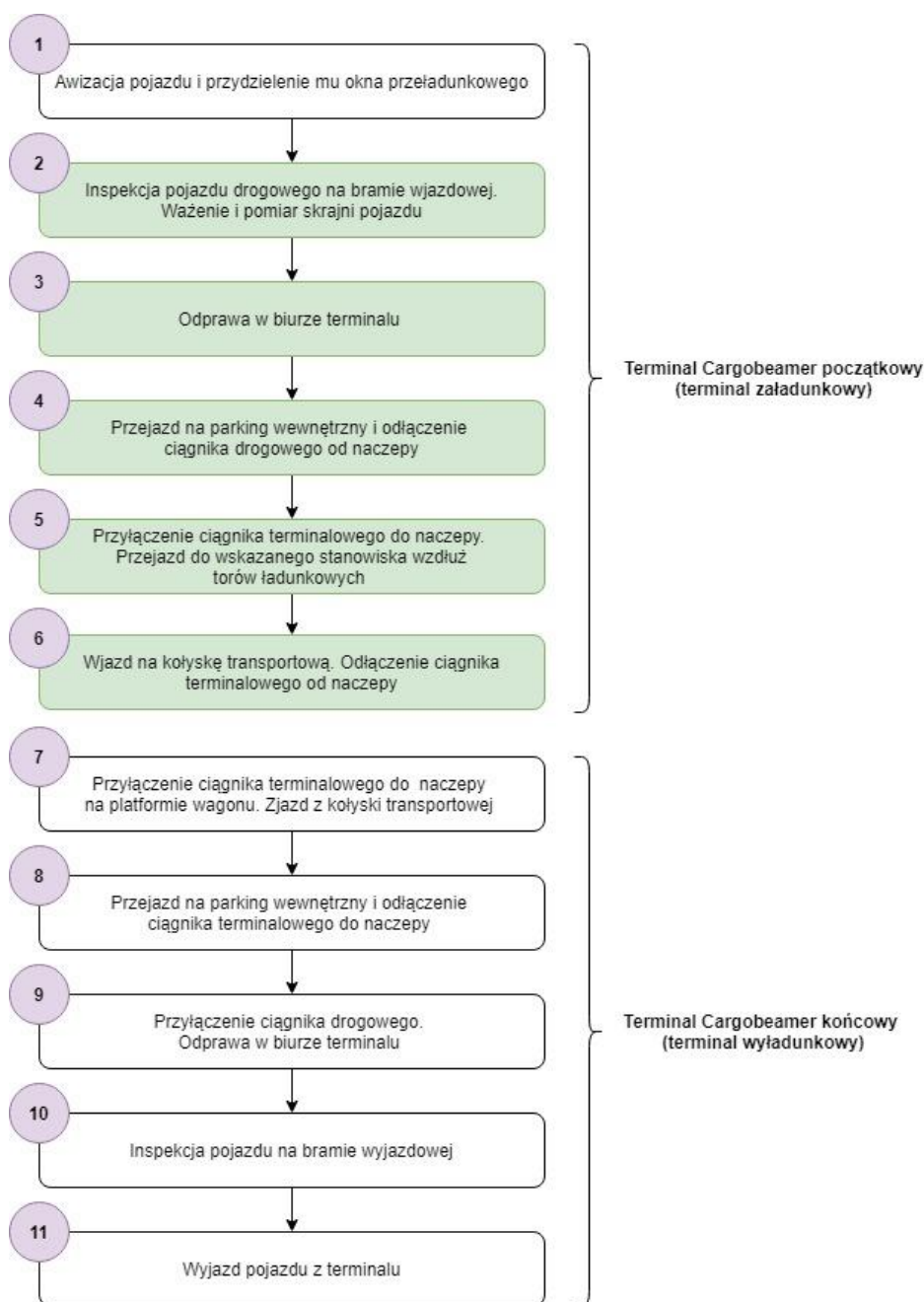
Rysunek 41. Mapa procesów na terminalu specjalistycznym Modalohr

#### 4.8. Procesy obsługi na terminalu specjalistycznym Cargobeamer

Poniżej przedstawiono schematy procesów obsługi pociągu intermodalnego oraz pojazdów drogowych na terminalu specjalistycznym Cargobeamer (rysunek 42 i 43). Kolorem zielonym oznaczono etapy procesów wykonywane w ramach przyznawanych slotów, tj. okien przeładunkowych. Dodatkowo pokazano mapę omawianych procesów na planie terminalu (rysunek 44).

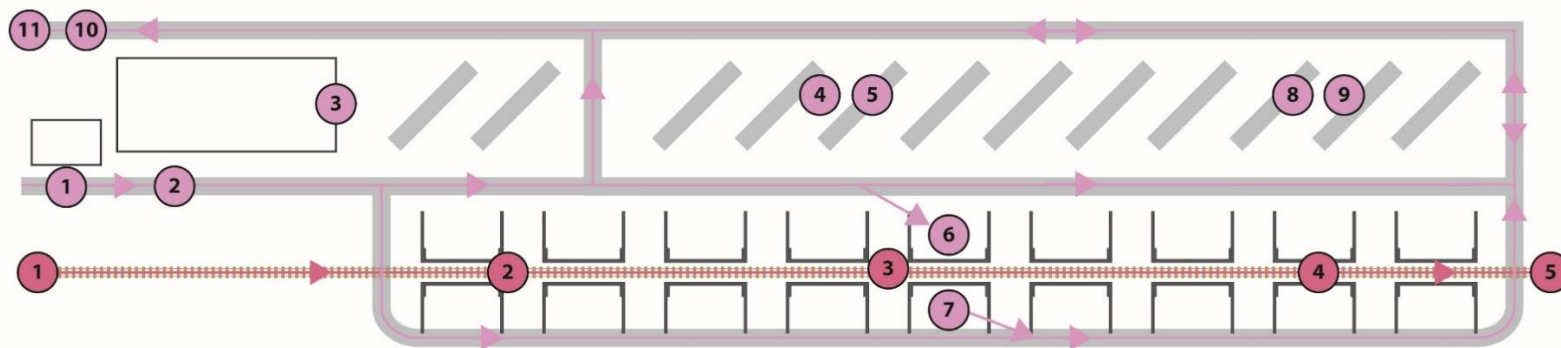


Rysunek 42. Schemat procesu obsługi pociągu intermodalnego na terminalu specjalistycznym Cargobeamer



Rysunek 43. Schemat procesu obsługi pojazdów drogowych na terminalu specjalistycznym Cargobeamer

- 1 etapy procesu obsługi środków transportu drogowego
- 1 etapy procesu obsługi środków transportu kolejowego



Rysunek 44. Mapa procesów na terminalu specjalistycznym Cargobeamer

## 5. Mierniki efektywności przeładunkowej terminali transportu kombinowanego

### 5.1. Mierniki techniczno-technologiczne

Najważniejsze mierniki efektywności terminali kombinowanych opisują i oceniają procesy składowania i przeładunku realizowane na terminalu. Pozwalają one na obiektywne porównywanie terminali i są podstawą dla procesu bieżącego monitoringu i rozwoju procesów terminalowych. Kluczowe mierniki efektywności terminali o charakterze techniczno-technologicznym obejmują:

- 1) zdolność przepustową bramy wjazdowej,
- 2) przepustowość placów składowych,
- 3) zdolność przeładunkową urządzeń przeładunkowych,
- 4) zdolność przeładunkową terminalu,
- 5) wskaźnik wykorzystania zdolności przeładunkowej terminalu.

Pierwsze trzy mierniki odnoszą się do trzech najważniejszych faz procesu obsługi terminalowej. Najmniejsza wartość spośród nich determinuje zdolność przeładunkową terminalu. A ta jest podstawą do wyznaczania wskaźnika wykorzystania zdolności przeładunkowej terminalu. Poniżej podano metodykę obliczania wszystkich mierników.

#### 5.1.1. Zdolność przepustowa bramy wjazdowej

Zdolność przepustowa bramy wjazdowej określa ilość jednostek intermodalnych, która może być obsłużona przy bramie wjazdowej terminalu w ciągu roku.

$$ZP_{RBW} = n_{BW} \cdot \frac{1440}{T_{gate}} \cdot b \cdot 360$$

gdzie:

$ZP_{RBW}$  - zdolność przepustowa bramy wjazdowej [ITU/rok],

$n_{BW}$  – liczba pasów wjazdowych,

$T_{gate}$  – średni czas odprawy jednego samochodu [min] ( $T_{gate}=5\div 15$  min),

$b$  – współczynnik transportu jednostek ITU na jednym samochodzie (dla standardowej naczepy  $b=1,75$ ).

## 5.1.2. Przepustowość placów składowych

Przepustowość placu składowego określa ilość jednostek intermodalnych, która może być obsługiwana na placach składowych terminalu w ciągu roku.

$$ZP_{RPS} = V_{PS} \cdot r = \frac{PS \cdot h \cdot w \cdot z}{p} \cdot \frac{360}{T_{\text{sr}}}$$

gdzie:

$ZP_{RPS}$  – przepustowość placów składowych [ITU/rok],

$V_{PS}$  – pojemność składowa placów [ITU],

$r$  – ilość rotacji w ciągu roku,

$PS$  – powierzchnia składowa [m<sup>2</sup>],

$h$  – ilość warstw składowania ( $h=3\div 4$  dla kontenerów),

$w$  – wskaźnik wykorzystania powierzchni placów składowych ( $w=0,45$  dla obsługi reachstackerami RST,  $w=0,60$  dla obsługi suwnicami RTG lub RMG),

$p$  – powierzchnia rzutu z góry intermodalnej jednostki ładunkowej (1 ITU) [m<sup>2</sup>],

$z$  – wskaźnik wypełnienia placów w ciągu roku ( $z=0,7\div 0,8$ ),

$T_{\text{sr}}$  – średni czas składowania ITU [dni] ( $T_{\text{sr}}= 5\div 10$  dni).

## 5.1.3. Zdolność przeładunkowa urządzeń przeładunkowych

Zdolność przeładunkowa terminalowych urządzeń przeładunkowych określa ilość jednostek intermodalnych, która może być przeładowana przez podstawowe urządzenia przeładunkowe terminalu w ciągu roku. Podstawowe urządzenia przeładunkowe na terminalach kombinowanych obejmują: suwnice RTG, suwnice RMG i reachstackery RST.

$$ZP_{RTU} = n_{TU} \cdot \frac{(W_{TU} \cdot T_d \cdot 360 \cdot G_t)}{a}$$

gdzie:

$ZP_{RTU}$  – zdolność przeładunkowa urządzeń przeładunkowych [ITU/rok],

$n_{TU}$  – ilość urządzeń przeładunkowych,

$W_{TU}$  – wydajność jednego urządzenia przeładunkowego [ITU/h] (dla suwnicy RTG lub RMG  $W_{TU}= 20\div 30$  ITU/h, dla reachstackera RST  $W_{TU}= 12$  ITU/h),

$T_d$  – średni dobowy czas pracy urządzenia przeładunkowego [h] ( $T_d=12$  godz. dla dwóch zmian i  $T_d=18$  godz. dla trzech zmian),

$G_t$  – wskaźnik gotowości technicznej urządzeń przeładunkowych ( $G_t=0,80\div 0,95$ ),

$a$  – współczynnik jednoczesnej pracy urządzeń przeładunkowych ( $a= 1,00\div 1,25$ ).



#### 5.1.4. Zdolność przeładunkowa terminalu

Zdolność przeładunkowa terminalu  $ZP_R$  jest równa najmniejszej wartości spośród:  $ZP_{RBW}$ ,  $ZP_{RPS}$ ,  $ZP_{RTU}$ .

$$ZP_R \in \{ZP_{RBW}, ZP_{RPS}, ZP_{RTU}\}$$
$$ZP_R \leq ZP_{RBW} \wedge ZP_R \leq ZP_{RPS} \wedge ZP_R \leq ZP_{RTU}$$

gdzie:

$ZP_R$  – zdolność przeładunkowa terminalu kombinowanego [ITU/rok],

$ZP_{RBW}$  – zdolność przepustowa bramy wjazdowej [ITU/rok],

$ZP_{RPS}$  – przepustowość placów składowych [ITU/rok],

$ZP_{RTU}$  – zdolność przeładunkowa urządzeń przeładunkowych [ITU/rok],

Prawidłowo skonstruowany i zorganizowany terminal kombinowany powinien posiadać zdolność przeładunkową, która jest równa lub niewiele mniejsza od wartości przepustowości placu składowego i wartości zdolności przeładunkowej urządzeń przeładunkowych. Regułą jest, że zdolność przepustowa bramy wjazdowej jest dużo większa od zdolności przeładunkowej terminalu. Jeśli jedna z trzech analizowanych wartości, tj. zdolność przepustowa bramy wjazdowej, przepustowość placów składowych lub zdolność przeładunkowa urządzeń przeładunkowych, jest dużo mniejsza od pozostałych to wyznacza tzw. „wąskie gardło” terminalu.

#### 5.1.5. Wskaźnik wykorzystania zdolności przeładunkowej terminalu

Dla zweryfikowania prawidłowej eksploatacji terminalu oblicza się wskaźnik wykorzystania zdolności przeładunkowej terminalu.

$$K = \frac{P_R}{ZP_R}$$

gdzie:

$K$  – wskaźnik eksploatacyjny terminalu,

$P_R$  – rzeczywiste przeładunki terminalu [ITU/rok],

$ZP_R$  – zdolność przeładunkowa terminalu [ITU/rok].

Prawidłowa wartość wskaźnika wynosi  $K=0,35 \div 0,50$ . Oznacza to, że terminal powinien osiągać średnie wykorzystanie swojej zdolności przeładunkowej na poziomie do 50%. W przypadku przekroczenia tego poziomu należy rozpocząć proces inwestycyjny w zakresie zwiększenia wydajności urządzeń przeładunkowych lub rozbudowy terminalu, który z natury jest procesem długotrwałym. Przekroczenie poziomu granicznego jest też wskazówką do podjęcia zmian o charakterze

organizacyjnym mających wpływ na przepustowości i zdolności przeładunkowe terminalu. Zmiany te mogą dotyczyć, m.in.:

- 1) zwiększenia wysokości składowania ITU,
- 2) skrócenia średniego czasu składowania ITU,
- 3) wydłużenia czasu pracy terminalu.

Zmiany o charakterze inwestycyjnym lub organizacyjnym powinny skutkować zmianą w postaci zwiększenia zdolności przeładunkowej. Do tej nowej wartości powinny być dostosowane zdolności i przepustowości poszczególnych faz procesów terminalowych. Przykładowo, zwiększanie wydajności urządzeń przeładunkowych, które skutkowało zwiększeniem zdolności przeładunkowych tych urządzeń, powinno być połączone z działaniami mającymi na celu zwiększenie przepustowości placów składowych. W przypadku podjęcia decyzji o zwiększeniu powierzchni do składowania jednostek intermodalnych, poniżej podano wzór na obliczenie nowej powierzchni składowej:

$$PS = \frac{ZP_F \cdot p}{h \cdot w \cdot z \cdot r}$$

gdzie:

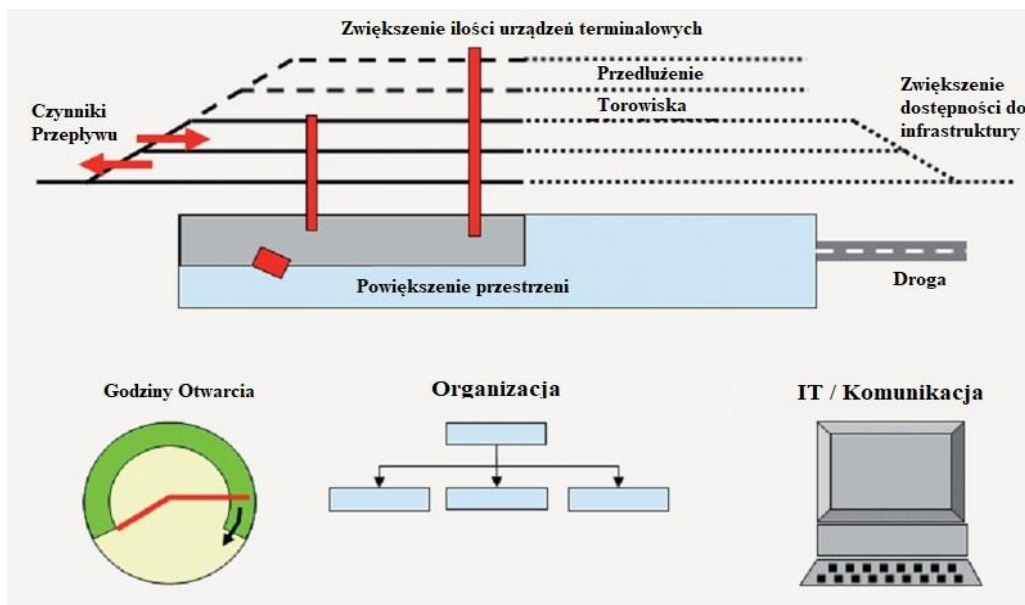
- $PS$  – nowa powierzchnia składowa [ $m^2$ ],  
 $ZP_F$  – zakładana przyszła przepustowość placów składowych [ITU/rok],  
 $p$  – powierzchnia rzutu z góry jednostki ładunkowej (1 ITU) [ $m^2$ ],  
 $h$  – ilość warstw składowania ( $h=3+4$  dla kontenerów),  
 $w$  – wskaźnik wykorzystania powierzchni placów składowych ( $w=0,45$  dla obsługi reachstackerami RST,  $w=0,60$  dla obsługi suwnicami RTG lub RMG),  
 $z$  – wskaźnik wypełnienia placów w ciągu roku ( $z=0,7-0,8$ ),  
 $r$  – ilość rotacji w ciągu roku,

## 5.2. Mierniki organizacyjno-ekonomiczne

Mierniki organizacyjno-ekonomiczne terminalu transportu kombinowanego odnoszą się do efektywności procesów zachodzących na terminalu. Mierniki te służą monitoringowi i poprawie o charakterze ilościowym i jakościowym poszczególnych procesów terminalowych i odpowiednich dla nich zadań. Poprawa organizacji procesów przeładunkowych i składowych terminalu wiąże się z wieloma działaniami obejmującymi poprawę dostępu do infrastruktury transportowej i urządzeń przeładunkowych (działania inwestycyjne) a także poprawę jakości pracy terminalu (usprawnienia organizacyjno-procesowe). Najważniejsze obszary działań związanych z zarządzaniem pracą

terminalu przedstawiono na rysunku 45. W zakresie poprawy organizacji procesów przeładunku i składowania na terminalu, działania przekładające się na mierzalne efekty tych działań obejmują<sup>18</sup>:

- 1) dostosowanie do sieci połączeń intermodalnych,
- 2) rozwój kompleksowych usług logistycznych związanych ze składowaniem, magazynowaniem i przeładunkiem,
- 3) rozwój narzędzi informatycznych wspomagających zarządzanie terminalem,
- 4) dedykowane systemy zarządzania terminalem,
- 5) system zachęt i kar dla lepszego wykorzystania placów składowych,
- 6) automatyczną identyfikację ładunków i pojazdów,
- 7) wprowadzenie awizacji procesów przeładunkowo-składowych,
- 8) zwiększenie punktualności obsługi środków transportu i ładunków.



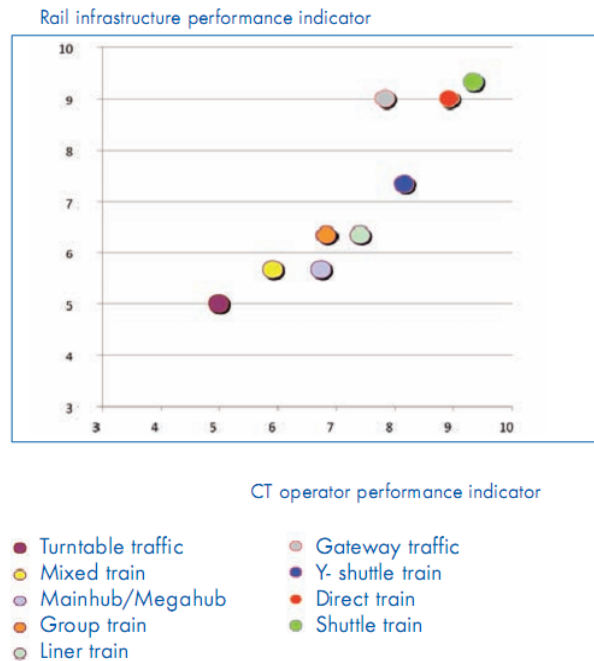
Rysunek 45. Metody poprawy efektywności procesów terminalu kombinowanego

Źródło: Best practices for the management of combined transport terminals, DIOMIS Project (Workpackage A4), 2007.

Terminal kombinowany obsługuje środki transportu, spośród których priorytet mają regularne pociągi intermodalne i połączenie barkowe. Ścisła współpraca z dużymi operatorami transportu intermodalnego zapewnia duże obroty ładunkowe, ale warunkiem jest wysoka jakość obsługi na terminalu. Potencjał przeładunkowo-składowy terminalu szynowo-drogowego powinien spełniać wysokie wymagania związane z obsługą pociągów intermodalnych kursujących z dużą częstotliwością według stałego rozkładu jazdy rozwijając prędkość na trasie do 160 km/h. Z punktu widzenia klientów

<sup>18</sup> Na podstawie: Best practices for the management of combined transport terminals, DIOMIS Project (Workpackage A4), 2007.

terminalu oczekiwane jest przekształcenie pociągów blokowych i liniowych (blok train, liner train) w bezpośrednie pociągi wahadłowe (direct train, shuttle train) (rys. 46). Ilość obsługiwanych regularnych pociągów wahadłowych jest miarą efektywności pracy terminalu i wyznacznikiem jego pozycji w sieci transportowo-logistycznej.



Rysunek 46. Efektywność kolejowych połączeń intermodalnych

Źródło: AGENDA 2015 for Combined Transport in Europe, DIOMIS Project, [www.uic.asso.fr/diomis/](http://www.uic.asso.fr/diomis/).

Efektywność działań związanych z rozwojem kompleksowych usług logistycznych związanych ze składowaniem, magazynowaniem i przeładunkiem można mierzyć ilością usług oferowanych przez terminal. Usługi te obejmują m.in.: obsługę dokumentacyjną, kompletowanie, przepakowywanie ładunku, formowanie jednostki ładunkowej i zapewnianie ubezpieczenia ładunku.

Rozwój narzędzi informatycznych wspomagających zarządzanie terminalem i profesjonalnych platform komunikacyjnych dla potrzeb biznesowych jest w obecnych czasach niezbędnym elementem rozwoju terminali transportu kombinowanego. W przypadku gdy operatorzy logistyczni chcą oferować swoje usługi w jak najszerszym zakresie oraz jak najwyższej jakości brak rozwiązań informatycznych wspomagających działania terminalu stanowi poważną przeszkodę w jego rozwoju. Obecnie głównym miernikiem efektywności terminalu jest poziom zaawansowania systemu TOS (Terminal Operating System), czyli ilości wdrożonych modułów systemu i ich funkcjonalności. Obecność systemu TOS według badań<sup>19</sup> zwiększa efektywność pracy terminalu o około 5-10%, co przekłada się na zysk

<sup>19</sup> Best practices for the management of combined transport terminals, DIOMIS Project (Workpackage A4), 2006, ISBN: 2-7461-1308-2.

ekonomiczny terminalu. Przykładami stosowanych obecnie systemów TOS są: BLU, GOAL, INTERMAN, KLV2000, TESS. Stosuje się również dedykowane systemy zarządzania terminalem, które są lepiej dostosowane do warunków i potrzeb danego terminalu. Takie rozwiązanie wiąże się z koniecznością integracji systemu terminalowego ze standardami teleinformatycznymi sieci logistycznej, które często wyznacza istniejąca platforma informatyczna współdzielona przez różnych operatorów transportu intermodalnego. Dedykowane systemy zarządzania terminalem rzadko wprowadza się w mniejszych terminalach, które nie są elementem sieci logistycznej dużych operatorów ze względu na stosunek kosztów do zysku względem systemów ogólnodostępnych.

Poprawa efektywności procesów terminalowych może nastąpić poprzez wprowadzenie systemu zachęt oraz kar dla lepszego wykorzystania placów składowych. Działania motywujące mają charakter finansowy i są ujęte w cenie terminalu i umowach z klientami terminalu. Wymuszają one większą rotację na wydzielonych miejscach składowych terminalu poprzez egzekwowanie terminów odbioru składowanych jednostek ładunkowych.

Automatyczna identyfikacja ładunków i pojazdów ma istotny wpływ na poprawę efektywności pracy terminalu transportu kombinowanego. Zaletami wprowadzenia automatycznej i półautomatycznej identyfikacji jest przyspieszenie procesu przyjęcia ładunku na terminalu poprzez automatyczne opracowanie dokumentacji ładunku przez system informatyczny obecny na terminalu. W przypadku wersji półautomatycznej część zadań jest przenoszona na operatora systemu. Istnieją dwa podstawowe typy automatycznej lub półautomatycznej identyfikacji. Pierwszy z nich to powszechnie stosowany system bramowy, w którym na drogach wjazdowych do terminalu montowane są bramy (portale) wyposażone w kamery (rys. 47). Na podstawie zdjęć następuje identyfikacja i ocena stanu środka transportu i jednostek ładunkowych, po czym automatycznie generowane są odpowiednie dokumenty w systemie. Drugi typ automatycznej lub półautomatycznej identyfikacji wykorzystuje chipy RFID<sup>20</sup>, które są umieszczane w jednostkach ładunkowych i pojazdach. Przy pomocy sygnałów radiowych przekazują wszystkie potrzebne informacje do odbiorników znajdujących się na wjeździe do terminalu. Ten system identyfikacji jest stosowany rzadziej ze względu na dodatkowe koszty po stronie klientów terminalu i konieczność integracji technicznej w sieci logistycznej.

---

<sup>20</sup> RFID - Radio Frequency Identification.



Rysunek 47. Półautomatyczna identyfikacja na bramie terminalu kombinowanego szynowo-drogowego  
Źródło: [www.pccintermodal.pl/terminal-kutno/](http://www.pccintermodal.pl/terminal-kutno/)

Często podejmowanym działaniem prowadzącym do poprawy efektywności pracy terminalu jest wprowadzenie awizacji procesów przeładunkowo-składowych. Wiąże się to wprost z systemem przydzielania okien czasowych dla poszczególnych środków transportu obsługiwanych na terminalach. Dodatkowo, stosuje się elektroniczne zawiadomienia o etapie na jakim znajduje się środek transportu, który jedzie do terminalu. System awizacji jest korzystny dla terminalu, przewoźników i końcowych odbiorców poprawiając punktualność dostaw w całym łańcuchu logistycznym.

Zwiększenie punktualności obsługi środków transportu i ładunków na terminalu jest wynikiem szeregu działań organizacyjnych obejmujących: poprawę dostępności urządzeń przeładunkowych i placów składowych, zwiększanie automatyzacji procesów, wprowadzenie priorytetyzacji obsługiwanych środków transportu i jednostek ładunkowych, zwiększenie elastyczności czasu pracy i zajmowanych stanowisk pracy załogi terminalu, zwiększanie motywacji załogi terminalu. Działania mają na celu dostosowanie potencjału terminalu dla zmiennego popytu na jego usługi przeładunkowo-składowe. Miernikiem punktualności obsługi środków transportu i ładunków na terminalu jest ilość spóźnień wynikłych z winy terminalu i związanych z nimi odszkodowań na rzecz klientów.

## Wnioski

Przedstawiona analiza pozwala na zapoznanie się z współczesnym stanem techniki i organizacji procesów terminali transportu kombinowanego w Europie. Spośród innych dostępnych publikacji naukowych i projektowych wyróżnia tę analizę skupienie się na terminalach lądowych, z uwzględnieniem terminali z dostępem do śródlądowych dróg wodnych, z pominięciem terminali w portach morskich. Wszystkie analizowane terminale koncentrują się na obsłudze intermodalnych jednostek ładunkowych, czyli kontenerów, nadwozi wymiennych, naczep siodłowych i całych zestawów drogowych, przy zastosowaniu technologii transportu kombinowanego. Ponieważ opracowanie ma charakter kompleksowej i jednocześnie przystępnej analizy, należy je traktować jako wypełnienie luki na rynku publikacji z obszaru transportu i logistyki.

Cel, jakim była klasyfikacja i dokładna analiza techniczno-eksploatacyjna terminali transportu kombinowanego, z naciskiem na analizę realizowanych przez te terminale procesów obsługi ładunkowej, został osiągnięty. Rozdziały analizy odnoszą się do poszczególnych obszarów badawczych i są wzajemnie powiązane poprzez konsekwentne odnoszenie się do tych samych reprezentatywnych typów terminali, elementów infrastruktury i kategorii wyposażenia przeładunkowego. Zaproponowanie autorskiej wielokryterialnej klasyfikacji i standaryzacja nazewnictwa w zakresie technologii i procesów transportu kombinowanego wydają się być jednymi z ważniejszych osiągnięć niniejszej analizy.

Dodatkowym celem opracowania jest stworzenie kompendium wiedzy praktycznej, która będzie służyła wsparciu dla decyzji inwestycyjnych w zakresie budowy lub modernizacji terminali transportu kombinowanego, w szczególności na poziomie inwestorów instytucjonalnych. Inwestycje infrastrukturalne związane z budową terminali kombinowanych wymagają uwzględnienia szerokiego spektrum czynników o charakterze techniczno-technologicznym, ekonomicznym oraz społecznym. Ta analiza odnosi się w sposób obiektywny do czynników techniczno-technologicznych i organizacyjnych, które są podstawą kalkulacji ekonomicznych.

Zwiększony popyt na przewozy realizowane w transporcie intermodalnym w Europie jest bezpośrednim powodem dla inwestycji terminalowych. Szczególnie w Europie Środkowej i Wschodniej, która charakteryzuje się dużym potencjałem dla dużo większego wykorzystania jednostek intermodalnych w procesach transportowo-logistycznych, można wskazać wiele przedsięwzięć w zakresie modernizacji i budowy terminali kombinowanych. Taka inicjatywa realizowana przez Miasto Bydgoszcz jest również inspiracją dla realizacji niniejszej analizy. Biorąc pod uwagę przede wszystkim zewnętrzne uwarunkowania rynkowe dla budowy nowego terminalu w tej części Europy, istnieje potrzeba sformułowania rekomendacji dla potencjalnych inwestorów i operatorów terminali. Te rekomendacje i zidentyfikowane rozwiązania umożliwiające poprawę efektywności terminali w RMB obejmują:

- 1) Prace studyjne przygotowujące do inwestycji infrastrukturalnej powinny objąć dokładną prognozę popytu na usługi transportu intermodalnego w perspektywie do 30 lat. Należy określić kategorię węzła transportowego, w którym zlokalizowany będzie terminal, biorąc pod uwagę podział na węzły międzynarodowe, krajowe i lokalne. Konieczne jest określenie potencjału gospodarczego rejonu ciężenia terminalu, tzn. ilości ładunków podatnych na zjednostkowanie, które generuje przemysł i ludność w obszarze bliskiego i dalszego zaplecza. Jako dalsze zaplecze zaleca się przyjęcie maksymalny 90 minutowy czas dojazdu do terminalu transportem drogowym.
- 2) Wybór lokalizacji terminalu powinien mieć charakter wielokryterialny, z czego najważniejsze grupy kryteriów są związane z dostępem do infrastruktury transportowej i potencjałem gospodarczym bezpośredniego sąsiedztwa terminalu. W pierwszej grupie kryteriów preferowane są lokalizacje z dostępem do infrastruktury transportowej o znaczeniu międzynarodowym, o ile to możliwe będące częścią infrastruktury bazowej sieci TEN-T. Tam, gdzie to możliwe, powinny być budowane terminale trójmodalne, z dostępem do sieci dróg wodnych. W drugiej grupie kryteriów preferencje dotyczą dużych obszarów, tj. dla dużych terminali szynowo-drogowych wskazane są obszary powyżej 50 ha, najlepiej w pobliżu stref gospodarczych lub ekonomicznych.
- 3) Dobór podstawowych i uzupełniających urządzeń przeładunkowych powinien mieć charakter wieloetapowego procesu inwestycyjnego. Należy zwiększać ilość i zdolność przeładunkową terminalu wraz ze zwiększaniem się potrzeb przeładunkowo-składowych. Kluczowe jest uniknięcie przeinwestowania w zakresie infrastruktury i elementów wyposażenia terminalu oraz jak najszybsze rozpoczęcie usług przeładunkowych. Ma to na celu przyzwyczajenie przewoźników i operatorów transportu intermodalnego do nowego terminalu i oferowanych przez niego usług w sieci transportowo-logistycznej. Najczęściej spotyka się w praktyce rynkowej stopniowe przejście od podstawowych procesów przeładunkowych realizowanych za pomocą reachstackerów, poprzez stopniowe zwiększanie potencjału przeładunkowego o suwnice (RTG lub RMG), aż do wdrożenia szerokiego spektrum usług przeładunkowo-składowych na wielu frontach ładunkowych terminalu. Ta ostatnia sytuacja wiąże się z powiązaniem terminalu z jednym dużym lub kilkoma centrami logistycznymi stanowiącymi gwarancje stałego utrzymania dużych przeładunków, tj. na poziomie powyżej 0,1 mln ITU.
- 4) Nowy terminal powinien być zarządzany przy użyciu dedykowanego systemu typu TOS, który powinien mieć możliwość rozbudowy wraz z rozwojem usług terminalu. Terminal powinien być dostosowany do stopniowej automatyzacji procesów, zaczynając od awizacji i obsługi na bramie terminalu, aż do wybranych operacji przeładunkowych. Nie oznacza to jednak, że terminal konwencjonalny przekształci się w pełni automatyczny terminal kombinowany. Bariery technologiczne i społeczne będą silnie uniemożliwiły ten proces. Istotne jest już dzisiaj, aby nowy terminal miał możliwość pełnego monitoringu energetycznego i śledzenia swojego śladu węglowego, tj. wielkości emisji CO<sub>2</sub>.



## Bibliografia

AGENDA 2015 for Combined Transport in Europe, DIOMIS Project, [www.uic.asso.fr/diomis/](http://www.uic.asso.fr/diomis/).

Best practices for the management of combined transport terminals, DIOMIS Project (Workpackage A4), 2007, ISBN: 2-7461-1308-2.

Cargo Beamer baut Terminal in Calais - Sieben Millionen Euro aus EU-Fördermitteln, 27.08.2019, [www.eurotransport.de/](http://www.eurotransport.de/)

Combined Transport Directive 92/106/EEC, European Commission, SWD(2016) 141 final

Jacyna-Golda I., Murawski J., Problem wyznaczania optymalnej lokalizacji terminali transportu intermodalnego, *Logistyka* 2/2015.

Jacyna M., Pyza D., Jachimowski R., Transport Intermodalny - Projektowanie Terminali Przeładunkowych, PWN, Warszawa, 2018.

Komsta H., Rybicka I., Bukova B., Brumerčikova E., The Case Study of the Cargobeamer System Use in Rail Transport in Slovakia; *Transport Problems*; Volume 13 Issue 3; 2018.

Kostrzewski A., Nader M., Analiza zagadnienia projektowania lądowych terminali przeładunkowych dla transportu intermodalnego, *Logistyka* 2/2015

Marek R., Rola Terminali Kontenerowych W Kształtowaniu Bezpieczeństwa Przepływu Ładunków Skonteneryzowanych; *Logistyka* 1/2013.

Mindur L., Pawęska M., Methods of Promoting Intermodal Transport Development in The Federal Republic of Germany, France And Italy In Years 1990-2016 – Conclusions for Poland; *Transport Problems* 2/2019.

Monios J., Bergqvist R., *Intermodal Freight Transport&Logistics*, CRC Press by Taylor&Francis, 2017.

Nader M., Kostrzewski A., Przewozy naczep oraz zestawów drogowych w ramach wybranych technologii intermodalnych; *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport* 111/2016.

Peterlini E., *Maritime Technologies for Intermodal Transport*, ITIP – D1 (Annex 3), 2001.

Poliński J., Podsystemy transportu intermodalnego. Część I, *Prace Instytutu Kolejnictwa, Zeszyt* 154(2017).

Pyza D., Piątek M., Terminale intermodalne i ich znaczenie w łańcuchach dostaw, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport* 119/2017.

Sirikijpanichkul A., Ferreira, L., Multi-Objective Evaluation of Intermodal Freight Terminal Location Decisions, *Proceedings of the 27th Conference of Australian Institute of Transport Research (CAITR)*, Queensland University of Technology, 7-9 December 2005.

Stokłosa J., Cisowski T., Erd A., Terminale przeładunkowe jako elementy infrastruktury sprzyjające rozwojowi łańcuchów transportu intermodalnego, Logistyka 3/2014.

Transport intermodalny w Polsce w 2018 r., Główny Urząd Statystyczny, 2019.

## Strony internetowe

[cargobeamer.eu](http://cargobeamer.eu)

[clmalaszewicze.pl](http://clmalaszewicze.pl)

[ec.europa.eu](http://ec.europa.eu)

[ect.nl](http://ect.nl)

[forkliftaction.com](http://forkliftaction.com)

[gantrycranedesign.com](http://gantrycranedesign.com)

[hyster.pl](http://hyster.pl)

[infrastruktur.oebb.at](http://infrastruktur.oebb.at)

[lohr.fr](http://lohr.fr)

[mantsinen.com](http://mantsinen.com)

[metrans.eu](http://metrans.eu)

[mi-jack.com](http://mi-jack.com)

[myservices.ect.nl](http://myservices.ect.nl)

[pccintermodal.pl](http://pccintermodal.pl)

[pesahyster.com.br](http://pesahyster.com.br)

[tradus.com](http://tradus.com)

[transportgeography.org](http://transportgeography.org)

[uniktruck.com](http://uniktruck.com)

[verhoex.com](http://verhoex.com)

## Spis rysunków

Rysunek 1. Klasyfikacja terminali transportu kombinowanego ze względu na powiązanie terminalu z centrum logistycznym.....	7
Rysunek 2. Klasyfikacja terminali transportu kombinowanego według miejsca i roli terminalu w sieci transportowo-logistycznej.....	9
Rysunek 3. PCC Intermodal Terminal w Kutnie .....	14
Rysunek 4. Terminal szynowo-drogowy duży .....	15
Rysunek 5. METRANS Terminal w Pruszkowie .....	16
Rysunek 6. Terminal szynowo-drogowy mały .....	17
Rysunek 7. DeCeTe Duisburg Terminal.....	18
Rysunek 8. Rzeczny terminal trójmodalny .....	18
Rysunek 9. PKP CARGO Centrum Logistyczne Małaszewicze .....	20
Rysunek 10. Terminal graniczny z torami kolejowymi o dwóch rozstawach szyn.....	20
Rysunek 11. Rail Freight Centre Wörgl.....	21
Rysunek 12. Ro-La terminal .....	22
Rysunek 13. Aiton Terminal .....	23
Rysunek 14. Terminal transportu kombinowanego w technologii Modalohr .....	23
Rysunek 15. Projekt terminalu kombinowanego w Transmarck-Turquerie Logistics Hub .....	25
Rysunek 16. Terminal transportu kombinowanego w technologii Cargobeamer .....	25
Rysunek 17. Suwnica STS w terminalu rzeczny trójmodalnym.....	29
Rysunek 18. Żuraw nabrzeżny samobieżny.....	30
Rysunek 19. Suwnica placowa na szynach (RMG) .....	30
Rysunek 20. Suwnica placowa na kołach (RTG).....	31
Rysunek 21. Wóz kontenerowy wysięgnikowy reachstacker (RST).....	31
Rysunek 22. Mechanizm przeładunkowy wbudowany w tory ładunkowe terminalu Modalohr .....	34
Rysunek 23. Wóz podnośnikowy do przeładunku kontenerów pustych (ECH).....	35
Rysunek 24. Roll-trailer załadowany dwoma nadwoziami wymiennymi .....	36
Rysunek 25. Ciągnik terminalowy: do naczep drogowych (po lewej) i roll-trailerów (po prawej) .....	36
Rysunek 26. Stanowiska przeładunkowe na terminalu specjalistycznym Modalohr .....	40
Rysunek 27. Stanowisko przeładunkowe na terminalu specjalistycznym Cargobeamer.....	41
Rysunek 28. Terminal szynowo-drogowy z czołowym układem torów kolejowych .....	46
Rysunek 29. Terminal szynowo-drogowy z przejazdowym układem torów kolejowych .....	46
Rysunek 30. Schemat procesu obsługi pociągu intermodalnego na terminalu szynowo-drogowym dużym.....	48
Rysunek 31. Schemat procesu obsługi pojazdów drogowych na terminalu szynowo-drogowym dużym .....	49

Rysunek 32. Mapa procesów na terminalu szynowo-drogowym dużym .....	50
Rysunek 33. Schemat procesu obsługi barki kontenerowej na terminalu rzeczny trójmodalnym .....	51
Rysunek 34. Schemat procesu obsługi pociągów kontenerowych na terminalu rzeczny trójmodalnym .....	52
Rysunek 35. Mapa procesów na terminalu rzeczny trójmodalnym.....	53
Rysunek 36. Schemat procesu obsługi pociągu intermodalnego na terminalu Ro-La .....	54
Rysunek 37. Schemat procesu obsługi pojazdów drogowych na terminalu Ro-La .....	55
Rysunek 38. Mapa procesów na terminalu Ro-La .....	56
Rysunek 39. Schemat procesu obsługi pociągu intermodalnego na terminalu specjalistycznym Modalohr .....	57
Rysunek 40. Schemat procesu obsługi pojazdów drogowych na terminalu specjalistycznym Modalohr .....	58
Rysunek 41. Mapa procesów na terminalu specjalistycznym Modalohr .....	59
Rysunek 42. Schemat procesu obsługi pociągu intermodalnego na terminalu specjalistycznym Cargobeamer.....	60
Rysunek 43. Schemat procesu obsługi pojazdów drogowych na terminalu specjalistycznym Cargobeamer.....	61
Rysunek 44. Mapa procesów na terminalu specjalistycznym Cargobeamer .....	62
Rysunek 45. Metody poprawy efektywności procesów terminalu kombinowanego .....	67
Rysunek 46. Efektywność kolejowych połączeń intermodalnych .....	68
Rysunek 47. Półautomatyczna identyfikacja na bramie terminalu kombinowanego szynowo-drogowego.....	70

## Spis tabel

Tabela 1. Podział terminali kombinowanych.....	6
Tabela 2. Klasyfikacja terminali kombinowanych.....	10
Tabela 3. Przyporządkowanie urządzeń przeładunkowych do typów terminali transportu kombinowanego.....	27
Tabela 4. Porównanie parametrów eksploatacyjnych suwnic RTG i RMG .....	32
Tabela 5. Porównanie parametrów eksploatacyjnych urządzeń przeładunkowych RST i ECH .....	33
Tabela 6. Wady i zalety wybranych urządzeń przeładunkowych.....	37
Tabela 7. Usługi terminalu kombinowanego .....	43
Tabela 8. Formularz danych do obsługi pociągu intermodalnego w oknie terminalowym.....	47