



Józef Jonak
Aleksander Nieoczym

Logistyka w obszarze produkcji i magazynowania



PODDRĘCZNIKI

Logistyka w obszarze produkcji i magazynowania

Podręczniki – Politechnika Lubelska



Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
ul. Nadbystrzycka 36
20-618 LUBLIN

Józef Jonak
Aleksander Nieoczym

Logistyka w obszarze produkcji i magazynowania



Politechnika Lubelska
Lublin 2014

Recenzent:

dr hab. inż. Paweł Drożdziel, prof. Politechniki Lubelskiej

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2014

ISBN: 978-83-7947-022-8

Wydawca: Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin

Realizacja: Biblioteka Politechniki Lubelskiej

Ośrodek ds. Wydawnictw i Biblioteki Cyfrowej

ul. Nadbystrzycka 36A, 20-618 Lublin

tel. (81) 538-46-59, email: wydawca@pollub.pl

www.biblioteka.pollub.pl

Druk: TOP Agencja Reklamowa Agnieszka Łuczak

www.agencjapollub.pl

Elektroniczna wersja książki dostępna w Bibliotece Cyfrowej PL www.bc.pollub.pl

Nakład: 100 egz.

Spis treści

1. Wiomości ogólne dotyczące magazynowania	9
1.1. Rodzaje zasobów magazynowych	10
1.2. Rozwój i unowocześnienie struktur magazynowych	12
2. Logistyka przepływu materiałów przez strefy magazynowe	14
2.1. Metody składowania towarów	14
2.2. Zadania logistyczne przepływu	17
2.3. Program transportu	19
2.4. Analiza graficzna strumieni materiałów	24
2.4.1. Wykres przepływu materiałów	24
2.4.2. Karty procesowe	26
3. Opakowania	29
3.1. Podział opakowań	30
3.1.1. Opakowania papierowe	32
3.1.2. Opakowania metalowe	32
3.1.3. Opakowania z tworzyw sztucznych	34
3.1.4. Opakowania z drewna	35
3.2. Standaryzacja ładunków i system wymiarowy opakowań	37
3.3. Palety	40
3.4. Pojemniki	44
3.5. Pakiety	47
3.6. Kontenery	48
3.6.1. Charakterystyka wybranych kontenerów	51
3.7. Paletyzacja przedmiotowa	58
4. Regały magazynowe	62
4.1. Regały półkowe	62
4.2. Regały paletowe gniazdowe	65
4.3. Regały dynamicznego składowania	66
4.3.1. Regały przepływowe	66
4.3.2. Regały grawitacyjne	71
4.3.3. Regały do pojemników i pudełek	72
4.4. Regały wjazdne	74
4.5. Regały przesuwne	76
4.6. Regały wspornikowe	77
4.7. Regały okrężne	78
4.8. Regały windowe	80
4.9. Regały tunelowe	83
5. Charakterystyka wybranych środków transportu wewnętrznego	85
5.1. Przenośniki toczne	85
5.1.1. Przenośniki wałkowe do transportu palet	85
5.1.2. Przenośniki wałkowe do transportu skrzynek i paczek	87

5.1.3. Wyposażenie dodatkowe przenośników wałkowych	89
5.2. Przenośniki ciągnowe	91
5.2.1. Przenośniki taśmowe nieckowe	92
5.2.2. Przenośniki taśmowe płaskie	94
5.3. Transportery płytkowe	95
5.4. Przenośniki łańcuchowe	96
5.5. Systemy transportu podwieszonego	97
5.6. Przenośniki o zmiennej długości	99
5.6.1. Przenośniki rozciągane	99
5.6.2. Przenośniki teleskopowe	99
5.7. Przenośniki pionowe	101
5.7.1. Przenośniki windowe	101
5.7.2. Przenośniki platformowe	102
5.7.3. Przenośnik indeksowy	102
5.7.4. Przenośniki spiralne	104
5.8. Zewnętrzne ciągi transportowe	106
5.9. Urządzenia do manipulacji paletami	108
5.9.1. Zamienniki palet	108
5.9.2. Urządzenia do pakowania	109
5.10. Zaopatrzenie materiałowe w trybie <i>milk run</i>	111
6. Wózki widłowe	114
6.1. Charakterystyka wybranych typów wózków widłowych	115
6.1.1. Wózki wielokierunkowe	115
6.1.2. Wózki do komisjonowania	117
6.1.3. Wózki przegubowe	119
6.1.4. Wózki VNA	120
6.1.5. Wózki sterowane automatycznie	121
6.2. Wyposażenie dodatkowe wózków widłowych	122
6.3. Systemy bezpieczeństwa	125
6.3.1. System MGA–L	126
6.3.2. System SGA	127
6.3.3. System DCS	128
6.3.4. Kontrola masy ładunku	128
6.3.5. System aktywnej kontroli kołysania	129
6.4. Ogólne zalecenia BHP przy pracach wózkami	131
7. Środki manipulacji prostej	132
7.1. Układnice	132
7.1.1. Układnice paletowe	133
7.1.2. Układnice pojemnikowe	136
7.2. Dźwignice	139
7.2.1. Suwnice	140
7.2.2. Żurawie	145

7.3. Ocena intensywności pracy dźwignic i ich mechanizmów	147
8. Formowanie jednostek wysyłkowych	152
8.1. Systemy i rodzaje kompletacji	152
8.1.1. Systemy kompletacji w miejscu składowania	153
8.1.2. Systemy kompletacji w strefie kompletacji	154
8.2. Kompletacja jako punkt krytyczny w procesie logistycznym	158
8.3. Metody automatyzacji procesów kompletacji	163
8.4. System kompletacji Pick-by-Light	168
8.5. Cross-docking	172
9. Modernizacja systemów magazynowych	175
9.1. Konfigurowanie ustawienia regałów magazynowych	175
9.2. Wpływ rodzaju wózka widłowego na powierzchnię magazynową	182
9.3. Automatyzacja czynności składowania	184
10. Obliczanie układów transportu wewnętrznego	187
10.1. Przepływ materiału w pomieszczeniu magazynowym	187
10.2. Rodzaje układów transportowych i ich elementy	188
10.3. Wydajność elementów układu transportowego	191
10.3.1. Wydajność środków o działaniu ciągłym	191
10.3.2. Wydajność środków o działaniu przerywanym	192
10.4. Zasady i warunki przepływu materiałów w układach transportowych	193
10.5. Zasady spiętrzania ładunków	195
10.6. Pracochłonność procesu przepływu materiałów	197
10.7. Liczba potrzebnych środków transportowych	198
10.8. Nakłady i koszty w transporcie wewnętrznym	199
10.8.1. Struktura nakładów i kosztów	199
10.8.2. Robocze i godzinowe koszty utrzymania	200
10.8.3. Robocze i godzinowe koszty robocizny	202
10.9. Outsourcing logistyki	203
11. Nadzór nad przepływem części w magazynie, sterowanie zapasami	205
11.1. Wybrane narzędzia Lean Manufacturing	205
11.2. System Kanban	207
11.3. Systemy informatyczne w logistyce	214
11.4. Systemy WMS	218
11.5. Identyfikacja i kody kreskowe	220
11.6. Systemy informatyczne w zarządzaniu magazynem	222
11.6.1. Wykorzystanie technologii high-tech	223
11.6.2. Automatyzacja procesów kompletacji	225
12. Infrastruktura magazynowa	227
12.1. Elementy magazynowych frontów przeładunkowych	227
12.2. Bramy	230
13. Normy techniczne w transporcie	235
Literatura	239

1. Wiadomości ogólne dotyczące magazynowania

Magazyn to jednostka funkcjonalno-organizacyjna przeznaczona do magazynowania dóbr materialnych (zapasów) w wyodrębnionej przestrzeni budowli według ustalonej technologii, wyposażona w odpowiednie urządzenia i środki techniczne do zarządzania i obsługiwanego przez zespół ludzi. Magazynowanie to zespół czynności związanych z czasowym przyjmowaniem, przechowywaniem, kompletowaniem, przemieszczaniem, ewidencjonowaniem, kontrolowaniem i wydawaniem dóbr materialnych (inaczej zapasów). Pojęciem pokrewnym jest składowanie – zbiór czynności związanych z umieszczeniem (ułożeniem) zapasów na przestrzeni składowej budowli magazynowej, w sposób usystematyzowany odpowiednio do właściwości zapasów i istniejących warunków.

Magazyny to miejsca, w których gromadzi się zapasy, stąd funkcje spełniane przez magazyn można określić jako pochodne strumieni przepływających zapasów i ich charakteru. W miejscu, gdzie następuje przecięcie co najmniej dwóch strumieni zapasu w celu zmiany ich charakteru i przepływu w czasie, pojawia się magazyn.

Zapasy magazynowe spełniają między innymi następujące funkcje:

- stanowią ochronę przed niepewnością dostaw dla przedsiębiorstw przemysłowych i handlowych, w wyniku której mogłyby zostać zakłócony tok produkcji bądź sprzedaży; niepewność ta może dotyczyć rozmiaru dostawy, czasu jej otrzymania oraz jakości,
- zapewniają ciągłość dostaw w przypadku produkcji sezonowej i zużycia całorocznego,
- umożliwiają zaspokojenie szczytowego zapotrzebowania w przypadku produkcji całorocznej i krótkoterminowego wysokiego zużycia,
- umożliwiają zakup partii surowca spowodowanego dominacją sprzedającego nad odbiorcą, gdy minimum sprzedaży przekracza potrzeby odbiorcy,
- pozwalają na prowadzenie gry rynkowej przy wykorzystaniu koniunktury i dekoniunktury cenowej w różnych aspektach (mogą to być też aspekty spekulacyjne),
- umożliwiają wąską specjalizację produkcji, gdyż w magazynach następuje zamiana asortymentów typowo produkcyjnych pierwotnych na bogaty asortyment handlowy; wynika to ze spływu do magazynu produkcji z wielu zakładów, w ten sposób w zapasach zostaje zgromadzona paleta różnych asortymentów, niejednokrotnie komplementarnych,
- pozwalają na dostosowanie zapasów do potrzeb wynikających z preferencji odbiorców,

- umożliwiają sprzedaż dużych partii wyrobów, np. przy wysyłce drogą morską, kiedy bukowany statek jednorazowo zabiera znaczną ilość zapasów,
- stanowią czynnik pozwalający łagodzić skutki rozrzutu przestrzennego dostawców i odbiorców w skali krajowej i światowej,
- stanowią istotny element kanałów dystrybucji, umożliwiając kształtowanie określonego poziomu obsługi klienta,
- pozwalają na wyrównywanie wahań podaży i popytu na rynku oraz wahań wielkości zużycia surowców w przedsiębiorstwach produkcyjnych.

Uwzględniając wyżej wymienione zadania magazynowe, możemy stwierdzić, że magazyn charakteryzują następujące elementy:

- dobra materialne (zapasy materiałowe, surowce, wyroby gotowe i towary),
- wyodrębniona przestrzeń (budowle magazynowe),
- wyposażenie techniczne (urządzenia do składowania, środki transportu wewnętrznego itp.),
- technologia prac magazynowych,
- organizacja i zarządzanie magazynami (struktura organizacyjna, zakresy czynności personelu magazynowego, odpowiedzialność materialna i dokumentacja obrotu magazynowego).

Magazyny podlegają klasyfikacji według następujących kryteriów:

1. Miejsce w systemie logistycznym:

- transportowo-spedycyjne,
- produkcyjne,
- dystrybucyjne,
- handlowe,
- przyzakładowe.

2. Funkcja w procesie produkcyjnym:

- surowcowe,
- materiałów podstawowych i pomocniczych,
- produkcji w toku (międzywydziałowe),
- wyrobów gotowych,
- odpadów,
- części zamiennych,
- opakowań.

3. Postać budowli:

- składowiska otwarte (place składowe, zasieki),
- półotwarte (wiaty),
- zamknięte (parterowe, piętrowe, piwnice, bunkry),
- specjalne (zbiorniki, silosy).

4. Wysokość:
 - niskie,
 - wysokiego składowania.
5. Postać fizyczna składowanych wyrobów:
 - sypkich i składowanych luzem,
 - składowanych w dowolnych opakowaniach i nieopakowanych,
 - ciekłych,
 - gazów,
 - materiałów niebezpiecznych.
6. Funkcja w gospodarce:
 - rezerwowe,
 - depozytowe,
 - konsumpcyjne,
 - buforowe (wyrównawcze).

Podsumowując podstawowym zadaniem magazynów jest:

- 1) Zapewnienie właściwych warunków przechowywania dla utrzymania w dobrym stanie składowanych zapasów.
- 2) Przygotowywanie zgodnych pod względem ilości, jakości i asortymentu zestawu wyrobów, towarów i materiałów żądanych (potrzebnych) przez odbiorców (użytkowników).
- 3) Wyrównywanie planowych i losowych dysproporcji między potrzebami produkcji i obrotu, a zużyciem i konsumpcją.
- 4) Pobieranie, kompletacja i formowanie jednostek ładunkowych zgodnie z potrzebami odbiorców.
- 5) Kształtowanie poziomu zapasów, m.in. przez sygnalizowanie o stanach nadmiernych lub poniżej ustalonego minimum.

1.1. Rodzaje zapasów magazynowych

Dobra materialne w procesie magazynowania są określane mianem zapasów magazynowych, natomiast dobra materialne poza sferą magazynowania bez względu na ich przeznaczenie lub miejsce występowania, są określane jako wyroby. Określenie "zapas magazynowy" dotyczy nie tylko miejsca występowania oraz przeznaczenia dobra materialnego, dotyczy także ilości dóbr materialnych gromadzonych w magazynie. Pojęcie "zapas magazynowy" w tym znaczeniu należy rozumieć taką ilość dóbr materialnych, które gromadzone w magazynie zapewniają prawidłową i rytmiczną działalność handlową, usługową czy produkcyjną. Wielkość zapasu magazynowego może być wyrażona w jednostkach naturalnych (litry, kilogramy, sztuki, metry), wartościowych (zł) lub czasu (godzina, dzień, miesiąc).

Rozróżnia się następujące rodzaje zapasów magazynowych:

- zapas rzeczywisty – wielkość dóbr materialnych przechowywanych w magazynie, ustalona i sprawdzona w spisie inwentaryzacyjnym,
- zapas normatywny – zapas, którego wielkość jest określona odpowiednimi normami; zależnie od rodzaju zapasu rozróżnia się zapas normatywny maksymalny i minimalny,
- zapas maksymalny – ilość konkretnego wyrobu, jaka występuje w momencie dostawy czyli suma zapasu minimalnego oraz zapasu dostawy,
- zapas bieżący to zapas odpowiadający rzeczywistym potrzebom wynikającym z zadań gospodarczych i warunków w jakich zadania te są wykonywane w przedsiębiorstwie; w pojęciu zapasu bieżącego mieści się zapas minimalny, zapas średni, wynikający z przeciętnego poziomu zapasu w dłuższym okresie, oraz zapas maksymalny, będący górną granicą zapasu bieżącego w chwili dostawy materiałów lub wysyłki wyrobów gotowych,
- zapas rezerwowy – to zapas, który z gospodarczo uzasadnionych przyczyn powinien być utrzymany przez określony czas,
- zapas dyspozycyjny – (zapas potencjalny) stan zapasu w magazynie na dany dzień powiększony o ilość wyrobów zamówioną, lecz jeszcze nie zrealizowaną przez dostawcę i zmniejszony o zaległe zamówienia odbiorców; pojęcie stosowane w dynamicznych modelach sterowania zapasami,
- zapas interwencyjny – wielkość dóbr materialnych przechowywanych w magazynie, określona wewnętrznymi ustaleniami (normami), której osiągnięcie nakłada na magazyniera obowiązek interweniowania w celu przyspieszenia lub opóźnienia dostawy; może być równa zapasowi maksymalnemu lub minimalnemu,
- zapas ewidencyjny – wielkość dóbr materialnych przechowywanych w magazynie według danych ewidencji magazynowej wykazującej wielkość zapasu na dany dzień,
- zapas nieprawidłowy – część zapasów nieprzydatna do dalszej działalności przedsiębiorstwa lub przekraczająca wielkości ekonomicznie uzasadnione; występowanie zapasów nieprawidłowych wskazuje na zakłócenia w przebiegu procesów zaopatrzenia produkcji i zbytu, prowadzi do wzrostu kosztów działalności i spadku efektywności gospodarowania; należy przeciwdziałać powstawaniu takich zapasów oraz podejmować działania mające celu ich zagospodarowanie lub upłynnienie,
- zapas zbędny – rodzaj zapasu nieprawidłowego, część zapasów materiałów i produkcji nie zakończonej, nieprzydatnych do dalszej produkcji oraz, których sprzedaż w normalnym trybie jest niemożliwa,

- zapas nadmierny – rodzaj zapasu nieprawidłowego, zapas materiałów produkcji nie zakończonej, wyrobów gotowych czy towarów, który przekracza wielkość ekonomicznie uzasadnioną potrzebami przedsiębiorstwa i nie ma charakteru zapasów sezonowych lub rezerwowych; w miarę możliwości powinien być zużyty na potrzeby własne, odsprzedany lub w przypadku braku nabywcy powinien ulec kasacji,
- zapas sezonowy – część zapasów materiałowych występująca okresowo w przedsiębiorstwie ze względu na sezonowe wahania produkcji, zaopatrzenia lub sprzedaży (np. zapas koksu gromadzony na zimę lub zapas cukru w kampanii cukrowniczej).

1.2. Rozwój i unowocześnienie struktur magazynowych

Główne cele działań usprawniających w gospodarce magazynowej w chwili obecnej obejmują następujące zagadnienia:

- 1) Kompleksowe zaspokajanie wymagań odbiorców w zakresie szerokiego asortymentu i wysokiej jakości oferowanych towarów, szybkiej realizacji zamówień, dostaw towarów na czas i do wskazanego miejsca, oferowania usług pomocniczych, takich jak: kompletowanie, przepakowywanie, przycinanie na wymiar itp.
- 2) Zapewnienie wysokiego poziomu obsługi odbiorców w zakresie szybkiego dostępu do informacji o rodzajach towarów i usługach pomocniczych, cenach, upustach, warunkach dostawy, elastycznych warunkach płatności, a także szybkiej reakcji na reklamacje, zmiany zamówień, zmiany warunków dostawy, obniżanie kosztów usług magazynowych w zakresie kosztów utrzymania zapasów oraz kosztów procesów informatycznych.

Realizacja przyjętych celów będzie polegała na ustaleniu odpowiednich działań w ramach konkretnych zadań modernizacyjnych obejmujących elementy techniczne i organizacyjne funkcjonowania gospodarki magazynowej w przedsiębiorstwie.

Zadania te powinny obejmować usprawnienia w zakresie:

- 1) Wprowadzenia nowoczesnych narzędzi informatycznych wspomagających oraz usprawniających realizację zarządzania procesem magazynowym w zakresie przepływu towarów przez magazyn wraz z dokumentacją towarzyszącą temu przepływowi. Te nowoczesne narzędzia informatyczne wspomagające i usprawniające zarządzanie procesem magazynowym to:
 - system komputerowy z odpowiednim programem magazynowym sterującym przebieg uporządkowanych i sparametryzowanych czynności procesu magazynowego w zakresie przyjmowania, składowania, kompletowania i wydawania towarów, który będzie obsługiwał system kodów kreskowych, system elektronicznej wymiany danych (EDI) oraz

- system łączności z terminalami radiowymi pracującymi w obszarze magazynu,
- system automatycznej identyfikacji (AI) w celu automatycznego odczytu informacji zawartej w kodach kreskowych na towarach, dokumentach, urządzeniach magazynowych,
 - system elektronicznej wymiany danych (EDI) w celu usprawnienia i przekazywania informacji dla dostawców oraz odbiorców, które są w typowych dokumentach handlowych.
- 2) Wprowadzenia nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych wyposażenia technologicznego magazynu (urządzeń do składowania, magazynowania środków transportowych oraz pomocniczych urządzeń magazynowych), które umożliwią:
- zwiększenie szybkości przemieszczania towarów przy przyjmowaniu, składowaniu, kompletowaniu i wydawaniu z magazynu, co w znacznym stopniu przyspieszy realizację zamówień odbiorców,
 - zwiększenie wykorzystania pojemności magazynu umożliwiające składowanie większej ilości zapasów magazynowych,
 - zmechanizowanie czynności przemieszczania towarów zapewniających bezpieczne warunki pracy w magazynie;
- 3) Modernizacji obiektu magazynowego poprzez:
- wprowadzenie nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych elementów obiektu, które mają wpływ na sprawny przebieg procesu magazynowego (bram magazynowych, doków rozładunkowych, ramp mechanicznych),
 - wprowadzenie nowoczesnych systemów i urządzeń instalacji budowlanych (oświetleniowych, grzewczych, wentylacyjnych, klimatyzacyjnych itp.), dzięki którym stworzone zostaną odpowiednie warunki przechowywania zapasów magazynowych oraz bezpieczne warunki pracy dla personelu magazynowego,
 - odpowiednie zagospodarowanie powierzchni magazynowej gwarantującej bezkolizyjny i sprawny przepływ towarów przez magazyn.

2. Logistyka przepływu materiałów przez strefy magazynowe

2.1. Metody składowania towarów

W magazynie wyodrębnione się obszary funkcjonalne zwane strefami, przeznaczone do realizacji podstawowych, kolejnych zadań :

- Strefa przyjęć – wyodrębniony obszar przy rampach wylądowczych. W tym obszarze prowadzone są prace wylądunkowe jednostek towarowych ze środków transportu, sprawdzanie zgodności towaru z zadeklarowaną ilością i jakością oraz operacje związane z przyjęciem towarów do magazynu (segregowanie, sortowanie, przepakowywanie i oznakowanie dostawy zgodnie z ustaloną organizacją magazynu).
- Strefa składowania – największa część magazynu, jej rozmiar wynika z rodzaju przechowywanego towaru i technologii składowania. W strefie tej umieszczone są regały oraz drogi manipulacyjne występujące między nimi, zwykle podzielona na mniejsze podstrefy. W obszarach tych towary mogą być składowane krótko lub długoterminowo, skutkuje to różną częstością obsługi podstref przez pracowników magazynu.
- Strefa kompletacji – realizowane są w niej zadania dotyczące przygotowania zamówienia ściśle według zamówienia odbiorcy.
- Strefa wydań – jest usytuowana w pobliżu ramp załadunkowych. W jej obszarze następuje wydawanie towaru z magazynu i zachodzą związane z tym zadaniem prace załadunkowe w których wykorzystywane są środki transportu. Niejednokrotnie strefa wydań połączona jest ze strefą przyjęć.

W strefie składowania następuje rozmieszczenie towarów, jest ono uzależnione od wymogów co do warunków przechowywania, technologii składowania oraz typu jednostki ładunkowej. Istnieje kilka rozwiązań przeprowadzenia procesu fizycznego ulokowania towarów w magazynie. Przy rozlokowaniu towarów ze względu na typ asortymentu należy uwzględnić różnice w atrybutach fizycznych czy wymiarach gabarytowych. Analiza może być przeprowadzona z uwagi na wartość, przy której wyodrębniony zostanie zabezpieczony obszar dla towarów o wysokiej wartości. Towary można również rozmieścić zgodnie z częstotliwością ich pobrań i wydań, poniżej przedstawiono typowe metody rozmieszczania:

1. Klasyczna analiza ABC

Polega na wydzieleniu analizowanego zbioru towarów według trzech grup oznaczonych kolejno symbolami A, B, C. Grupa A stanowi grupę towarów posiadających znaczny udział w obrocie całkowitym, standardowo przydziela się jej wartość 80% całej wartości przyjętego kryterium. Kolejną

grupą jest grupa artykułów oznaczonych literą B, która generuje 15% wartości kryterium. Ostatnią grupą, która generuje pozostały procent wartości jest grupa C. Grupa A generująca znaczną wartość analizowanej cechy, ma zazwyczaj niewielki udział procentowy liczebności w odniesieniu do wszystkich rozpatrywanych pozycji. Zjawisko to zwane jest regułą 80/20 i wynika z zasady Pareto [11]. Analiza ABC umożliwia skoncentrowanie się na tych typach towarów, których obroty zajmują wysokie miejsce w całkowitej wartości obrotów przedsiębiorstwa. Klasyczny procentowy podział grup w analizie ABC przewidywał, że grupa A, czyli ta, która generuje 80% wartości cechy, będzie stanowić 20% liczebności ogółu jednostek towarowych, jednak założenie to ma rzadko odzwierciedlenie w rzeczywistości. Towary w grupie B często zawierają się w przedziale od 20 do 60 %. Suma wartości wszystkich trzech grup musi wynosić 100%. Analiza ABC dokonuje podziału na grupy według jednego kryterium. Przy podziale na grupy względem wartości obrotu do jednej i tej samej grupy kwalifikowane są zarówno towary o małej wartości i dużym obrocie jak i towary o dużej wartości a małej rotacji. Niezbędne jest więc uzupełnienie analizy ABC kolejną analizą oszacowującą towary z innego punktu widzenia, na przykład ilościowego [8].

2. Analiza XYZ

Analiza ta pokazuje różnice między towarem magazynowanym a wykorzystywanym. Jej wyniki sortowane są w kolejności malejącej wartości i grupowane w kategorie X, Y, Z. Elementy z grupy X stanowią do 60% ich skumulowanej wartości, Y i Z odpowiednio do 30 i 10% wartości. Analiza daje natychmiastowe wyniki i pozwala stwierdzić, które produkty generują wysoki koszt magazynowania. Pierwszą grupą X jest grupa pozwalająca na względnie wiarygodne prognozy zapotrzebowania, zapotrzebowanie na nie można łatwo przewidzieć. Są to materiały zużywane w dużych ilościach, zwykle regularnie. Elementy grupy Y stanowią towary sezonowe, na które zapotrzebowanie jest mniejsze, trudniej jest więc je przewidywać. Ostatnią grupą oznaczoną literą Z są towary wolno rotujące, używane bardzo nieregularnie i w małych ilościach i dlatego wielkość ich dostaw jest trudna do przewidzenia.

3. Dwukryterialna analiza ABC/XYZ

Analizę XYZ stosuje się często jako uzupełnienie nierozwiązanych wszystkich aspektów analiz ABC. Każda z tych analiz jest jednokryterialna, a połączenie tych dwóch stanowi analizę dwukryterialną. Realizacja kompletnej dwukryterialnej analizy umożliwia podział towaru z magazynu na dziewięć grup:

- AX – towary o dużej wartości obrotu oraz o dużym i równomiernym ilościowym zapotrzebowaniu,

- BX – towary o średniej wartości obrotu oraz o dużym i równomiernym ilościowym zapotrzebowaniu,
 - CX – towary o małej wartości obrotu ale o dużym i równomiernym ilościowym zapotrzebowaniu,
 - AY – towary o dużej wartości obrotu oraz średnim ilościowym zapotrzebowaniu,
 - BY – towary o średniej wartości obrotu oraz średnim ilościowym zapotrzebowaniu,
 - CY – towary o małej wartości obrotu oraz średnim ilościowym zapotrzebowaniu,
 - AZ – towary o dużej wartości obrotu ale niewielkim ilościowym zapotrzebowaniu,
 - BZ – towary o średniej wartości obrotu a niewielkim ilościowym zapotrzebowaniu,
 - CZ – towary o małej wartości obrotu a niewielkim ilościowym zapotrzebowaniu.
4. Metoda stałych i wolnych miejsc

Rozmieszczenie elementów tą metodą narzuca stałe przypisanie miejsca dla konkretnego rodzaju towaru. Zaletą takiego rozplanowania w strefie ich składowania jest porządek w magazynie. Pracownik bez problemu może odnaleźć pożądany towar dzięki jasnej, określonej z góry jego lokalizacji. Wadą jest natomiast mało efektywne wykorzystanie zasobu magazynu.

Rozmieszczenie towaru metodą wolnych miejsc składowania zapewnia lepsze wykorzystanie strefy składowania, wprowadza jednak pozorny bałagan, gdyż nie jest łatwo zlokalizować poszukiwaną jednostkę. Nieład jest tylko pozorny ponieważ personel magazynu wspomagany jest przez systemy informatyczne, których jednym z zadań jest zbieranie i przechowywanie informacji o posiadanym towarze. Są one więc w stanie wskazać pracownikowi dokładną lokalizację wybranego towaru. Zastosowanie tej metody pozwala na wzrost efektywności wykorzystania miejsc składowania w magazynie na ok. 20 – 25 %.

W procesie wydawania i przyjmowania jednostek ładunkowych należy stosować pewne reguły określające kolejność obsługi oczekujących zleceń w magazynie. Stosowanie metod kolejności obsługi zleceń nie jest zależne od typu składowanego towaru. Podstawowymi kryteriami wyboru kolejności rozchodu są to:

- Zasada FEFO (First Expired First Out – pierwsze traci ważność, pierwsze wyszło) ma zastosowanie wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z terminem ważności przede wszystkim kiedy przechowywany asortyment cechuje się krótkim terminem ważności. Spośród jednostek

ładunkowych tego samego towaru wydawany jako pierwszy jest ten, którego termin ważności upływa najwcześniej.

- Zasada FIFO (First In First Out – pierwsze przyszło, pierwsze wyszło) zapewnia w pierwszej kolejności wydanie tej partii towaru, która została dostarczona do magazynu najwcześniej czyli niepożądanym jest aby dana partia towaru zalegała w magazynie zbyt długo. Jest to najczęściej stosowana strategia, zazwyczaj tam, gdzie nie ma potrzeby stosowania FEFO.
- Zasada LIFO (Last In First Out – ostatnie przyszło, pierwsze wyszło) opiera się na założeniu, że dostawa określonej partii towaru, która przyszła ostatnia, jest wydawana jako pierwsza. Stosowana jest rzadko, zazwyczaj gdy skłania nas do tego strategia przychodowo – kosztowa.
- Zasada HIFO (Highest In First Out – najdroższe przyszło, pierwsze wyszło) – partia danego towaru, która została przyjęta do magazynu po cenie jednostkowej najwyższej dla danego towaru, wydawana powinna być w pierwszej kolejności.
- Zasada LOFO (Lowest In First Out – najtańsze przyszło, pierwsze wyszło) – opiera się na założeniu, że partia towaru, która została przyjęta do magazynu po cenie najniższej dla niego, wydawana powinna być jako pierwsza.

2.2. Zadania logistyczne przepływu materiałów w magazynie

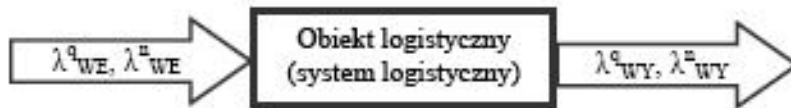
Transport wewnętrzny to przemieszczanie, pakowanie i magazynowanie materiałów w każdej postaci w obszarze zakładu lub magazynu. Technologia transportu wewnętrznego to sposób realizacji programu transportu i magazynowania wynikającego z zadania logistycznego w zakładzie.

Zadanie logistyczne jest sformalizowanym sposobem zapisu obciążenia pracą obiektu logistycznego (magazynu) poprzez określenie parametrów ilościowych i jakościowych strumieni materiałów na wejściu i wyjściu systemu (rys. 2.1). Strukturę zadania logistycznego wyraża się w postaci parametrów i ich wartości opisujących jednoznacznie zależności: czasowe, ilościowe, jakościowe i strukturalne przepływu ładunków. Dodatkowo zadanie zawiera informacje uściślające zakres i rodzaj przekształceń fizycznej postaci strumieni materiałów wewnątrz obszarów funkcjonalnych obiektu. Informacje te dotyczą technologii realizacji przekształceń, kosztu i żądanej jakości. Projektowanie obiektu logistycznego opiera się na podejściu do niego jako do „czarnej skrzynki”, która na drodze projektowania ma ujawnić mechanizm swojego działania na podstawie danych wejściowych/wyjściowych.

Zadanie logistyczne uwzględnia relacje, jakie zachodzą między:

- strumieniami ładunków opisanymi ze względu na przedmiot, ilość, punkty nadania i odbioru, czas dysponowany i miejsca buforowania (czyli : co, ile, skąd, dokąd i kiedy?),

- strumieniami informacji związanych z przepływem materiałów,
- wydajnością układu transportowo – magazynowego, wynikającą z rodzaju i parametrów środków transportowych oraz wydajnością ludzi zaangażowanych w realizację przepływu materiałów i informacji (czyli: jak i za ile?),
- jednostkowymi kosztami eksploatacji zastosowanych środków.



Rys. 2.1. Magazyn jako obiekt typu „czarna skrzynka” [13]
 λ^q_{WE} – struktura jakościowa (co, w jakiej postaci ?) strumieni materiałów na wejściu do systemu, λ^m_{WE} – struktura ilościowa (ile ? kiedy ?) strumieni materiałów na wejściu do systemu, λ^q_{WY} – struktura jakościowa (co, w jakiej postaci ?) strumieni materiałów na wyjściu z systemu, λ^m_{WY} – struktura ilościowa (ile ? kiedy?) strumieni materiałów na wyjściu z systemu

Do głównych czynników w każdym przepływie materiałów należą: postać, kształt, wielkość, gdyż wskazują one, które z operacji technologicznych są konieczne, jaka kolejność operacji ma być zachowana i jakie należy przyjąć drogi transportu.

Głównym problemem są więc proste pytania:

- jak dana część ma być podawana,
- ile części ma być jednocześnie umieszczonych na palecie,
- jak często dany środek transportu ma pokonywać daną drogę,
- jak wysoko nad podłogą należy umieścić część.

Pytania „jak” dotyczą doboru wyposażenia i stawiane są przed projektantem transportu wewnętrznego.

Przedmiotem zainteresowania analityka powinno być:

- jaki rodzaj materiału ma być przewieziony i dlaczego,
- skąd i dokąd ten materiał ma być przewieziony,
- kiedy materiał ma być przewieziony,
- jaka jest ilość materiału do przewiezienia.

2.3. Program transportu w zakładzie

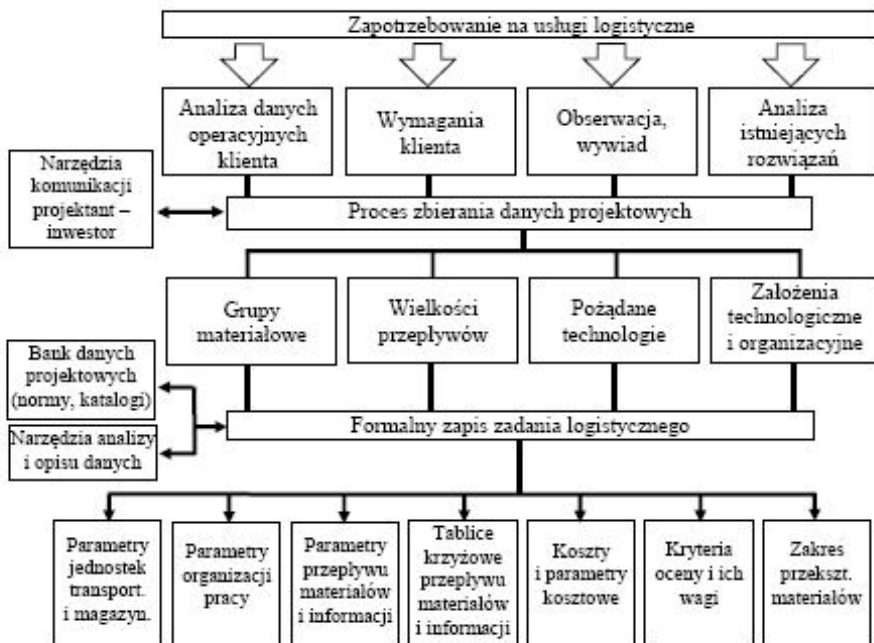
Ustalenie programu transportu dokonywane jest w aspekcie ilościowym i ilościowym. Zasadniczymi informacjami są tu odpowiedzi na 5 głównych pytań (rys. 2.2):

1. Co jest przedmiotem transportu; konieczne jest określenie rodzaju materiału, kształtu, wymiarów, masy, jednostki opakowania jednostki ładunkowej.
2. Ile jednostek materiału lub jednostek ładunkowych podlega transportowi.
3. Kiedy następuje przemieszczanie, przeladowywanie lub składowanie we wszystkich obszarach i na każdej trasie w określonym czasie; podstawą do analizy są tu: program transportu i magazynowania oraz natężenie przepływu materiałów.
4. Skąd trzeba odebrać i dokąd wysłać materiał; należy określić i oznaczyć punkty nadania i odbioru.
5. Jakich użyć środków transportowych.

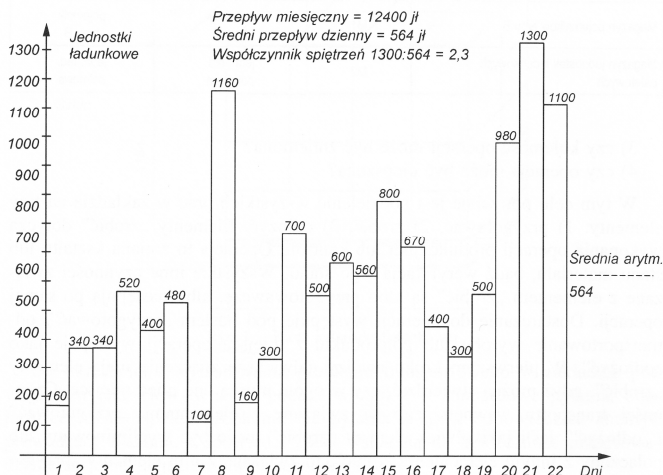


Rys. 2.2. Struktura zadania logistycznego w aspekcie kształtowania transportu [13]

Ustalenie struktury transportu wymaga podstawowych danych: założenia inwestycyjne, analiza danych historycznych dotyczących przepływu materiałów i informacji, analiza działalności obiektów logistycznych o podobnym profilu. Zakres działań związanych z pozyskiwaniem informacji do formułowania zadania logistycznego przedstawiono na rys. 2.3.

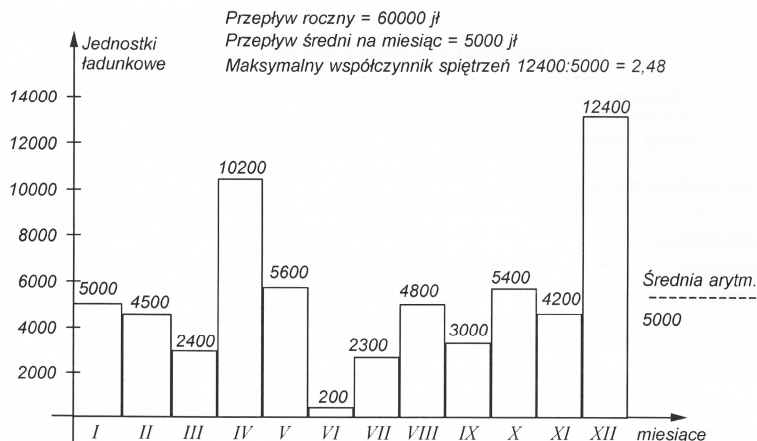


Rys. 2.3. Formułowanie zadania logistycznego [13]



Rys. 2.4. Rozkład natężenia przepływu jednostek ładunkowych w ciągu miesiąca [5]

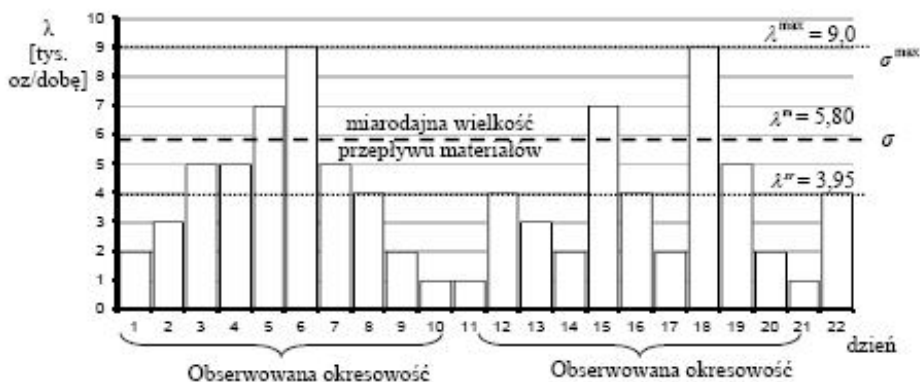
W jednostce magazynowej dokonuje się analizy przepływu materiałów w okresie miesięcznym, kwartalnym, półrocznym i rocznym. Ma to na celu określenie rzeczywistego obciążenia środków transportu oraz ilości towarów przechodzących przez magazyn (rys. 2.4 i rys. 2.5).



Rys. 2.5. Rozkład natężenia przepływu jednostek ładunkowych w ciągu roku [5]

Zmienne wartości natężenie przepływu na wejściu i wyjściu z magazynu mogą powodować spiętrzenie materiałów oczekujących na transport. W takim przypadku uzyskanie płynnego strumienia ładunków wymaga skoncentrowania w krótkim czasie większej ilości obsługi i urządzeń. Dąży się do tego aby ograniczać zjawisko pojawiania się spiętrzenia materiałów poprzez przewidywanie możliwości jego pojawienia się. Jednym z narzędzi jest tu opis matematyczny strumieni wchodzących i wychodzących poprzez obliczanie współczynników spiętrzeń. Współczynniki spiętrzeń strumieni materiałów decydują o stosunku wydajności technologicznej zaimplementowanej w obiekcie do wydajności wykorzystywanej. Obiekt logistyczny należy projektować pod obciążenie maksymalne λ^m przewidywane przez projektanta, jednak nie muszą one być równoznaczne z rzeczywistymi spiętrzeniami λ^{\max} [13].

Na rysunku 2.6 przedstawiono przykładowy rozkład spiętrzeń materiałów na wejściu do obiektu logistycznego. Zobrazowana analiza potwierdza, że nie jest uzasadnione projektowanie obiektu pod maksymalne przepływy ponieważ zdarzają się one okazjonalnie. Tak zaprojektowany obiekt przez większość czasu nie wykorzystywałby swoich możliwości. W tym przypadku okazuje się, że bardziej opłacalne będzie podjęcie działań zaradczych takich jak przedłużenie dobowego czasu pracy, wypożyczenie dodatkowego sprzętu.



Rys. 2.6. Miarodajna wielkość przepływu materiałów na wejściu do magazynu (obiektu logistycznego) [1]

W praktyce projektowej nie wyznacza się też generalnego współczynnika spiętrzenia dla obiektu logistycznego. Należy przeprowadzić analizę danych historycznych pod kątem wyróżnienia grup materiałowych w obsługiwanym strumieniu ładunków. Liczba i cechy tych grup są zależne od charakterystyk strumieni i wyróżnienie ich następuje indywidualnie ze względu na cechy znaczące [1]. Współczynnik spiętrzenia powinien być określony ze względu na: wartość wahań natężenia przepływu materiałów oraz „okresowość” wahań. Strumienie o wyraźnie wyróżnionym okresie w waniach natężenia, nawet posiadające znaczne wahania amplitudy mogą być w pewnych warunkach opisywane niższymi wskaźnikami spiętrzenia w przepływach materiałów. Sytuacja taka może zostać zaobserwowana jako sezonowość, zmiany tygodniowe lub dobowe. Obok współczynnika spiętrzeń należy uwzględnić możliwość dokonywania w obiekcie logistycznym transformacji strumienia materiałów ze względu na postać fizyczną. Strumień materiałów przekształcany jest na dwa sposoby:

1. Przetwarzania, w ramach którego można wymienić proste operacje produkcyjne związane z finalnym różnicowaniem produktu ze względu na wymagania klientów: przepakowywanie, konsolidacja i dekonsolidacja jednostek logistycznych, etykietowanie, znakowanie, itp.
2. Komisjonowanie (kluczowa funkcja magazynów dystrybucyjnych) czyli tworzenie niejednorodnych jednostek wysyłkowych (kompletowanych) z jednostek jednorodnych, zgodnie z zamówieniami klientów.

Przetworzenie strumienia materiałów oprócz zmiany postaci fizycznej może oznaczać także zmianę liczby jednostek po przetworzeniu. Do celów projektowych należy określić tzw. stopień przetworzenia, który precyzuje jaki

jest stosunek liczby jednostek wchodzących do podukładu przetwarzania λ_{WE}^D do liczby jednostek wychodzących λ_{WY}^D :

$$\lambda_{WE}^D = \eta \lambda_{WY}^D \quad (2.1)$$

Gdzie: η – stopień przetworzenia
 λ – przeładunek dobowy [jł/dobę]

Komisjonowanie prawie w każdym przypadku powoduje różnicę pomiędzy liczbą jednostek wchodzących do systemu a liczbą jednostek wychodzących.

W celu wyznaczenia tej różnicy stosuje się dwa parametry:

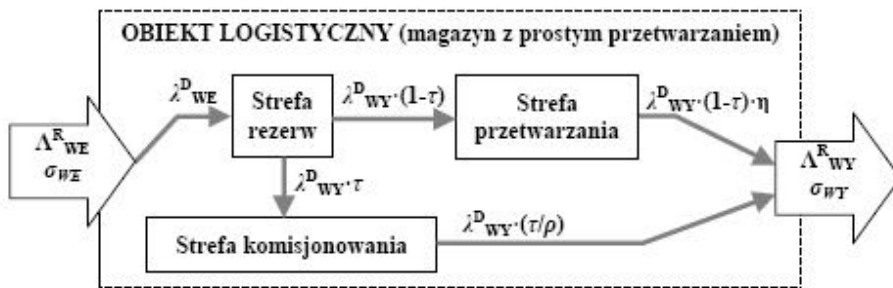
1. Stopień komisjonowania τ , który określa jaka część materiałów opuszczających obiekt logistyczny będzie podlegała komisjonowaniu; Przyjmuje wartości $\tau = (0;1)$, przy $\tau=1$ wszystkie materiały wchodzące będą komisjonowane, przy $\tau=0$, komisjonowanie nie występuje.
2. Stopień wypełnienia jednostki kompletowanej ρ , który określa jak w stosunku do jednostki jednorodnej wchodzącej do podukładu komisjonowania wypełniona jest jednostka skomisjonowana wychodząca z podukładu, np. $\rho=0,5$ oznacza, że z jednej jednostki jednorodnej powstają średnio dwie jednostki skompletowane.

W obiekcie logistycznym z podukładem komisjonowania o parametrach τ i ρ , podukładem przetwarzania o stopniu przetworzenia η , liczbie dni roboczych w ciągu roku d_r , przeładunku rocznym na wejściu do obiektu A_{WE}^R i na wyjściu A_{WY}^R oraz współczynnikach spiętrzeń dobowych σ_{WE} i σ_{WY} należy wyznaczyć przepływy dobowe na wejściu λ_{WE}^D i na wyjściu λ_{WY}^D z obiektu logistycznego (rys. 2.7) według zależności:

$$\lambda_{WE}^D = (A_{WE}^R / d_r) \sigma_{WE} \quad [jł/dobę] \quad (2.2)$$

$$\lambda_{WY}^D = [(A_{WY}^R / d_r) \sigma_{WY}] [(1 - \tau) \eta + \tau / \rho] \quad [jł/dobę] \quad (2.3)$$

Dane uzyskane z analizy przepływu strumieni materiałów służą do kształtowania programu transportu i magazynowania. Na jego podstawie analizuje się ilościowy i jakościowy przepływ towarów przez magazyn, pozwala planować zmianę ilości towarów oraz obliczyć wynik ekonomiczny pracy magazynu.

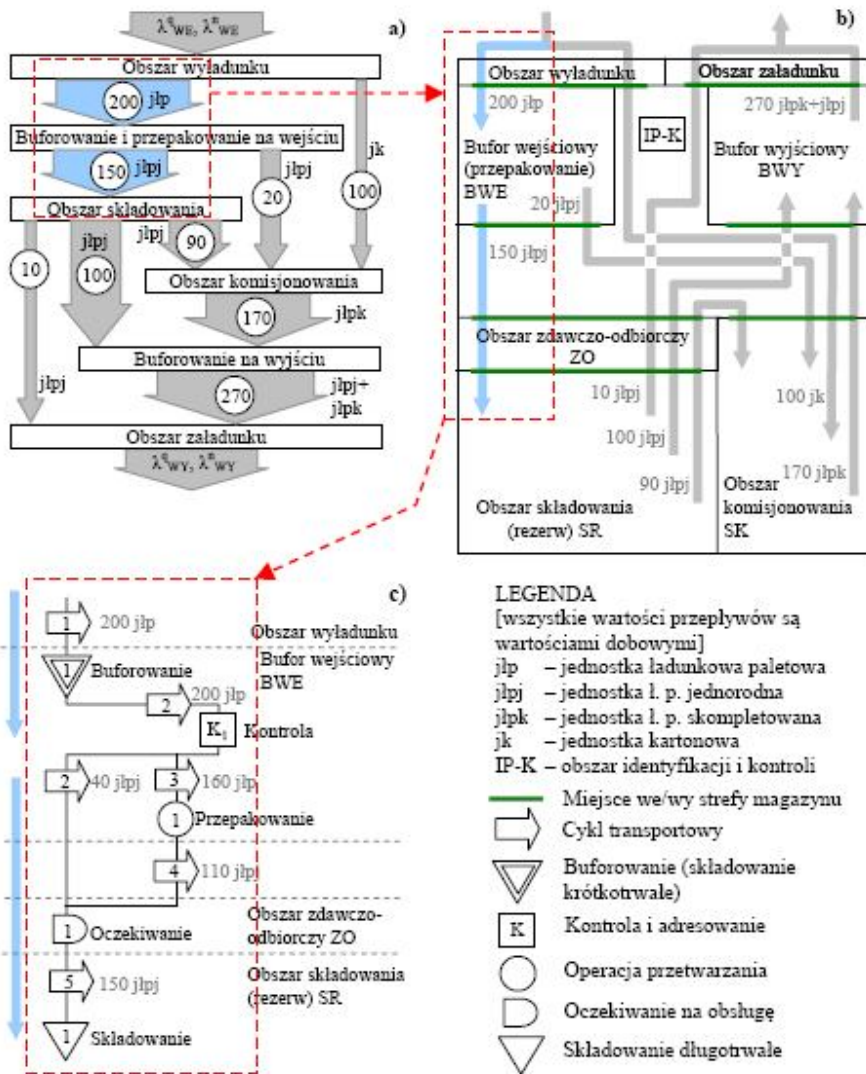


Rys. 2.7. Przetwarzanie strumienia materiałów w prostym obiekcie logistycznym [13]

2.4. Analiza graficzna strumieni materiałów

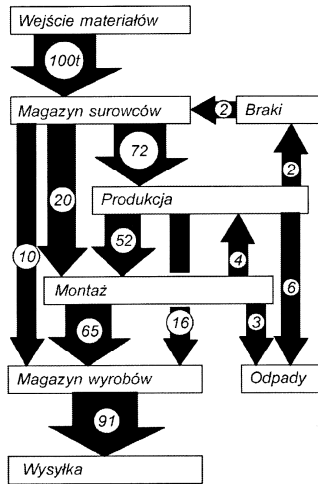
2.4.1. Wykres przepływu materiałów

Dysponując schematem rozmieszczenia miejsc w magazynie oraz dróg transportowych można dokonać rozdziału strumieni materiałowych i przypisania ich do głównych obszarów, tj. składowania, komisjonowania, przetwarzania, buforowania, konsolidacji, kontroli oraz obszarów technicznych i pomocniczych. Pozwala to w rezultacie na dobór technologii obsługi strumieni. Do identyfikacji strumieni na planie przestrzennym obiektu wykorzystuje się np. wykres Sankey'a czy wykres przepływu materiałów i informacji oraz schematy ideowe przepływów (rys. 2.8). Wykres przepływu materiałów stanowi graficzne przedstawienie drogi, wzdłuż, której materiał porusza się w czasie przepływu przez zakład. Sporządza się go często na podkładzie architektonicznym w skali 1:500 lub 1:200 aby można było odczytać z niego odległości między punktami nadania i odbioru. Strzałki wzdłuż linii wskazują kierunek przepływu.



Rys. 2.8. Podstawowe fazy kształtowania strumienia przepływu materiałów w obiekcie magazynowym [13]: a-wykres Sankey'a, b- rozmieszczenie i wzajemna orientacja obszarów funkcjonalnych, c- wydzielenie zadań w wybranym fragmencie procesu przepływu materiałów

Wykres Sankey'a taki na ogół nie wystarcza do analizy procesu transportowego pod względem ilościowym. Wykres taki często uzupełniany jest tablicą krzyżową, zawierającą ilościowe dane dotyczące rozchodu materiałów lub ładunków. Prawidłowość sprawdza się poprzez sumowanie wierszy i kolumn (rys. 2.9).

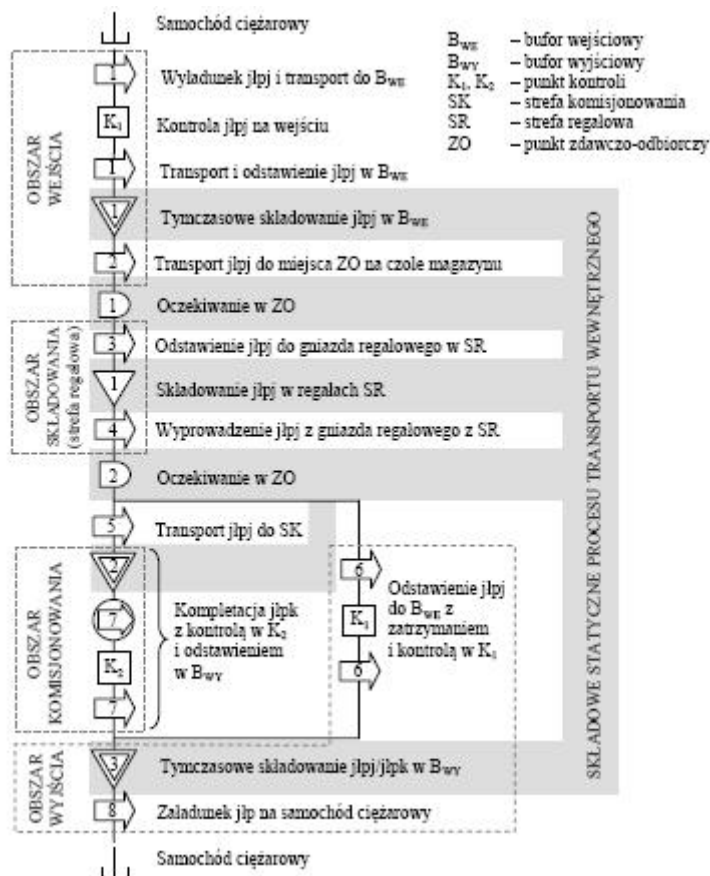


Punkty nadania	Punkty odbioru								
	Wejście materiałów	Magazyn surowców	Produkcja	Montaż	Braki	Odpady	Magazyn wyrobów	Wysyłka	Suma
Wejście materiałów	100								100
Magazyn surowców		72	20				10		102
Produkcja			52	2	6	16			76
Montaż			4			3	65		72
Braki		2							2
Odpady									—
Magazyn wyrobów								91	91
Wysyłka									—
Suma		102	76	72	2	9	91	91	

Rys. 2.9. Wykres Sankey'a i odpowiadająca mu tablica krzyżowa [5]

2.4.2. Karty procesowe

Karta przepływu materiałów (rys. 2.10) jest graficznym przedstawieniem kolejności wykonywanych czynności w trakcie procesu produkcyjnego i transportowego. Zawiera dane potrzebne do analizy, takie jak czas, odległość, pracochłonność, stosowane urządzenia. Karta cykli transportowych jest jedną z metod zapisu procesu transportu wewnętrznego, stosuje się tu zapis w postaci symboli.



Rys. 2.10. Karta przepływu materiałów w magazynie dystrybucyjnym [13]

Karta (rys. 2.11) zawiera informacje na temat rodzaju środka transportowego, jednostki ładunkowej oraz drogi transportowej i ilości zaangażowanych środków. Z karty cykli odczytuje się także liczbę cykli transportowych oraz czas ich trwania.

Przedmiot procesu: wyładunek i transport 600 worków surowca (worki po 50 kg) Punkt początkowy procesu: wagon kolejowy kryty Punkt końcowy procesu: wydział produkcyjny									
Nr cyklu	Opis cyklu (ewentualny)	Odległość [m]	Proces transportowy				Liczba cykli	Czas cyklu [min]	Czas razem [min]
			co	skąd	jak	dokąd			
1	w wagonie	1	B	II	♀	15	600		
2		7	15	II	↙	6⊥	40		
3		870	6 15	II	⊥	1	7		
4		7	15	⊥	↙	1	40		
5		5	15	1	↙	△	40		
6		5	4 15	1 ^{KOND}	△	2 ^{KOND}	10		
7		7	15	△	↙	D	40		
8		42	15	D	L	▽	40		
9		42	15	▽	L	D	40		
10		7	15	D	↙	▽	40		
11		7	4 15	2 ^{KOND}	▽	1 ^{KOND}	10		
12		5	15	▽	↙	D	40		
13		50	15	1	L	2	40		
14		5	15	2	L	6⊥	40		
15		2,5	15	⊥	↙	⊥	27		
16		2700	6 15	2	⊥	3	7		
17		10	15	⊥	↙	3	40		

- B** – worek,
 II – wagon kolejowy kryty,
 ♀ – 2 pracowników
 |15| – jednostka ładunkowa paletowa z 15 workami,
 ↙ – wózek widłowy unoszący,
 ⊥ – samochód bez skrzyni z 6 paletami,
 6|15| – 6 palet, każda z 15 workami,
 |1| – rampa przy budynku 1,
- △ – dźwig towarowy z 4 paletami do góry,
 1^{KOND} – pierwsza kondygnacja,
 D – oczekiwanie,
 L – wózek widłowy podnośnikowy,
 ▽ – składowanie,
 ▽ – dźwig towarowy z 4 paletami w dół,
 1 – budynek nr 1 (2, 3),
 ⊥ – samochód skrzyniowy z 6 paletami.

Rys. 2.11. Karta cykli transportowych [5]

3. Opakowania

Wybór opakowania jednostkowego lub zbiorczego uzależniony jest od następujących uwarunkowań:

- właściwości wyrobów przewidzianych do pakowania wyrobów, ich masy, wymiarów, kształtu a ponadto sposobu rozmieszczenia płaszczyzn i otworów umożliwiających ustawianie lub zamocowanie tych wyrobów w opakowaniach,
- przewidywanego sposobu składowania, rodzaju środków transportu, rodzaju przeładunków,
- odporności pakowanych wyrobów na uszkodzenia powstające na skutek występujących w transporcie, magazynowaniu i przeładunkach narażeń mechanicznych,
- wrażliwości wyrobów i opakowań na oddziaływanie czynników klimatycznych i biologicznych oraz odporności korozję,
- sugestie producenta dotyczące liczby sztuk w opakowaniu,
- wartość pakowanego wyrobu i opakowania transportowego.

Opakowanie spełnia wiele funkcji i zadań w procesie logistycznym, podstawowe znaczenie mają następujące funkcje:

- ochronna, polegająca na zabezpieczeniu przed utratą części lub całości wielkości lub jakości ładunku (czynniki mechaniczne, chemiczno – fizyczne, biotyczne, niepożądana działalność człowieka),
- ułatwiająca transport i magazynowanie, polegająca na dostosowaniu do współzależności wymiarowej powierzchni lub pojemności środków transportu i magazynowania,
- manipulacyjna, polegająca na ułatwieniu ręcznych lub mechanicznych prac ładunkowych,
- obniżająca koszt transportu, polegająca na zmniejszeniu masy lub objętości ładunku,
- recyklingu i ochrony środowiska, polegająca na ponownym wykorzystaniu opakowania lub surowca wtórnego,
- informacyjna, polegająca na sterowaniu procesami ochrony jakości i zarządzania,
- promocyjna, polegająca na budowaniu komunikacji z konsumentem (informacja, reklama, itp.),

Wymagania Unii Europejskiej stawiane w dyrektywach dotyczących opakowań narzucają konieczność stosowania materiałów podlegających recyklingowi. Regulacje te wynikają z tego, że:

- 50% objętości wszystkich odpadów stanowią opakowania,
- 30% wagi wszystkich odpadów to opakowania.

Ogólne zalecenia dotyczące gospodarki opakowaniami:

- ograniczenie ilości opakowań poprzez zmniejszenie stopni pakowania,
- preferowanie opakowań wielokrotnego użytku,
- kompostowanie odpadów z opakowań biodegradowalnych,
- spalanie nieużytecznych opakowań z odzyskaniem energii cieplnej,
- dobór odpowiednich materiałów na opakowania, w miarę możliwości winno się stosować materiały pochodzenia naturalnego rezygnując z materiałów uciążliwych dla środowiska,
- projektowanie opakowań z materiałów jednorodnych co pozwala na całkowity recykling,
- możliwość ponownego wykorzystania opakowań lub ich elementów,
- oznaczanie opakowań znakami recyklingowymi,
- oznaczenia graficzne materiałów opakowaniowych dla ułatwienia ich rozsortowania.

3.1. Podział opakowań

Opakowania dzielimy według:

1. Zasadniczej funkcji jaką pełni opakowanie w stosunku do zawartości:
 - transportowe,
 - jednostkowe,
 - zbiorcze.
2. Materiału, z którego wykonane są główne elementy konstrukcyjne opakowania:
 - papierowe, tekturowe,
 - szklane,
 - metalowe,
 - z tworzyw sztucznych,
 - z tkanin,
 - ceramiczne,
 - z materiałów kompozytowych (laminaty),
 - drewna.
3. Zasadniczego kształtu opakowania:
Opakowania jednostkowe częściowo osłaniające wyrób:
 - kubki otwarte,
 - owinięcia częściowe,
 - pudełka bez wieka
 - siatki,
 - tacki.

Opakowania jednostkowe całkowicie osłaniające wyrób:

- ampułki,
- balony,
- fiolki,
- kubki zamknięte,
- owinięcia całkowite,
- pudełka z wiekiem,
- butelki,
- puszki,
- słoje,
- tuby,
- torby.

Opakowania transportowe częściowo osłaniające wyrób:

- klamry,
- obejmmy,
- klatki,
- płozy,
- skrzynki bez wieka.

Opakowania transportowe całkowicie osłaniające wyrób:

- bańki,
- beczki,
- hoboki,
- kanistry,
- owinięcia całkowite,
- pojemniki zamknięte,
- pudełka,
- skrzynki z wiekiem,
- wiadra,
- worki.

4. Własności opakowania oraz formy obrotu nimi:

- własne – opakowania, które są własnością producenta,
- obce – opakowania stanowiące własność dostawcy.

5. Sposobu ich wykorzystania:

- opakowania do jednorazowego użytku,
- opakowania wielorazowego użytku.

3.1.1. Opakowania papierowe

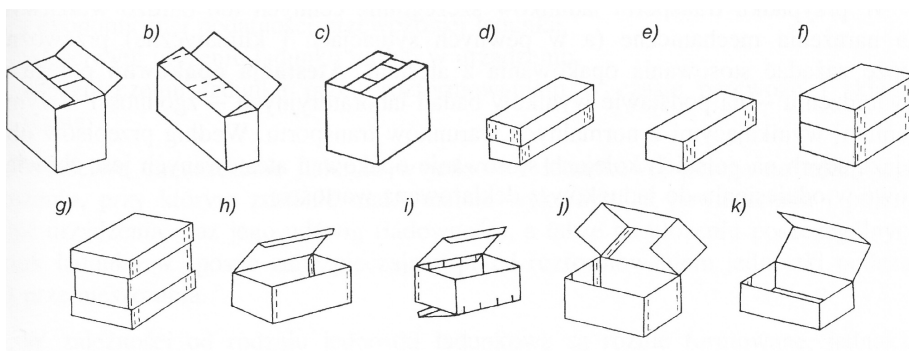
Opakowania papierowe są najbardziej rozpowszechnioną formą opakowań ze względu na ich niski koszt oraz możliwość recyklingu. Wyróżniamy tu dwa główne rodzaje opakowań:

1. Pudełka:

- otwarte – stosowane w przemyśle lekkim np. do pakowania koszul,
- klapkowe – np. do pakowania makaronu, proszków do prania,
- szufladkowe – np. pudełka na kredki, czekoladki,
- wieczkowe – np. do pakowania butów,
- klapowe z klapami zewnętrznymi stykającymi się,
- klapowe z klapami zewnętrznymi nakładającymi się,
- jednowieczkowe z wieczkiem zachodzącym na siebie,
- jednowieczkowe z wieczkiem zachodzącym całkowicie,
- dwuwieczkowe z wieczkami stykającymi się.

2. Worki papierowe:

- otwarte klejone
- otwarte szyte
- wentylowe klejone
- wentylowe szyte



Rys. 3.1. Rodzaje pudełek tekturowych [5]

3.1.2. Opakowania metalowe

Opakowania metalowe spotykane są w szerokim spektrum wyrobów począwszy od wyrobów kosmetycznych do produktów przemysłu chemicznego. Materiały do opakowań metalowych to przede wszystkim blacha:

- stalowa czarna (nie nadaje się do produktów spożywczych),
- stalowa ocynowana – biała (do produktów spożywczych),

- aluminiowa,
- stalowa ocynkowana,
- blacha chromowana,
- blachę aluminiowaną.

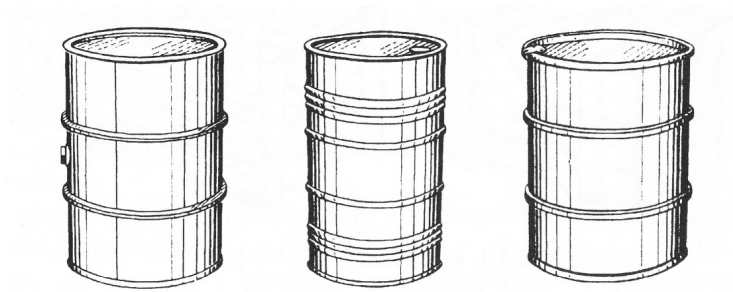
Opakowania metalowe dzielimy na:

Metalowe jednostkowe:

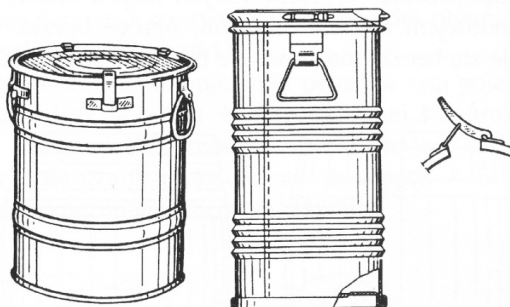
- puszki,
- fiolki,
- tuby
- tacki
- puszki kombinowane,
- kanistry,
- opakowania aerozolowe,
- torby,
- owinięcia.

Metalowe transportowe:

- bańki,
- butle stalowe,
- bębny (ciężkie, lekkie) – rys. 3.2
- hoboki – rys. 3.3,
- beczki,
- pojemniki metalowe,
- wiadra.



Rys. 3.2. Bębny metalowe [5]



Rys. 3.3. Hoboki metalowe [5]

Opakowaniami wielorazowego użytku do przewozu produktów przemysłu chemicznego i naftowego są hoboki oraz bębny. Konstrukcja powierzchni bocznej oraz rodzaj użytej blachy jest tu podobna. Cechą odróżniającą jest to, że hoboki posiadają całkowicie zdejmowaną powierzchnię czołową natomiast bębny wyposażone są jedynie w gwintowany korek. Charakterystyczne cechy konstrukcyjne:

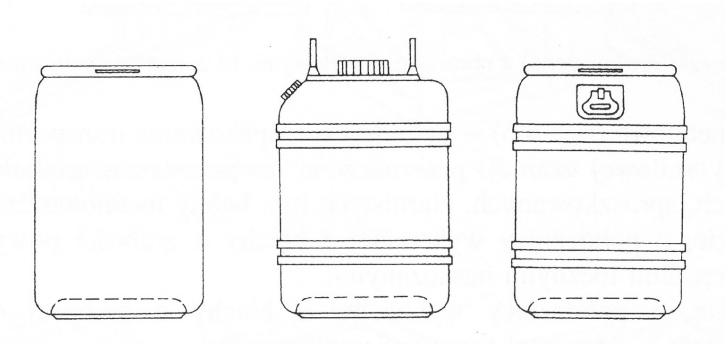
- hoboki i bębny ciężkie o pojemności do 200 litrów (paliwa płynne, smary), wykonane z blachy o grubości powyżej 1 mm,
- hoboki i bębny lekkie o pojemności 30 – 100 litrów, wykonane z blachy o grubości mniejszej od 1mm.

3.1.3. Opakowania z tworzyw sztucznych

Opakowania z tworzyw sztucznych są najczęściej spotykane ze względu na niewielki koszt wykonania, mały ciężar oraz możliwość uzyskania dowolnego kształtu opakowania. Mogą być wykonane z następujących materiałów:

- Polietylen PE,
- Polietylen PE – LD zwany wysokociśnieniowym lub miękkim, służy do wykonywania opakowań z folii termokurczliwej i rozciągliwej, butelek, tub, fiolek,
- Polietylen PE – HD zwany niskociśnieniowym lub twardym, wykonuje się z niego beczki, bębny (rys. 3.4), kanistry, wiadra, balony,
- Polipropylen PP – materiał na folie, fiolki oraz pudełka,
- Polistyren PS:
- Polistyren zwykły niskoudarowy – opakowania do leków,
- Polistyren wysokoudarowy – materiał na pudełka, słoje, fiolki, folia do wyrobów tacek i kubków,
- Polichlorek winylu PCW – materiał na folie miękkie i półsztywne, butelki, kubki,

- Kopolimery CW i chlorku winylu PCWD,
- Poliamidy PA – służy do wyrobu opakowań zamykanych próżniowo oraz na wyroby podlegające sterylizacji,
- Poliestry,
- Politereftalan etylenu PETF lub PET.



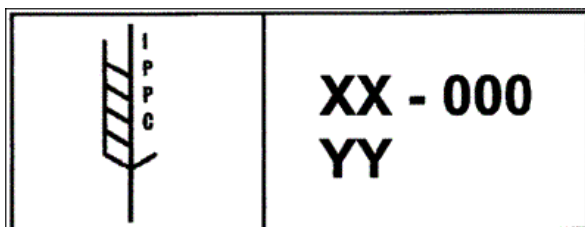
Rys. 3.4. Bębny polietylenowe [5]

3.1.4. Opakowania z drewna

Wszystkie materiały opakowaniowe o grubości powyżej 6 mm wytworzone z drewna surowego pochodzące z krajów trzecich, innych niż Konfederacja Szwajcarska powinny być wytworzone z okrągłego, okorowanego drewna oraz poddane jednemu z zabiegów określonych w Międzynarodowym Standardzie w zakresie Środków Fitosanitarnych (ISPM 15). Opakowania takie powinny być opatrzone znakiem (rys. 3.5) zgodnym z Międzynarodowym Standardem w zakresie Środków Fitosanitarnych (ISPM 15), zawierającym:

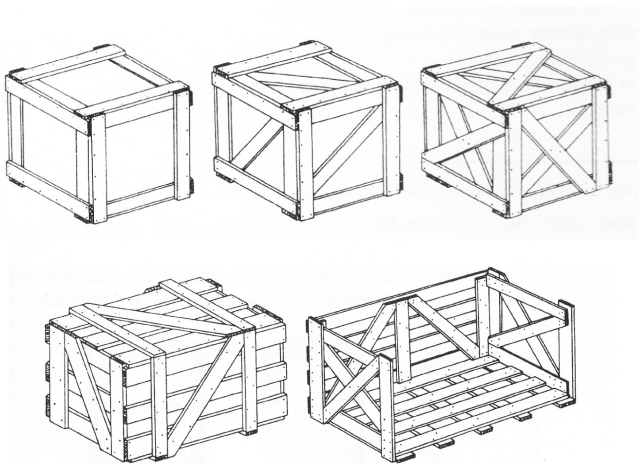
- **XX** - dwuliterowy kod ISO, kraju pochodzenia (np. Niemcy - DE)
- **000** - kod producenta
- **YY** - kod zastosowanego zabiegu (np. obróbka cieplna HT, suszenie komorowe KD, fumigacja MB, impregnacja CPI) oraz logo zgodne ze wzorem zamieszczonym w załączniku II do Międzynarodowego Standardu w zakresie Środków Fitosanitarnych (logo do dnia 31 grudnia 2007 r. nie stosuje się do opakowań drewnianych wytwarzanych lub przetwarzanych przed dniem 1 marca 2005r.)

W przypadku drewna okorowanego do skrótu oznaczającego zastosowany zabieg, zawartego w tym znaku dodaje się litery "DB".

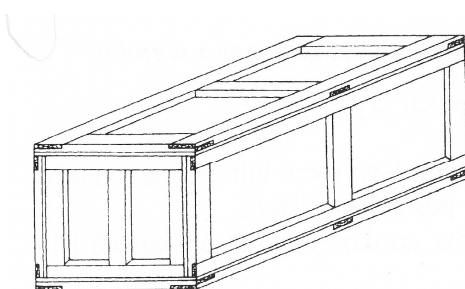


Rys. 3.5. Znak stosowany na wyrobach drewnianych [17]

Najczęściej spotykane wyroby drewniane to: palety, klatki (rys. 3.6) i skrzynki (rys. 3.7).



Rys. 3.6. Przykłady konstrukcji klatek drewnianych [5]



Rys. 3.7. Skrzynka drewniana z poszyciem z elementów płytowych [5]

3.2. Standaryzacja ładunków i system wymiarowy opakowań

Stosowanie nowoczesnych metod produkcji, transportu i magazynowania wyrobów wymaga koordynacji i wzajemnego dostosowania wielu parametrów technicznych dotyczących zagadnień konstrukcyjnych jak i technologicznych. W koordynacji wymiarowej występuje dosyć wyraźny łańcuch bezpośrednich i pośrednich zależności (rys. 3.8).

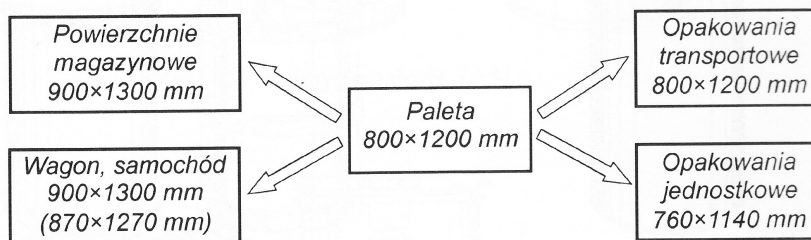
Podstawowymi elementami tego łańcucha są wymiary:

- powierzchni magazynowych,
- ramp, dróg dojazdowych, bram (drzwi) magazynów, dźwigów itp.
- urządzeń magazynowych, jak np. gniazda regałów,
- urządzeń transportu wewnętrznego i bliskiego (wózki podnośnikowe, unoszące itp.),
- przestrzeni ładownej środków transportowych (wagony kolejowe, samochody ciężarowe, ładownie statków, samolotów itp.),
- palet ładunkowych,
- opakowań transportowych, zbiorczych i jednostkowych.

W pracach dotyczących ujednoczenia wymiarów, przyjęto za podstawę wymiary powierzchni palet ładunkowych. Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna za pośrednictwem normy ISO 3394-1974, przyjęła początkowo trzy wymiary palet: 800x1000; 800x1200; 1000x1200. W wielu krajach europejskich, również w Polsce, uprzywilejowana jest paleta 800x1200 [mm], a także przyjęty w ramach ISO moduł 600x400 [mm].

Zalecenie normalizacyjne dotyczące koordynacji wymiarowej ustala:

- dla opakowań – wymiary palety 800x1200 pomniejszone o wartość 5%, tj. wymiary 760x1140,
- dla środków transportowych i pomieszczeń magazynowych – wymiary palety 800x1200 powiększone o luz manipulacyjny tj. 900x1300 (minimum 870x1270) zwane jako miejsce paletowe.



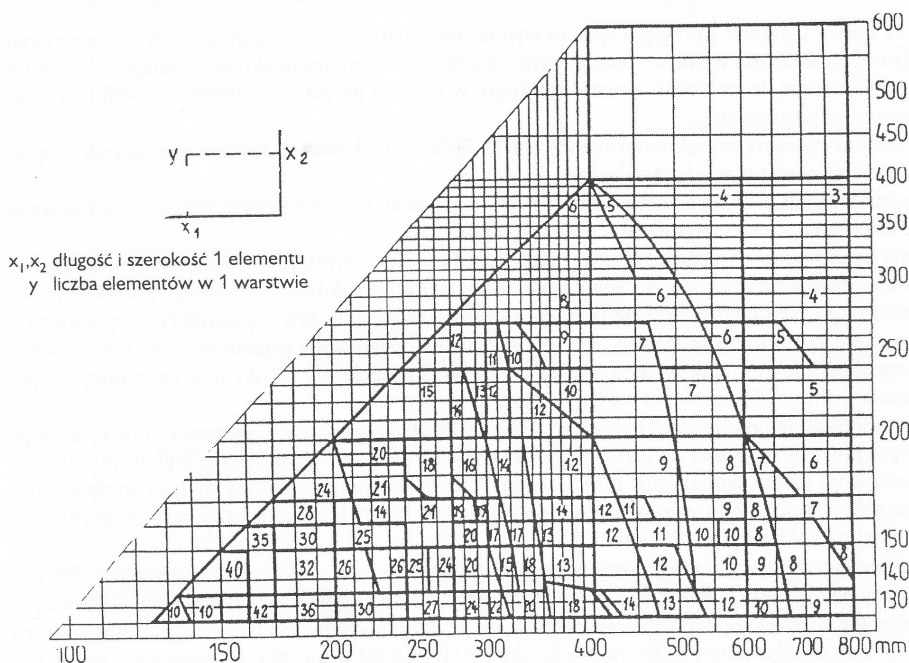
Rys. 3.8. Współzależności wymiarowe [17]

System wymiarowy opakowań to ograniczony ilościowo układ zalecanych wymiarów opakowań transportowych i jednostkowych. W Polsce przyjęto system wymiarowy oparty w swych założeniach teoretycznych na tzw. systemie norweskim, tj. ustalającym wewnętrzne wymiary opakowań transportowych (w przeciwieństwie do szwajcarskiego, w którym ustala się zewnętrzne wymiary opakowań transportowych). System ten został ujęty w normie PN-89/O-79021. Opiera się on na następujących zasadach:

- Podstawą wyjściową systemu wymiarowego opakowań transportowych jest uprzywilejowana paleta ładunkowa o wymiarach 800x1200 mm.
- Dla opakowań prostopadłościennych obowiązują szeregi wymiarów wewnętrznych opakowań transportowych oraz szeregi wymiarów zewnętrznych opakowań jednostkowych wkładanych do tych opakowań transportowych.
- Przyjęto założenie teoretyczne, że grubość ścianek opakowania transportowego powinna być wprost proporcjonalna do jego wielkości i wynosić przeciętnie 5% wymiarów liniowych opakowań.
- Wykorzystanie powierzchni ładownej palety przez opakowania transportowe o dnie prostokątnym powinno wynosić około 100%; dopuszcza się mniejsze wykorzystanie powierzchni palety, jednak nie poniżej 90%; opakowania nie mogą zbyt wystawać poza obrzeże palety.
- Jako największe wymiary liniowe opakowań transportowych przyjęto pomniejszone o 5% wymiary palety 800x1200 mm, a jako najmniejsze graniczny wymiar dla opakowań – 190 mm.
- Wymiary liniowe opakowań transportowych utworzono przez podzielenie pomniejszonych o 5% wymiarów palety przez liczby naturalne oraz przez odpowiedni dobór powstałych w ten sposób wymiarów wewnętrznych długości opakowań transportowych.

Postanowienia normy stosuje się przy projektowaniu opakowań transportowych z różnych tworzyw i do różnych towarów z wyjątkiem przypadków, gdy kształt towaru, wymagania odbiorcy zagranicznego lub inne specjalne okoliczności uzasadniają zastosowanie innych wymiarów opakowań.

Podstawowym warunkiem tworzenia jednostek ładunkowych jest prawidłowe układanie konkretnych opakowań na palecie. Wykorzystuje się tu nomogram (rys.3.9), ułatwia on określenie liczby sztuk opakowań transportowych o danych wymiarach podstawy, które można ułożyć na palecie w pierwszej warstwie. Przy układaniu dalszych warstw, czynności wykonywać w sposób naprzemianległy w celu lepszego zabezpieczenia uformowanej jednostki ładunkowej przed samoczynnym rozformowaniem.



Rys. 3.9. Nomogram do obliczania liczby opakowań transportowych na paletcie [11]

Jednostkę ładunkową można zdefiniować jako pewną liczbę opakowań ładunku, zestawionego w jedną całość przy wykorzystaniu pomocniczych środków wiążących lub urządzeń transportowych, w sposób zapewniający trwałość jej kształtu, wymiarów i zawartości, od miejsca jej zestawienia poprzez cały łańcuch transportowy aż do chwili rozformowania. Umożliwia ona pełną mechanizację przeładunków z zachowaniem warunków bezpieczeństwa i higieny pracy przy przewozie, przeładunkach i składowaniu.

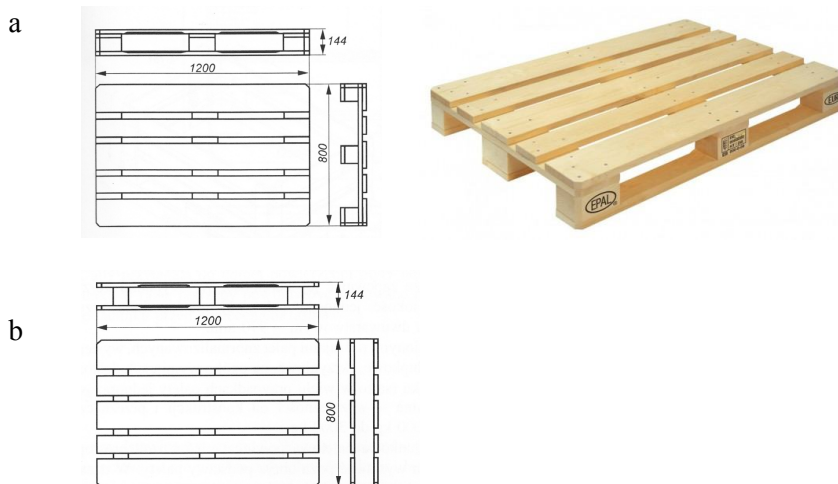
Rodzaje jednostek ładunkowych:

- jednostki paletowe, formowane przy użyciu palet tworzące tzw. ładunek spaletyzowany,
- jednostki pakietowe, formowane bez użycia palet, ale z wykorzystaniem różnego rodzaju środków wiążących, tworzące ładunek spakietyzowany,
- jednostki kontenerowe, formowane przy użyciu kontenerów (ładunek skonteneryzowany).

3.3. Palety

Termin „paleta ładunkowa” oznacza pomocnicze urządzenie magazynowo – transportowe, służące do formowania jednostek ładunkowych i przeznaczone do manipulowania wraz z ładunkiem za pomocą mechanicznych urządzeń przeładunkowych. Norma PN-90/M-78200 klasyfikuje 17 rodzajów palet. Najczęściej używane w procesie transportu to:

1. Palety drewniane płaskie, dwu – i czterowejściowe (800x1200 x 144), służą do formowania jednostek ładunkowych z wyrobów odpornych na uszkodzenia mechaniczne w czasie piętzenia i transportu (rys. 3.10).
2. Palety ramowe (rys. 3.11), stosowane do wyrobów opakowanych lub nie opakowanych, charakteryzujących się niską wytrzymałością na ściskanie.
3. Palety skrzyniowe – stosowane do ładunków o nieregularnych kształtach i niewielkich gabarytach. Wśród nich wyróżniamy:
 - ze ścianami z blachy, drewna płyt wiórowych, tworzyw sztucznych,
 - ze ścianami z siatki, prętów itp.,
 - nierozbieralne, o konstrukcji sztywnej uniemożliwiającej demontaż poszczególnych elementów,
 - rozbieralne o konstrukcji umożliwiającej demontaż poszczególnych elementów,
 - składane o konstrukcji umożliwiającej składanie poszczególnych elementów.



Rys. 3.10. Palety płaskie: a – jednopłytkowa, czterowejściowa bez skrzydeł, b – dwupłytkowa, dwujęściowa ze skrzydłami [42]

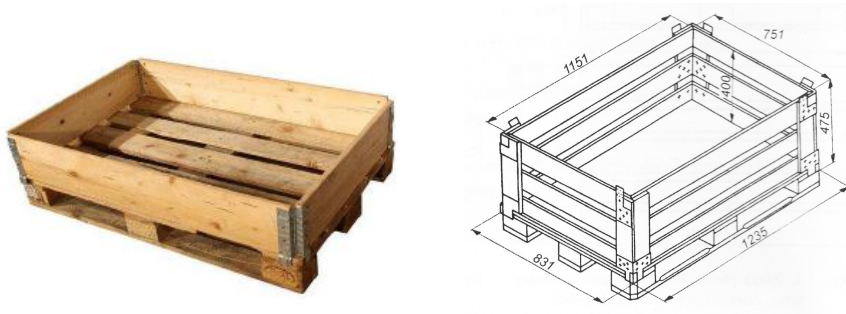
4. Palety specjalne – do formowania jednostek z wyrobów o specyficznych kształtach.

- do wyrobów o dużych gabarytach i nieregularnych kształtach,
- do wyrobów prostopadłościennych,
- do beczek i bębnow,
- do zwojów (papier, papa, dywany).

Najczęściej spotykane typy palet (długość x szerokość x wysokość [mm]):

- "europaleta" (EUR) - 1200 x 800 x 144, obciążenie do 1500 kg,
- 1/2 (EUR) - 800 x 600 x 144,
- powiększona (EUR) - 1200 x 1200 x 144,
- ISO - 1200 x 1000 x 144,
- przeznaczona do kontenerów - 1135 x 1133.

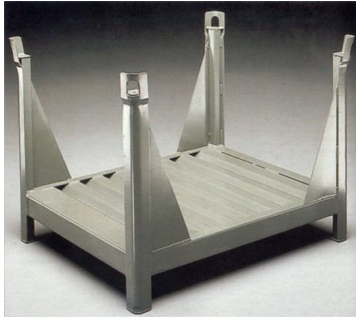
Zunifikowana jest także paleta skrzyniowa ażurowa (siatkowa) (rys. 3.12) o wymiarach 835x1240x970 mm, masie własnej ok. 100 kg, ładowności 900 kg i wytrzymałości przy spiętrzaniu 4100 kg. Istnieją także konstrukcje specjalne palet przeznaczone do przemieszczania określonego typu ładunku – rys. 3.13.



Rys. 3.11. Palety ramowe z nadstawką [42]



Rys. 3.12. Paleta skrzyniowa ażurowa [35]



a



b



c

Rys. 3.13. Palety specjalne: a – słupkowa, b – skrzyniowa, c – do transportu beczek [52]



a



b

Rys. 3.14. Sposoby zabezpieczenia jednostki ładunkowej: a – folia termokurczliwą [49], b – obciążenie folią i dodanie kątowników na krawędziach jednostki ładunkowej [47]

Przy projektowaniu spaletyzowanych jednostek ładunkowych, konieczne jest zabezpieczenie ładunku, tj. powiązanie jednostki ładunkowej z paletą w jedną całość, w sposób uniemożliwiający przemieszczenie wskutek sił bezwładności powstałych w procesie magazynowo - transportowym.

Stosuje się następujące sposoby zabezpieczenia (rys. 3.14):

- taśmy stalowe,
- taśmy i kaptury z tworzyw sztucznych,
- folie termokurczliwe całkowicie zabezpieczające jednostkę ładunkową i paletę (grubość folii wynosi od 0,1 do 0,3 mm),
- taśmy samoprzylepne,
- nadstawki paletowe,
- pokrowce.

W przemyśle spożywczym zrezygnowano z palet drewnianych i zastąpiono je paletami z tworzyw sztucznych. Przyczyną tego było to, że paleta drewniana poddana działaniu czynników atmosferycznych osiąga wilgotność ok. 40% a waga wzrasta do 23 – 30 kg. Dodatkowo paleta drewniana łatwo ulega zanieczyszczeniu przez grzybnie i mikroorganizmy.

W tej grupie palet wyróżnia się:

1. Palety lekkie

Dzielone są na palety typu euro o wadze 8 – 10 kg oraz palety typu poleuro o wadze 5 – 6 kg. Ich ładowność waha się do 100 do 200 kg. Palety te stosowane są głównie do transportu międzynarodowego na linii: Europa – Australia / Nowa Zelandia. W tych krajach używanie palet drewnianych jest zabronione ze względu na możliwość infekcji mikrobiologicznej.

2. Normalne palety magazynowe (rys. 3.15)

Posiadają wymiary euro palety (1200x800), waga 12 do 15 kg. Z przyczyn konstrukcyjnych mogą być używane tylko na taśmociągach i do składowania automatycznego z wyłączeniem składowania wysokiego. Używane głównie w przemyśle spożywczym do transportu żywności.

3. Palety ciężkie

Są wyposażone w trzy płozy i przystosowane do automatycznych systemów magazynowania, waga palety 18 – 25 kg, wymiary 1200x800 mm. Jest to tzw. higieniczna paleta bez zagłębień i brzegów, w których mogłyby gromadzić się brud, skonstruowana głównie z myślą o transporcie mięsa.



Rys. 3.15. Paleta plastikowa [28]

3.4. Pojemniki

Wyroby o małych gabarytach składowane luzem lub w opakowaniach jednostkowych, a także wyroby nieodporne na uszkodzenia mechaniczne w czasie magazynowania i transportu mogą być pakowane do metalowych lub z tworzyw sztucznych pojemników wielokrotnego użytku.

Rodzaje pojemników (rys. 3.17):

- Pojemniki metalowe z blachy wykonywane jako nieskładane z zamknięciami przystosowanymi do plombowania. Stosowane są do formowania jednostek ładunkowych z wyrobów drobnych (śruby, łożyska, nakrętki).
- Pojemniki metalowe siatkowe wykonywane jako składane z zamknięciami umożliwiającymi plombowanie, o wymiarach podstawy 400x800, 600x800 oraz 1200x800. Stosowane są do formownia jednostek ładunkowych z wyrobów przestrzennych, lekkich.
- Pojemniki z tworzyw sztucznych (PE-HD) wykonywane jako nieskładane lub składane. Posiadają wieko przystosowane do plombowania lub nie posiadają wieka. Stosowane są do formownia jednostek ładunkowych z wyrobów drobnych nieopakowanych lub opakowanych.
- Pojemniki drewniane lub z materiałów drewnopochodnych wykonywane są jako nieskładane lub składane o wymiarach podstawy 400x800 oraz 600x800, z zamknięciami umożliwiającymi plombowanie. Stosowane są do pakowania artykułów technicznych, piśmiennych, pasmanterii itp.

Pojemniki szeroko stosowane są w logistycznych systemach transportu wewnętrznego. Zalecane jest tu stosowanie trzech rodzajów pojemników uniwersalnych: a – o module 800x400 i wysokości 200, b i c – pojemników o modułach 800x400 oraz 800x600 i wysokości 400. Dobór takich modułów geometrycznych wymusza potrzebę wdrażania paletyzacji w magazynach hurtowych na bazie europalet 800x1200 oraz palet 1000x1200. Obowiązująca w Polsce norma PN87/M-78106 określa pięć typów wielkości pojemników magazynowo – transportowych z blachy stalowej i oznaczonych symbolami od 1-P do 5-P, których podstawowe parametry zestawiono w tabeli 3.1 i rys. 3.18.



Rys. 3.17. Podstawowe rodzaje pojemników [35]: a – pojemnik siatkowy, b – pojemniki metalowe otwarte, c – skrzynka plastikowa

Tabela 3.1. Podstawowe parametry pojemników z serii P

Typ	Wymiary długość x szerokość x wysokość	Masa własna kg	Nośność kg
1-P	150 x 100 x 70	0,8	5
2-P	200 x 150 x 100	1,4	10
3-P	300 x 200 x 130	2	25
4-P	400 x 300 x 200	3	50
5-P	600 x 400 x 200	5,5	100

Źródło: opracowanie własne przy wykorzystaniu zasobów Internetu [28].

Najbardziej znanymi pojemnikami na elementy małogabarytowe i normalia jest typoszereg pojemników skrzynkowych typu KLT (rys. 3.19) wykonanych z polipropylenu barwionego na niebiesko (stąd obiegowa niemiecka nazwa – blaue Kasten). Koncepcja KLT opiera się na zalecanych przez ISO modułach wymiarowych 600x400 (pojemniki serii 64), modułach 400x300 (pojemniki serii 43) i modułach 300x200 (pojemniki serii 32) – tabela 3.2.



Rys. 3.18. Pojemniki metalowe zamknięte z serii P [28]

Łącznie system KLT zawiera 10 podstawowych wielkości typowymiarowych pozwalających na optymalne wykorzystanie palety 1200x800 jak i palety 1000x1200. System KLT wdrożony został jako standard w niemieckim przemyśle motoryzacyjnym.

Tabela 3.2. Parametry podstawowego typoszeregu KLT

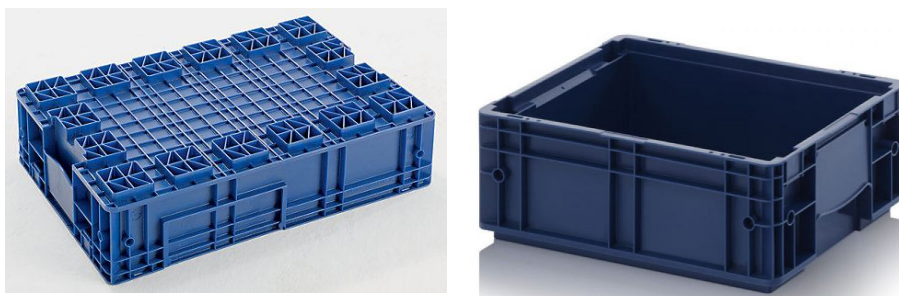
Typ	Wymiary długość x szerokość x wysokość	Pojemność dm ³	Nośność Kg
KLT 6428	600x400x280	43	50
KLT 6421	600x400x213	30	
KLT 6417	600x400x174	23	
KLT 6414	600x400x147	18	
KLT 4328	400x300x280	19	
KLT 4321	400x300x213	14	
KLT 4317	400x300x174	11	
KLT 4314	400x300x147	9	

Źródło: opracowanie własne przy wykorzystaniu zasobów Internetu [42].

Podczas konstrukcji pojemników KLT uwzględniono zmniejszenie efektywnej wysokości pojemników o wartość $H_g=15$ [mm], wskutek zanurzenia się górnego pojemnika w dolny podczas ich piętrzenia – idea łączenia podobna jak w klockach Lego (rys. 3.20).



Rys. 3.19. Pojemniki KLT na palecie [42]



Rys. 3.20. Pojemnik KLT [42]

3.5. Pakiety

Pakietami nazywa się bezpaletowe jednostki ładunkowe uformowane w takiej postaci, która umożliwia operowanie nimi podczas transportu i magazynowania. Cechą charakterystyczną pakietów jest to, że ich wymiary (bywa że tylko jeden z tych wymiarów np. długość) są większe od gabarytów typowej palety. Pakietowe jednostki ładunkowe formowane są przeważnie z wyrobów nieopakowanych o wymiarach większych od wymiarów typowej palety ładunkowej, a więc szkła płaskiego, płyt pilśniowych, blach i rur stalowych, metalowych elementów konstrukcyjnych, elementów armatury ogrzewczej, wentylacyjnej, itp. Towary w pakietach są często spięte taśmą lub drutem. Pakiety są formowane w taki sposób, który umożliwia ich mechaniczny przeładunek, transport i składowanie. Wprowadzenie pakietów, oprócz ułatwienia prac przeładunkowych, pozwoliło również uzyskać inne korzyści.

Poprzez użycie drutów i taśm zaoszczędzono na opakowaniach transportowych i jednostkowych. Kształt pakietów najczęściej umożliwia zaoszczędzenie powierzchni składowej dzięki ich piętrzeniu. Pozwala on również na zastosowanie zunifikowanego sprzętu przeładunkowego – co najwyżej wózki podnośnikowe należy wyposażyć w odpowiedni osprzęt.

Masa pakietu powinna być dostosowanej do szeregu udźwigów urządzeń ładunkowych zaś wymiary powinny mieścić się w obrysie kolejowej skrajni ładunkowej i dopuszczalnych wymiarach dla pojazdów drogowych oraz wykorzystujących racjonalnie powierzchnię i przestrzeń środków przewozowych.

Typowe szeregi udźwigów urządzeń ładunkowych [kg]:

630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000, 5000, 6300 itd.

3.6. Kontenery

Kontener to opakowanie trwale chroniące przewożony ładunek od uszkodzeń mechanicznych, warunków atmosferycznych oraz wszelkich sytuacji mogących spowodować jego uszkodzenie. Konstrukcyjnie to metalowa skrzynia, służąca do przewozu drobnicy zapakowanej zazwyczaj w opakowania kartonowe, paczki, skrzynie, worki, które czasami dodatkowo mogą być umieszczone na europaletach (rys. 3.21).



Rys. 3.21. Wnętrze kontenera [7]

Komitet techniczny ISO TC 104 opracował w 1968 następującą definicję kontenera:

- jest to urządzenie transportowe trwałe o konstrukcji gwarantującej wielokrotne użycie,
- budowa jego umożliwia przewóz jednym lub wieloma środkami transportu bez konieczności przeładowywania zawartego w nim ładunku,
- jest odpowiednio wyposażone, w celu ułatwienia mocowania, manipulowania oraz przeładunku z jednego środka transportu na drugi,
- konstrukcja jego umożliwia łatwy załadunek i rozładunek towarów.

Dokonano ustalenia ogólnoświatowego standardu (tabela 3.3) określającego: wymiary, maksymalną masę brutto, oznakowanie, sprecyzowano konstrukcję kontenerów oraz ich wytrzymałość. Wymiary: standaryzowane do długości 20 stóp (1 kontener 20-stopowy = 1 TEU) mogą mieć również długość 30, 40 lub 45 stóp. Maksymalna ładowność kontenera zazwyczaj nie przekracza 28 ton.

Tabela 3.3. Podstawowe wymiary wybranych kontenerów [17]

Nazwa kontenera (symbol)	Długość x Szerokość x Wysokość	Objętość
20 stopowy (20 ft)	20 ft x 8 ft x 8 ft 5 in 6,1 m x 2,4 m x 2,6 m	ok. 33 m ³
40 stopowy (40 ft)	40 ft x 8 ft x 8 ft 6 in 12,2 m x 2,4 m x 2,6 m	ok. 67 m ³
40 stopowy High Cube (40 ft HC)	40 ft x 8 ft x 9 ft 6 in 12,2 m x 2,4 m x 2,9 m	ok. 76 m ³

Ze względu na przeznaczenie i budowę dokonano podziału na następujące typy kontenerów:

- kontener o kontrolowanej temperaturze – *temperature controlled* – do przewozu ładunków w temperaturze od -25°C do $+25^{\circ}\text{C}$, oprócz kontenerów klimatyzowanych wśród nich wyróżnia się:
 - kontener chłodniczy – *refrigerated container*,
 - kontener izotermiczny – *insulated container*,
 - kontener ogrzewany – *heated container*,
 - kontener termiczny – *thermal container*,
 - kontener termiczny mechanicznie chłodzony – *mechanically refrigerated container*,

- kontener z otwartym dachem – *open top "bulkainers"* – przeznaczony do przewozu ładunków masowych, maszyn,
- kontener o bokach otwartych – *open side* – do przewozu ponadnormatywnych ładunków,
- kontener z otwartym dachem i bokiem – *flushfolding flat-rack container* – dla ładunków ciężkich i gabarytowych,
- kontener platforma – *platform container* – jw., posiadają wytrzymałą podłogę dla ładunków o dużych naciskach punktowych,
- kontener z wentylacją – *ventilated container* – do przewozu ładunków organicznych,
- kontener cysterna – *tank container* – do przewozu ładunków płynnych,
- kontener o podłodze tocznej – *rolling floor* – przeznaczony dla trudnych do przemieszczenia ładunków,
- kontener do przewozu gazów – *Gas Bottle*,
- kontener agregat – *Generator* – mieszczący w sobie urządzenia gotowe do pracy np. zespoły prądotwórcze, stacje uzdatniania wody, itp.,
- kontener składany – *Collapsible ISO*,
- kontener o zdejmowalnej obudowie (ścianach wraz sufitem) – *Swapbody*.
- kontener uniwersalny ogólnego przeznaczenia – general purpose "dry van" – przeznaczony do przewozu: towarów w opakowaniach kartonowych, paczkach, skrzyniach, workach, balach, paletach, bębnach,
- kontener o podwyższonej wysokości – *high cube*,
- kontener o podwyższonej wysokości i szerokości – *high cube palletwide* – do przewozu europalet,

Charakterystyka techniczno-eksploatacyjna kontenera obejmuje: pojemność, maksymalną masę brutto, wyposażenie konstrukcyjne (np. naroża zaczepowe, otwory naładunkowe, instalacje rurociągowe, konstrukcje czołowe składane w kontenerach typu płytowego) wyposażenie dodatkowe (np. izolacja cieplna, agregaty chłodzące).

System znakowania i kodowania (wg PN-EN ISO 6436) dotyczy wszystkich kontenerów znormalizowanych w ramach ISO oraz ich wyposażenia. Kontenery posiadają numery o składni ABCD 123456-7 (cztery litery, 6 cyfr i cyfra kontrolna) składa się z:

- kodu właściciela (trzy litery),
- identyfikatora kategorii wyposażenia (jedna litera),
- numeru seryjny (sześć cyfr),
- cyfry kontrolna (jedna cyfra).

Oprócz tego kontener posiada znaki obligatoryjne i fakultatywne dotyczące eksploatacji. Fizyczne przedstawienie i rozmieszczenie znaków na kontenerze zawarte jest w normie PN-EN ISO 6346. Wymagania wobec znakowania kontenerów stanowią też konwencje: CSC, celna, TIR.

3.6.1. Charakterystyka wybranych kontenerów

1 – Kontenery uniwersalne drobnicowe 20' (general purpose cotainers).
Stalową konstrukcję kontenera stanowi podstawa i słupki narożne (rys. 3.22). Podłoga kontenera przejmująca masę ładunku musi ponadto wytrzymać manewrującą układarkę z towarem. Na podłodze i ścianach wewnętrznych znajdują się uchwyty do mocowania ładunku. Najmocniejszą częścią kontenera są słupki narożne z dolnymi i górnymi narożami zaczepowymi, które służą do mocowania i podnoszenia kontenera podczas przeładunku. Podwójne drzwi są wodoszczelne, zamykane na 2 lub 4 zamki z otworami do kłódek i plomb. Dach jest najsłabszą częścią kontenera i nie wolno na niego nic ładować.

Tabela 3.4. Wymiary kontenera uniwersalnego [17]

Kontener 20 ft (6,1 x 2,4 x 2,6 [m])					
Średnie wymiary wewnętrzne [m]			Średnie wymiary drzwi [m]		Średnia objętość [m ³]
Długość	Szerokość	Wysokość	Szerokość	Wysokość	
5,89	2,34	2,4	2,33	2,29	33,3



Rys. 3.22. Kontener uniwersalny drobnicowy [7]

Kontenery uniwersalne przeznaczone są do przewozu wszystkich ładunków drobnicowych. Po dokonaniu modyfikacji mogą być również wykorzystywane do transportu ładunków luzem, zarówno sypkich, jak i ciekłych. Ładunki sypkie przewozi się w jednym „big-bag’u” (worku z tworzywa sztucznego) ładowanym pneumatycznie i wypełniającym wnętrze kontenera. Do wyładunku potrzebne

jest urządzenie pneumatyczne lub naczepa kontenerowa wywrotka. Neutralne ciecze przewozi się przy użyciu tzw. flexitanków, co niejednokrotnie jest tańsze od transportu w kontenerach zbiornikowych.

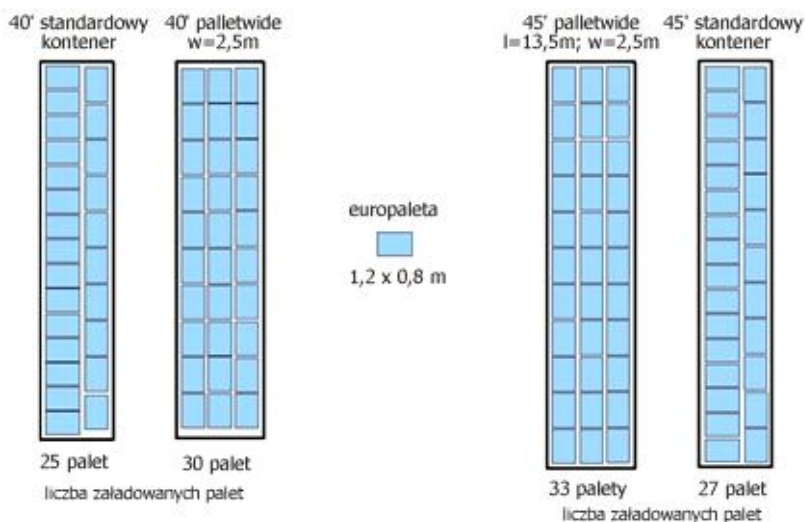
Tara kontenera waha się od 1,8 do 2,5t. Średnia ładowność wynosi 21,8t. Buduje się również kontenery o podwyższonej ładowności 27 t. W praktyce masę towaru, którą można załadować do kontenera, ogranicza nie tylko jego ładowność, ale również przepisy drogowe i kolejowe oraz rodzaj używanego taboru.

2 – Kontenery paletowe "palletwide.

Kontenery palletwide skonstruowano na bazie 40' kontenerów uniwersalnych. Zwiększono szerokość wewnętrzną kontenera, w celu umożliwienia załadunku poprzecznego trzech europalet lub dwóch palet przemysłowych (rys. 3.23). W kontenerze 45'PW osiągnięto ładowność, jak w naczepie samochodowej. Kontenery palletwide używane są w żegludze bliskiego zasięgu (relacje europejskie) tam, gdzie transport morski musiał sprostać konkurencji transportu samochodowego. Wymiary kontenerów paletowych zamieszczono w tabeli 3.5

Tabela 3.5. Wymiary kontenera paletowego [17]

Rodzaj	40' PW	45' PW
Wymiary wewnętrzne [mm]		
Długość	12100	13556
Szerokość	2426	2444
Wysokość	2694	2695
Światło drzwi [mm]		
Szerokość	2360	2416
Wysokość	2585	2585
Max ładowność [kg]	29850	29340
Pojemność [m ³]	79,1	89,2
Możliwość ładunkowa		
Europalety 1200x800	30	33
Przemysłowe 1200x1000	24	27



Rys. 3.23. Sposób rozmieszczenia palet w kontenerze paletowym [7]

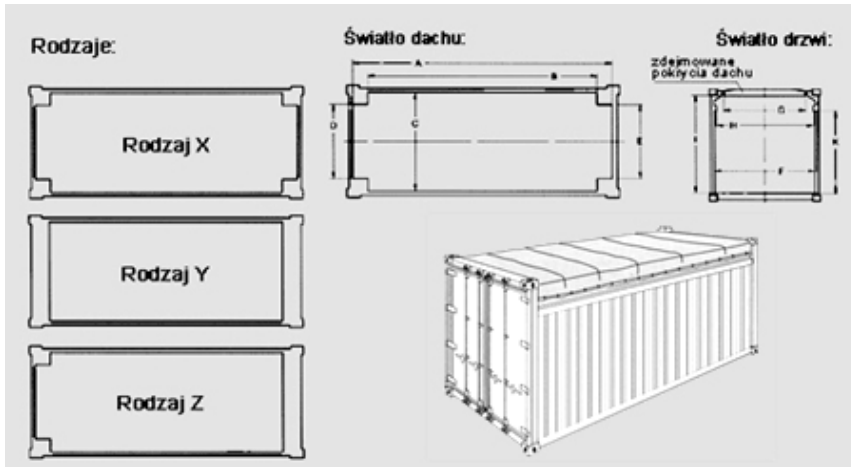
3 - Kontenery uniwersalne 20' z otwartym dachem (open top containers).

Kontenery Open Top przeznaczone są głównie do przewozu ładunków, których nie można zasztatować do standardowego kontenera przez drzwi ze względów manipulacyjnych, ładowanych od góry (np. dźwigiem), przekraczających wysokość kontenera standardowego. Konstrukcja kontenera daje możliwość załadunku z wykorzystaniem całego światła otworu dachu i drzwi (rys. 3.24). Dach kontenera okrywany jest wodoszczelną plandeką wyposażoną w linkę z zamknięciem celnym. Podłoga i ściany kontenera posiadają uchwyty mocujące. Dopuszczalne obciążenie podłogi kontenera przy użyciu wózków widłowych niejednokrotnie przekracza o 33% wymagania ISO.

Należy dodatkowo pamiętać, że:

- tara i ładowność kontenera *open top* są silnie zróżnicowane w zależności od serii i rodzaju; w przypadku ładunków o wymiarach i wadze bliskiej parametrom uśrednionym, konieczne jest zweryfikowanie danych z gestorem kontenera
- konstrukcja otworu dachowego znacznie ogranicza jego światło w stosunku do innych analogicznych wymiarów wewnętrznych kontenera – tabela 3.6.

Kontenery open top coraz częściej wykorzystywane są do transportu towarów sypkich. Ładunek zasypuje się z góry, a do grawitacyjnego wyładunku używa się naczep kontenerowych wywrotek.



Rys. 3.24. Szczegóły konstrukcyjne kontenera z otwartym dachem [7]

Tab. 3. 6. Wymiary kontenera z otwartym dachem [17]

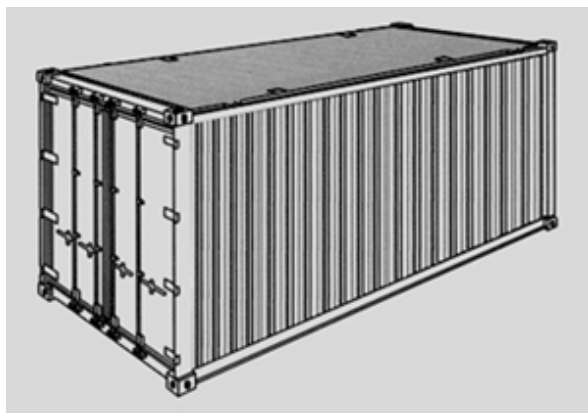
Kontener Open Top 20 ft x 8ft x8ft 6in (6,1 m x2,4 m x 2,6 m)					
Dach – średnie parametry dla rodzaju X					Objętość [m ³]
Długość [m]		Szerokość [m]			
A	B	C	D	E	
5,70	5,08	2,20	1,505	1,85	32,4
Drzwi – średnie parametry dla rodzaju X					Objętość [m ³]
Szerokość [m]			Wysokość [m]		
F	G	H	I		
2,315	1,680	2,20	2,08		32,4

4 - Kontenery 20' Hardtop

Kontener przeznaczony do przewozu ładunków ciężkich i wysokich, które trudno lub nie można załadować do standardowego kontenera. Konstrukcja kontenera umożliwia załadunek zarówno od góry i przez otwór drzwiowy z demontowaną belką górną (rys. 3.25). W odróżnieniu od kontenera open top, hardtop ma zdejmowany stalowy wodoszczelny dach (o wadze ok. 450 kg). Na czas transportu ładunków przewyższających wysokość kontenera, dach można

umieścić pionowo we wnętrzu kontenera. Powoduje to jednak zmniejszenie szerokości ładunkowej kontenera. Kontener wyposażony jest w liczne uchwyty mocujące. Wytrzymałość podłogi kontenera na manipulacje ładunkowe wózkiem widłowym o 33% przekracza wymagania ISO.

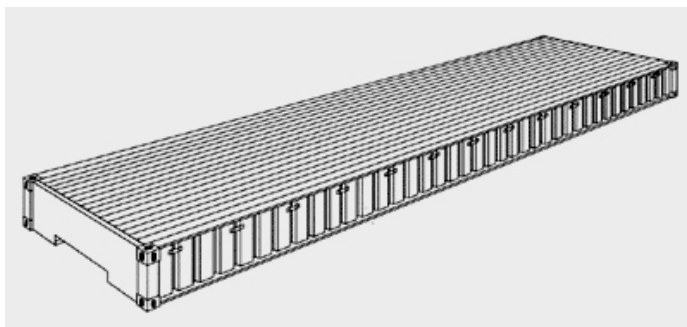
Kontenery hardtop należą do sprzętu specjalistycznego. Należy je zazwyczaj specjalnie zamawiać i liczyć się ze znacznie droższym frachtem od kontenera standardowego. Podobnie jest w przypadku kontenerów open top.



Rys. 3.25. Wygląd kontenera Hardtop [7]

5 - Kontenery platformy (platform) .

Kontenery platformy mają długość 20' i 40'. Przeznaczone są do przewozu ładunków ciężkich i gabarytowych (rys. 3.26). Ładowność kontenerów platform 40' wynosi ok. 40 ton i znacznie przewyższa inne rodzaje kontenerów. Wytrzymała podłoga umożliwia transport ładunków o dużych naciskach punktowych. Kontenery te używane są w relacjach port-port.



Rys. 3.26. Kontener paletowy [7]

Podobnie jak kontenery „flaty”, w kombinacji kilku mogą tworzyć na pokładzie lub w ładowni statku tzw. tween deck czyli obszar do transportu ładunków niekontenerowych. Kontenery platformy wyposażone są w uchwyty mocujące o podwyższonej wytrzymałości, znajdujące się na podłodze i belkach bocznych.

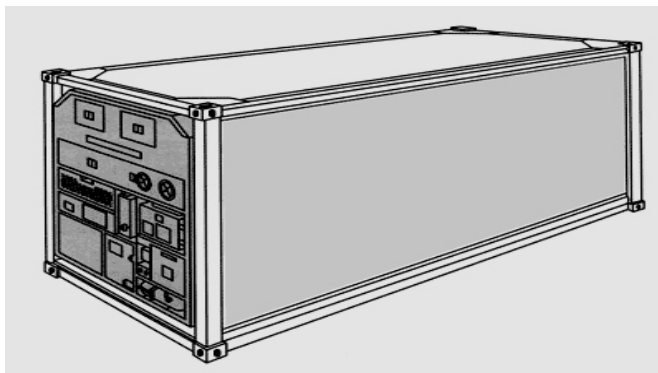
6 - Kontenery chłodnicze (refrigerated containers).

Kontenery chłodnicze służą do transportu ładunków wymagających stałej temperatury (rys. 3.27). Ściany mają konstrukcję przekładową wypełnioną pianką poliuretanową. Podłoga wykonana jest z aluminiowych T-gratingów spełniających funkcję kanałów powietrznych. Jednostka chłodząca podtrzymuje automatycznie stałą temperaturę w przedziale ok. +25°C – -25°C tak długo, jak różnica pomiędzy temperaturą zewnętrzną i zadaną nie przewyższy dla grzania 42°C, chłodzenia 65°C.

Tabela 3. 7. Wymiary kontenera chłodniczego [17]

Kontener 20 ft x 8 ft x8 ft 6 in (6,1 x 2,4 x 2,6 [m])					
Średnie wymiary wewnętrzne [m]			Średnie wymiary drzwi [m]		Średnia objętość [m ³]
Długość	Szerokość	Wysokość	Szerokość	Wysokość	
5,54	2,26	2,247	2,26	2,20	27,7
Kontener 40 ft x8 ft x8 ft 6 in (12,2 x 2,4 x 2,6 [m])					
Średnie wymiary wewnętrzne [m]			Średnie wymiary drzwi [m]		Średnia objętość [m ³]
Długość	Szerokość	Wysokość	Szerokość	Wysokość	
11,50	2,27	2,20	2,27	2,17	57,8

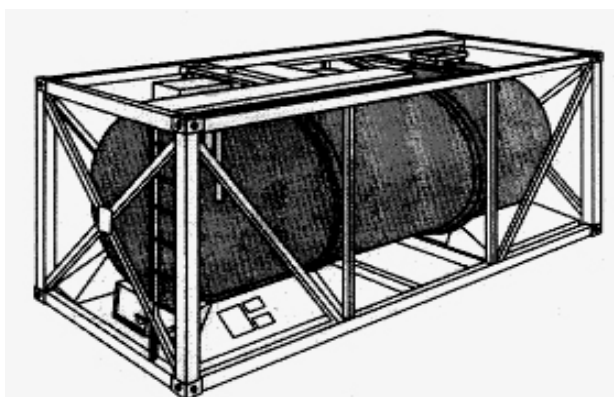
Załadowując towar w kontenerze należy pamiętać o pozostawieniu na górnej płaszczyźnie ładunku szczeliny powietrznej o szerokości około 75 mm. Tara kontenerowa 20'R przekracza 3 tony, a 40'R – 4 tony. Należy zwracać uwagę na częste w praktyce przekroczenia wagi brutto kontenera, szczególnie w aspekcie ograniczeń drogowych. Zasilanie 380V/50Hz–440V/60Hz lub 200V/50Hz-220V/60Hz.



Rys. 3.27. Kontener chłodniczy [7]

7 - Kontenery zbiornikowe.

Kontenery zbiornikowe przeznaczone są do transportu płynnych chemikaliów lub cieczy pitnych. Zbiornik z całym oprzyrządowaniem umieszczony jest w ramie uniwersalnego kontenera 20' (rys. 3.28). Jego konstrukcja odpowiada wymogom IMDG. Do transportu artykułów spożywczych używa się jedynie specjalnych kontenerów oznakowanych "Potable Liquids only". Kontenery napełnia się zazwyczaj w min 80%, by zapobiec niebezpiecznym, gwałtownym falowaniom cieczy podczas transportu. Maksymalne napełnianie sięga 95% z powodu rozszerzalności cieplnej. Pojemność wynosi ok. 20,000 litrów. Ilość ładowanego towaru zależy od jego ciężaru właściwego, rezerwy ekspansyjnej zbiornika, tary kontenera i przepisów drogowych



Rys. 3.28. Kontener zbiornikowy [7]

3.7. Paletyzacja przedmiotowa

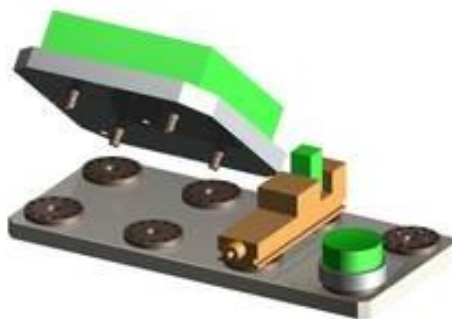
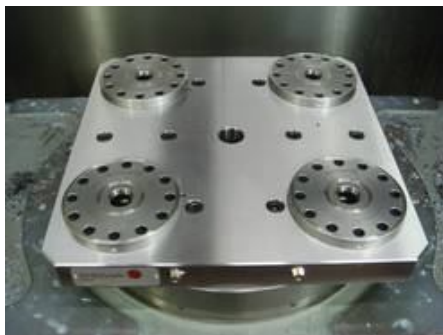
Paletyzacja ładunków w elastycznych systemach produkcji (ESP) realizowana jest poprzez stosowanie tzw. palet przedmiotowych (obróbkowych) wykonywanych w wersjach:

- uniwersalnej o szerokim zastosowaniu w różnych podsystemach produkcji (rys. 3.29),
- specjalnej, z możliwością zastosowania tylko do określonego wyrobu i określonych warunków obróbki.

Palety przedmiotowe służą zarówno jako przyrządy do obróbki i transportu detali w ramach ESP. Są one przystosowane do składowania w magazynach regałowych i magazynach trzystanowiskowych (rys. 3.30). Umożliwiają dokładne pozycjonowanie przedmiotów na stołach obrabiarek i środkach transportu. Detale mogą być mocowane na paletach bezpośrednio lub za pomocą specjalnych przyrządów o sterowaniu hydraulicznym, elektrycznym bądź pneumatycznym. Stosowanie palet przedmiotowych charakteryzuje się małą liczbą wymaganych sprzężeń w systemach „przedmiot – paleta: lub „paleta – obrabiarka”. Zastosowanie palet przedmiotowych umożliwia min.:

- łatwą orientacją przedmiotów obrabianych,
- oszczędność powierzchni,
- lepsze wykorzystanie powierzchni magazynowej,
- łatwiejszy dostęp dla urządzeń manipulacyjnych.

Palety przedmiotowe stosowane przy obróbce detali umożliwiają zamocowanie jednego lub kilku przedmiotów bezpośrednio lub w przyrządach (najczęściej to uniwersalne przyrządy składane), a także na umieszczenie i zamocowanie palety na stole obrabiarki.



Rys. 3.29. Paleta przedmiotowa umożliwiająca transport różnych detali [36]

Paleta specjalna oprócz funkcji transportowej spełnia równocześnie funkcje zasobnika przedmiotów obrabianych (rys.3.31). W skład palety wchodzi wkładki ustalające oraz przyrząd mocujący. Zastosowanie takiej palety wymusza

stosowanie dodatkowych urządzeń manipulacyjnych do wyjmowania detali z palety i zakładania ich na obrabiarkę. Urządzenia te stanowią integralną część obrabiarki, są to tzw. manipulatory portalowe.



Rys. 3.30. Elementy integracyjne w ESP: a - układ modułowy stanowiący zestaw palet przedmiotowych zamontowanych na palecie transportowej, b – składowanie modułów w magazynach regałowych [45]

Na powierzchni robocza palety przedmiotowej mogą być wykonane rowki teowe lub gwintowane i w zależności od tego rozróżnia się typy powierzchni roboczych:

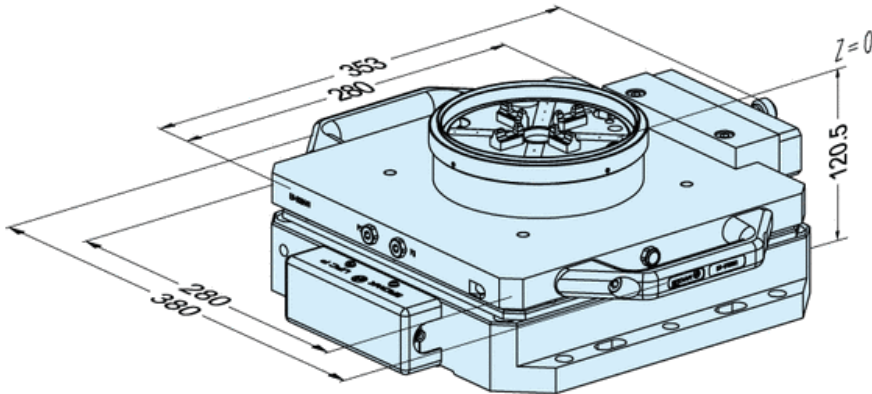
- typ 1 – powierzchnie z otworami gwintowanymi,
- typ 2 – powierzchnia z rowkami teowymi,
- typ 3 – powierzchnia z rowkami teowymi i prostopadłymi rowkami wpustowymi,
- typ 4 – powierzchnia gładka,
- typ 5 – powierzchnia z promienistym układem rowków teowych,
- typ 6 – powierzchnia z krzyżowym układem rowków teowych.

Paleta przedmiotowa jest ustawiana na obrabiarce jednym ze sposobów:

- przy wykorzystaniu dwóch otworów walcowych w palecie i dwóch kołków walcowych w obrabiarce,
- przy wykorzystaniu dwóch otworów stożkowych w palecie i dwóch kołków stożkowych w obrabiarce.



Rys. 3.31. Paleta przedmiotowa przystosowana do transportu serii detali przeznaczonej do obróbki [36]



Rys. 3.32. Paleta przedmiotowa systemu ITS [36]

Przedmioty obrabiane lub uchwyty obróbkowe są ustawiane na roboczej powierzchni palety przy wykorzystaniu jednego z następujących sposobów:

- za pomocą elementów ustalających,
- przy wykorzystaniu otworu centralnego i pomocniczego otworu ustawczego,
- przy wykorzystaniu otworu i rowka centralnego – jeżeli na powierzchni roboczej są rowki teowe,
- przy wykorzystaniu dwóch prostopadłych poprzecznych rowków wpustowych,
- przy wykorzystaniu dwóch przelotowych otworów pozycjonujących.

Innym rozwiązaniem palet przedmiotowych jest system ITS firmy Erowa charakteryzujący się bardzo dużą powtarzalnością pozycjonowania (0,002 mm) i bezpieczeństwem mocowania podczas obróbki. Ustalanie odbywa się poprzez znajdującą się na palecie sprężystą płytę na czterech elementach pryzmatycznych w uchwycie mocowanym na stole obrabiarki (rys. 3.32).

Paletom przedmiotowym stawiane są duże wymagania odnośnie dokładności, sztywności, niewrażliwości na drgania, przenoszenia sił skrawania. Połączenie kilku obrabiarek w system wytwarzania powoduje, że będzie wykorzystywana mniejsza ilość różnych palet. Ograniczenie typów palet jest też uzasadnione ekonomicznie, ponieważ na paletach montowane są kosztowne przyrządy ustalające i mocujące przedmioty. Identyfikacja palet a tym samym i detali obrabianych następuje przez kodowanie mechaniczne, elektryczne lub optyczne.

4. Regały magazynowe

Podstawową funkcją każdego magazynu jest przechowywanie towarów. Różnorodność metod magazynowania jest spowodowana wyborem właściwej metody przechowywania towarów. Podstawową informacją jest rodzaj przechowywanych jednostek ładunkowych, ich wymiary, rodzaj wyrobów, ilość, a także różnorodność asortymentu. Pod uwagę należy również wziąć przewidywany cykl dostaw, wielkość ich partii, zakładaną rotację w magazynie, metodę składowania oraz ilość towaru wydawanego jednorazowo.

Właściwie zorganizowany magazyn polega na wytworzeniu przechowywanym wyrobom takich warunków fizycznych, które umożliwiają bezpieczne gromadzenie zapasów bez straty ich właściwości oraz pozwalają na rytmiczne i bezproblemowe pokrywanie ewentualnych potrzeb.

Regały magazynowe (półki, rusztowania) są od samego początku związane z procesem magazynowania. Należą do podstawowego wyposażenia typowych magazynów. Są niezbędne w tych magazynach, w których istnieje duża różnorodność przechowywanych towarów. Umożliwiają bezpieczne piętrzenie ładunków i bezproblemowy dostęp do jednostek ładunkowych.

W zależności od potrzeby używa się regałów o różnych wysokościach. Regały do obsługi ręcznej z poziomu podłogi nie mogą mieć wyższej wysokości niż 2 m. Do obsługi regałów wyższych muszą już być używane dodatkowe urządzenia: pomosty, drabiny przesuwne, wózki kompletacyjne itp.

Regały paletowe stałe, do których obsługi niezbędne są podnośnikowe wózki widłowe, mogą osiągać wysokość 7 m. Regały wysokie – 13-metrowe – muszą być obsługiwane przez specjalizowane pojazdy systemowe lub suwnice. Magazyny wysokiego składowania o wysokości regałów sięgającej 40 m obsługiwane są przez specjalne urządzenia, tzw. układnice.

4.1. Regały półkowe

Regały półkowe przeznaczone są do składowania towarów w różnego rodzaju pojemnikach magazynowych: opakowaniach jednostkowych, zbiorczych lub transportowych. Zwykle stanowią wyposażenie niewielkich magazynów, w których składa się wiele asortymentów w małych ilościach. Towary na tego typu regałach układane są najczęściej ręcznie, za pomocą wózków unoszących, pomostów przejezdnych lub przesuwanych drabin. Regały półkowe zbudowane są z elementów prefabrykowanych. Standardem jest bezproblemowa możliwość regulowania wysokości półek. Głębokość tych regałów powinna gwarantować swobodny ręczny dostęp do produktów na nich przechowywanych. Do obsługi regałów wyższych muszą być zastosowane pomosty, drabiny lub specjalne wózki.

System regałów półkowych MRK standard (rys. 4.1) to najbardziej popularny i najszerszej stosowany system składowania ładunków z przedziału 0,5-2,5 tony na paletę. Regały MRK przeznaczone są do składowania towarów o różnych rozmiarach, spakowanych na paletach. System ten zapewnia bezpośredni dostęp do każdej jednostki składowanej



Rys. 4.1. Widok na halę z regałami systemu MRK [50]

Regały Minirack (rys. 4.2) to regały półkowe przeznaczone do składowania towarów w kartonach, paczkach, pojemnikach bądź luzem. Znajduje szczególnie zastosowanie w składowaniu i kompletacji towarów. Zaletą tego systemu jest możliwość jednoczesnego instalowania metalowych półek bądź belek na lekkie palety. Ze względu na dużą nośność może być wykorzystywany do budowy regału wielopoziomowego.

System Combimag (rys.4.3) jest systemem regałów półkowych przeznaczonym do składowania towarów w kartonach, paczkach, pojemnikach bądź luzem. Znajduje szczególnie zastosowanie w składowaniu i kompletacji lekkich towarów drobnicowych o dużym zróżnicowaniu asortymentowym. Obciążenie regału wynosi od 50 do 287 kg/półkę. Szeroki zakres dostępnych akcesoriów takich jak przegrody, szuflady, itp. czyni system elastyczny oraz dostosowany do żądanych potrzeb. Dużym atutem systemu jest możliwość stosowania paneli zewnętrznych oraz drzwi, dzięki czemu można zabezpieczyć towar przed przewróceniem się na regale jak również ograniczyć dostępność do asortymentu.



Rys. 4.2. Regal MINIRACK ze skrzynkami plastikowymi [42]



Rys. 4.3. Wolnostojące regały Combimag [54]

System regału rurowego DISTRIMAG (rys. 4.4) jest systemem regałów półkowych przeznaczony do składowania towarów zarówno w kartonach, paczkach, pojemnikach jak i luzem. Szerokie półki, umożliwiają składowanie

elementów zrolowanych z branży odzieżowej oraz tekstylnej. Regały Distrimag z charakterystyczną półką z tzw. rusztem znajdują zastosowanie w składowaniu opon.



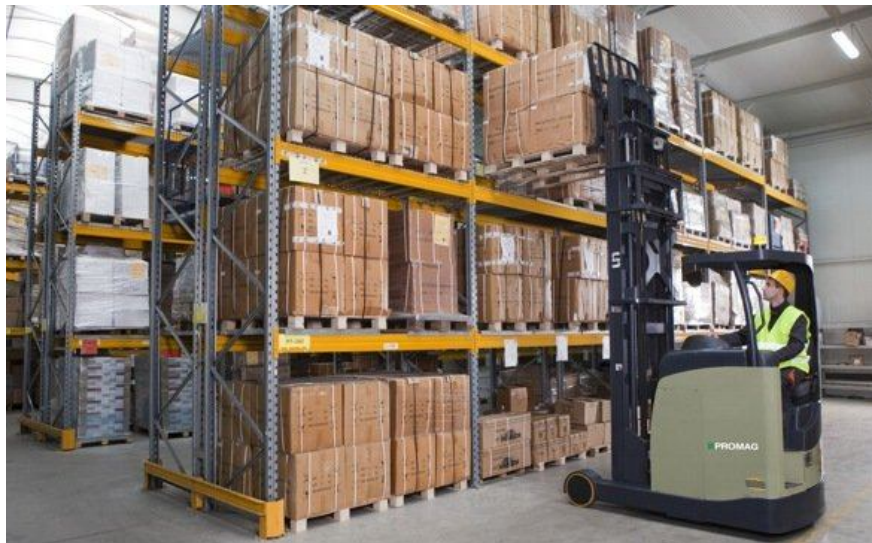
Rys. 4.4. Regały typu Distrimag z belkami materiału [54]

4.2. Regały paletowe gniazdowe

Regały paletowe są najbardziej popularnym typem regałów. Dzięki poziomym i pionowym elementom konstrukcji nośnej powstają miejsca na jednostki ładunkowe, tzw. gniazda regałowe. Wymiary gniazd pozwalają na swobodne umieszczenie paletowej jednostki ładunkowej o znormalizowanych gabarytach. Gniazda regałowe mogą być jedno – lub wielopaletowe. Mogą być ustawiane jako regały wolno stojące lub zestawione w rzędy pojedyncze lub podwójne, obsługiwane z jednej lub z dwóch stron (rys. 4.5). Paletowe regały stałe często budowane są jako rzędowe, obsługiwane przez wózki widłowe. Ten sposób magazynowania umożliwia składowanie dużej ilości asortymentu przy jednocześnie zapewnionym swobodnym dostępie do każdego gniazda regałowego. Ta dość istotna zaleta tego sposobu składowania jest okupiona stosunkowo niskim wskaźnikiem wykorzystania powierzchni magazynowej (do 40%), gdyż dość duży jej procent zarezerwowany jest na ciągi komunikacyjne.

Regały paletowe stałe charakteryzują się prostotą konstrukcji i stosunkowo łatwym montażem. Regały mogą być konstrukcją wolno stojącą, nie związaną z konstrukcją nośną budynku magazynowego lub też mogą dźwigać całą budowlę magazynu, tworząc tzw. silos magazynowy. Jeżeli zależy na bardziej efektywnym wykorzystaniu powierzchni magazynu z zagwarantowanym dostępem do każdego gniazda regałowego, budowane są magazyny wysokiego składowania. Wówczas do obsługi regałów niezbędne stają się układnice regałowe sterowane komputerowo lub pojazdy systemowe. Magazyny

wysokiego składowania są w pełni zautomatyzowane. Współczynnik wykorzystania powierzchni użytkowej na cele przechowywania towarów w magazynach wysokiego składowania wzrasta do 60%.



Rys. 4.5. Załadunek palet do regału paletowego z gniazdami podwójnymi [50]

4.3. Regały dynamicznego składowania

4.3.1. Regały przepływowe

Są to regały zblokowane, posiadające na całej długości i wszystkich kondygnacjach przenośniki wałkowe lub krążkowe zamiast półek. Ładunek włożony do regału z jednej strony przetacza się po tych przenośnikach w miarę opróżniania danego poziomu regału do jego drugiego końca (rys.4.6). Dzięki odpowiedniemu pochyleniu półek w stosunku do poziomu, przetaczanie ładunku następuje dzięki sile grawitacyjnej. Bywają również regały z przenośnikami napędzanymi za pomocą silników, ruch jednostek ładunkowych wewnątrz takich regałów jest wówczas wymuszony. Regały przepływowe pozwalają na bardzo efektywne wykorzystanie przestrzeni magazynowej, dzięki uniknięciu dróg transportowych koniecznych do przemieszczenia ładunku wewnątrz magazynu. W tego rodzaju składowaniu towarów zachowano korzystną zasadę FIFO "pierwsze weszło – pierwsze wyszło" a więc systemie oddzielone są strefy przyjęcia i wydawania towaru. Następuje samoczynny przepływ przyjęć do strefy wydań. Dzięki temu, że regał przepływowy może być zbudowany na całej

szerokości i długości powierzchni składowej magazynu, osiąga się bardzo wysoki stopień wykorzystania powierzchni wynoszący nawet 80%.



Rys. 4.6. Technologia składowania palet w regale przepływowym [51]

Regały przelotowe różnicowane są na trzy podstawowe grupy:

1- Przelotowe:

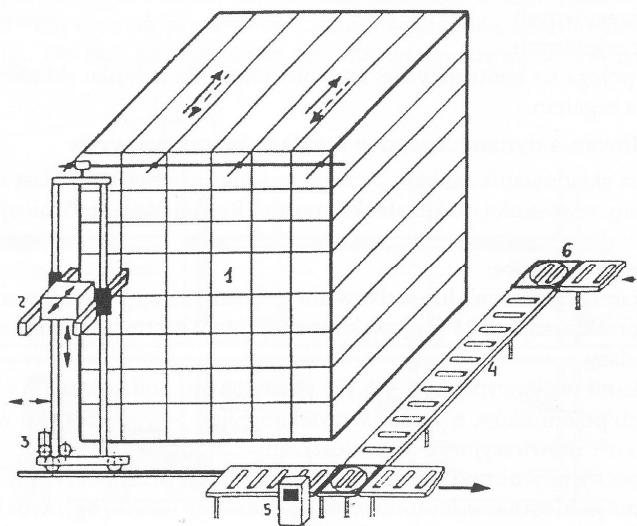
- Z przerośnikami krążkowymi lub wałkowymi bez hamulców, przystosowanymi do ładunków o masie nie przekraczającej 25 kg, wykorzystywanymi w strefach kompletacji lub w dużych halach sprzedaży.
- Z przerośnikami wałkowymi (rys. 4.7) pochylonymi pod kątem $1,5 - 4^{\circ}$ przeznaczonymi dla dużych pojemników i palet, wyposażonymi w hamulce ograniczające prędkość przemieszczania się ładunku.
- Z szynami pochylonymi pod kątem do 4° , po których przemieszczają się wózki torowe z paletami o masie do 1000 kg; wózki takie wyposażone są w hamulce odśrodkowe.

2- Nieprzelotowe z przerośnikami wałkowymi krótkimi, które są przez wózek podnośnikowy lub przez układnicę wpychane do tunelu regałowego „pod górkę” po pochylonym pod kątem $1 - 2^{\circ}$ przerośniku, natomiast przy wyjmowaniu ładunki przemieszczają się grawitacyjnie „w dół” (rys. 4.8).

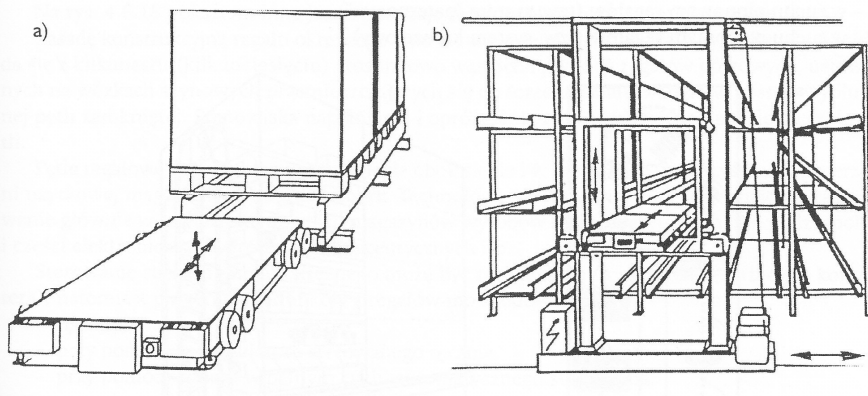
3- Napędzane przelotowe lub nieprzelotowe typu tunelowego, pracujące przeważnie w cyklu automatycznym. Paletowe jednostki ładunkowe są przemieszczane we wnętrzu tzw. tunelu gniazdowego przy pomocy wózka unoszącego (rys.4.9a) , który przy wyjmowaniu z tunelu kolejnej jednostki ładunkowej wjeżdża pod nią, następnie unosi i wyjeżdża na zewnątrz gniazda, gdzie następuje przeładunek na automatyczny wózek manipulacyjny układnicy (rys. 4.9b).



Rys. 4. 7. Regaly przepływowe walkowe [28]



Rys. 4.8. Technologia składowania w regale nieprzelotowym z tunelami szynowymi, w których przemieszczają się wózki torowe [11]: 1-regał nieprzelotowy, 2- wózek wpychający układnicy, 3- portal układnicy, 4- przenośnik walkowy, 5- układ sterujący magazynu, 6- stół obrotowy przenośnika walkowego

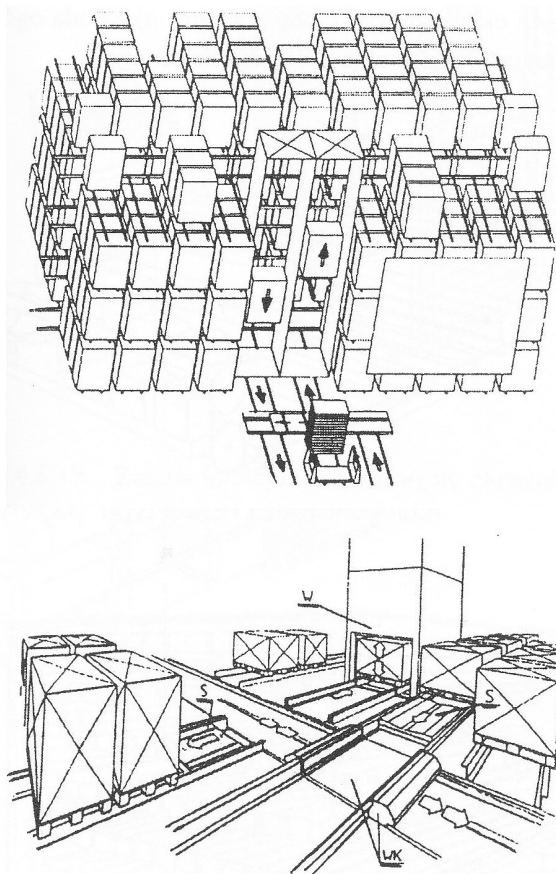


Rys. 4.9. Technologia składowania w tunelowym regale przepływowym z napędzanymi wózkami unoszącymi współpracującymi z automatyczną układnicą [11] wózek regalowy unoszący przemieszczający się po torze szynowym w tunelu regalowym, b- odbiór ładunku z wózka unoszącego na automatyczną układnicę



Rys. 4.10. System regałów przejezdnych napędzanych blokowo [26]

- 4- Napędzane blokowe – typu satelitarne, pracujące w cyklu automatycznym. Paletowa jednostka ładunkowa w kierunku wzdłużnym bloku regałowego pobierana (zdejmowana) jest przez tzw. wózek unoszący (satelitarne). Wózek ten ma zdolność wyjazdu (wjazdu) razem z ładunkiem na zespół manewrowy windy wyciągowej, która następnie dostarcza go na określony poziom składowania obsługiwany w kierunku poprzecznym przez wózek kondygnacyjny. Zasada działania oraz elementy składowe przedstawiono na rys. 4.10 – 4.11.



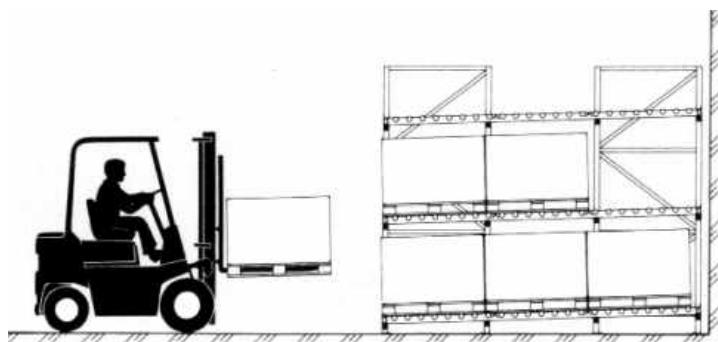
Rys. 4.11. Technologia zautomatyzowanego składowania przepływowego w układzie bloku regałowego z wózkami satelitarne, windą wyciągową i wózkiem kondygnacyjnym [11]: a - widok ogólny regału, b - schemat funkcjonalny współdziałania wózków satelitarne S, windy wyciągowej W i wózka kondygnacyjnego WK

4.3.2. Regały grawitacyjne

Odmianą regałów przepływowych są regały paletowe typu Push Back (rys. 4.12). Mogą być zastosowane tam, gdzie zasada FIFO nie musi być zachowana. Załadowując paletę na półkę w tego rodzaju regale, przemieszczamy w jego głąb paletę już tam stojącą. Palety są wsuwane na regał przy użyciu ciężkiego wózka widłowego, który musi pokonać opory przetaczania palet na regale rolkowym pod górę (rys. 4.13). Ponieważ przepływ palet reguluje się wózkiem widłowym, nie ma konieczności stosowania rolek hamujących i rozdzielaczy. Regały te umożliwiają bardzo dużą oszczędność miejsca w magazynach, oferując załadunek i rozładunek tylko z jednej strony. Półki poszczególnych rzędów mogą być wykonane w postaci przenośników rolkowych.



Rys. 4.12. Regał przepływowy grawitacyjny do palet [54]



Rys. 4.13. Załadunek palet w dolnej części rolkowego regału grawitacyjnego [17]

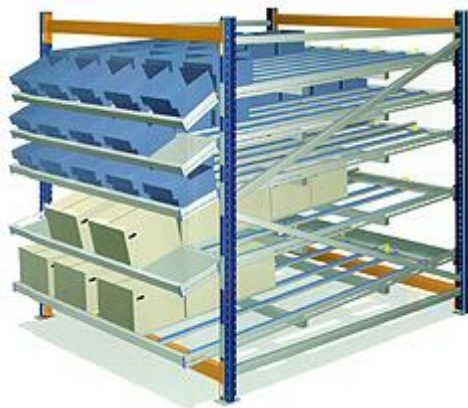
Magazynowanie w tego typu regałach odbywa się wg zasady LIFO (last in - first out). Zalecane nachylenie dla regałów z paletami wsuwanymi w dolnej części wynosi 3,5 %. Prawidłowe funkcjonowanie przenośnika grawitacyjnego opiera się na równowadze pomiędzy siłami ściągającymi od grawitacji a siłami hamującymi (opory przetaczania i hamowanie od rolek hamujących). Dlatego prawidłowe funkcjonowanie przenośnika grawitacyjnego możliwe jest tylko dla niewadliwych palet. Deski podporowe palet muszą być proste, o odpowiedniej wytrzymałości i twardości, nie mogą z nich wystawać gwoździe itp. Niezbędną długość regału grawitacyjnego wylicza się wg zależności:

$$\text{liczba palet} \times \text{długość jednej palety} + 400 \text{ mm.}$$

Regały grawitacyjne dostarczane są w postaci zmontowanych segmentów o maksymalnej długości 2500 mm.

4.3.3. Regały do pojemników i pudełek

System regałów rolkowych to lekka wersja regałów paletowych przepływowych dedykowana do obsługi ręcznej. Opiera się na metodzie magazynowej FIFO. Regały przepływowe i grawitacyjne stosowane są także w magazynach przy składowaniu towarów w małych opakowaniach oraz w centrach kompletacyjnych (rys. 4.14). Przesuw towarów na przenośnikach rolkowych następuje pod wpływem sił grawitacji, zalecane nachylenie regałów wynosi od 3,75 % do 4,25 %.



Rys. 4.14. Regał przepływowy grawitacyjny typu Selecta-flo z pojemnikami plastikowymi „pick-flow” [38]

System regałów rolkowych z rysunku 4.14 przeznaczony jest do składowania szybko rotujących towarów drobnicowych w pojemnikach lub w kartonach. Znajduje szczególnie zastosowanie podczas dynamicznej kompletacji towarów drobnicowych o średnim zróżnicowaniu asortymentowym. System regałów

często współpracuje z układem przenośników do kompletacji, których linia przebiega wzdłuż rzędu regału rolkowego. Obsługa regałów odbywa się zgodnie z zasadą FIFO – pierwsze weszło, pierwsze wyszło.



Rys. 4.15. Powiązanie układu transportowego z regałami przeplywowymi [51]



Rys. 4.16. Regały przeplywowe budowane na bazie regałów półkowych KLIPS [51]

Regały rolkowe służą do transportowania pojemników z towarem (rys. 4.15). Stacja załadownicza znajduje się najwyżej, a stacja rozładownicza najniżej. Płaszcze rolkowe stanowią drogę ze spadkiem ok. 3-4 procentowym, którą przebywają pojemniki. Pod wpływem grawitacji zsuwają się one do stacji wyładowniczej. Ogranicznik znajdujący się przy stacji wyładowniczej jest gwarantem tego, że pojemnik zatrzyma się na końcu swej drogi. Regały rolkowe mogą być budowane w oparciu o konstrukcję regałów półkowych KLIPS (rys. 4.16) jak

i regałów paletowych. W regałach paletowych dolne półki wyposażone w rolki obsługiwane są przez personel, natomiast wyższe poziomy trawersów służą do składowania towaru na paletach.

4.4. Regały wjazdne (ramowe)

Ten typ regałów umożliwia wjazd wózka widłowego wraz z paletą w ich głąb (rys. 4.17). Regały wyposażone są we wsporniki nośne, których rozstaw musi być nieco większy od szerokości wózka obsługującego regał. Szerokość wsporników jest tak dopasowana do szerokości jednostki ładunkowej, iż pozwala na swobodne ułożenie na nich palety. Stopień wykorzystania powierzchni magazynowej dochodzi do 80%. Powodem ograniczonego zastosowania regałów wjazdnych jest to, że regały te mogą być wykorzystane przy składowaniu towarów w niewielkiej liczbie asortymentu i dużej liczbie palet danego wyrobu. Są one często budowane tam, gdzie przestrzeń magazynowa jest bardzo droga, czyli np. w chłodniach. Regały wjazdne mogą być obsługiwane także przez suwnice słupowe lub układnice. Przykładową strukturę magazynu wysokiego składowania obsługiwanego przez układnice przedstawiono na rys. 4.18



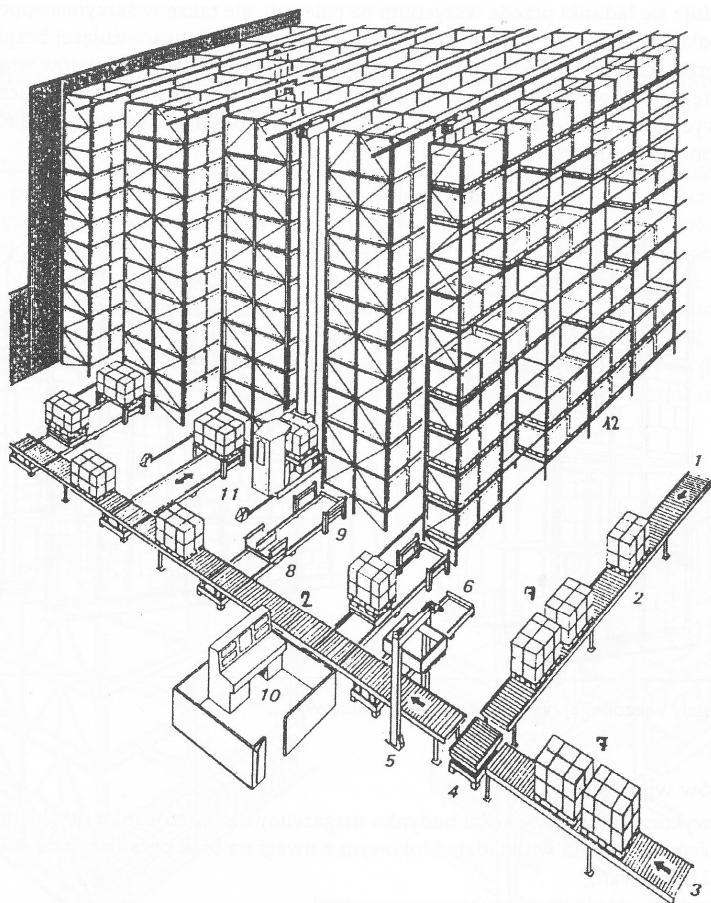
Rys. 4.17. Regały wjazdne ramowe paletowe [50]

Ze względu na technologię składowania, regały wjazdne można podzielić na: przelotowe i nieprzelotowe.

W regałach nieprzelotowych, przy układaniu blokowym towarów (obsługiwanych tylko z jednej strony) operacja składowania zachodzi przy zachowaniu niezmiennego kierunku „od góry do dołu” lub „od dołu do góry”.

Obowiązuje więc zasada, że towary wstawione jako pierwsze, mogą być pobrane jako ostatnie – zasada LIFO. W celu nieprzekroczenia terminu ważności przechowywanych towarów należy bezwzględnie prowadzić ewidencję terminów dostaw poszczególnych jednostek ładunkowych.

Przykładem regałów wjazdnych są regały typu Drive-In przeznaczony jest do składowania dużej ilości towarów jednorodnych na paletach. Wielopoziomowa zabudowa regałów w zblokowanych tunelach umożliwia osiągnąć wysoki współczynnik wykorzystania kubatury magazynu.



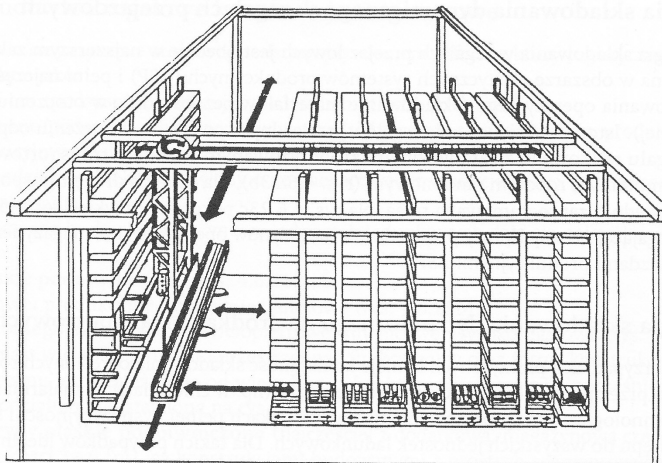
Rys. 4.18. Przykład układu technologicznego składowania ładunków paletowych w regałach ramowych [11]: 1,3 – terminale nadawania ładunków, 2- trasy przenośników, 4 – stół obrotowy rolkowy, 5 – układ kontroli palet, 6 – skład palet uszkodzonych, 7 – ładunki paletowe, 8 – wózek podnosząco – przesuwny, 9 – wspornik ładunku paletowego, 10 – pulpit sterujący, 11 – układnica regałowa, 12 – regały ramowe paletowe

W regałach przejezdnych (obsługiwanych z dwóch stron) towary wstawiane jako pierwsze mogą być również – z drugiej strony regału – najpierw pobierane (jest wówczas zachowana zasada FIFO). Wydajność operacji przemieszczania jest większa niż w magazynie z regałami nieprzelotowymi ponieważ można równocześnie prowadzić przy pomocy wózków podnośnikowych operacje napełniania i opróżniania regału.

Wadą regałów wjezdnych obsługiwanych przez wózki podnośnikowe jest utrudniona jazda wewnątrz regału ze względu na małą szerokość „w świetle” pomiędzy wspornikami. Dodatkowo zachodzi konieczność zachowania szerokości jednostek w stosunkowo wąskiej szerokości tolerancji.

4.5. Regały przesuwne

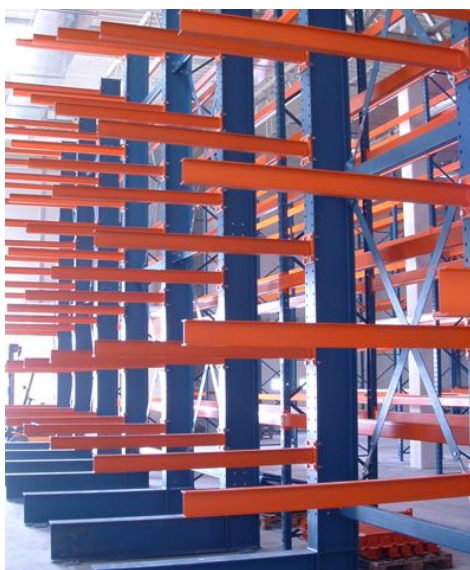
Są to konstrukcje charakteryzujące się tym, że każdy rząd regałów posiada własny układ jezdny. Dzięki temu możliwy jest ruch całego rzędu wzdłuż torów umieszczonych w podłodze. Ponieważ ustawia się obok siebie kilka lub nawet kilkanaście rzędów regałów, pozostawia się w szeregu miejsce na zaledwie jeden lub dwa korytarze służące do ich obsługi. Stopień wykorzystania powierzchni magazynowej osiąga nawet wartość 80%. Regały mogą być przesuwane po torach ręcznie lub mechanicznie. Ten rodzaj regałów zapewnia bezpośredni dostęp do każdej jednostki ładunkowej. Jest odpowiedni do przechowywania dużego asortymentu towarów w stosunkowo niewielkich ilościach. Przykład składowania jednostek ładunkowych podłużnych zobrazowano na rys. 4.19.



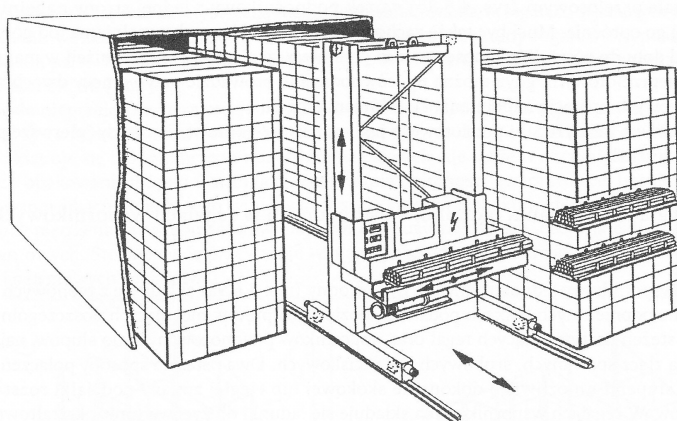
Rys. 4.19. Przykład technologii składowania ładunków wzdłużnych w przesuwnych regałach stojakowych za pośrednictwem suwnicy słupowej [11]

4.6. Regały wspornikowe

Regały wspornikowe służą do składowania materiałów dłuźycowych. Mogą być jedno – lub dwustronne. Ich konstrukcja składa się ze słupa i szeregu wsporników przymocowanych do niego pod kątem prostym (rys. 4.20). Regały mogą być obsługiwane przez suwnice lub specjalne wózki boczne. Spotyka się również regały wspornikowe o wysuwanych ramionach wsporników. Taka konstrukcja ułatwia pobieranie dłuźych elementów przez suwnice. W wyspecjalizowanych magazynach istnieją specjalne automatyczne regały przeznaczone wyłącznie do składowania dłuźyc. Są one zbudowane z wielu półek, które dzięki mechanizmowi napędowemu mogą zmieniać swoje położenie w pionie. Przy zastosowaniu specjalistycznego wózka czterokierunkowego do obsługi regału, system ten ma duży współczynnik wykorzystania kubatury magazynu. Na rysunku 4.21 przedstawiono przykład składowania ładunków wzdłuźnych na kasetach w regale wspornikowym za pomocą układnicy dwutorowej.



Rys. 4.20. Regał wspornikowy [50]



Rys. 4.21. Technologia składowania wzdłużnych ładunków na kasetach w regałach wspornikowych [11]

4.7. Regały okrężne

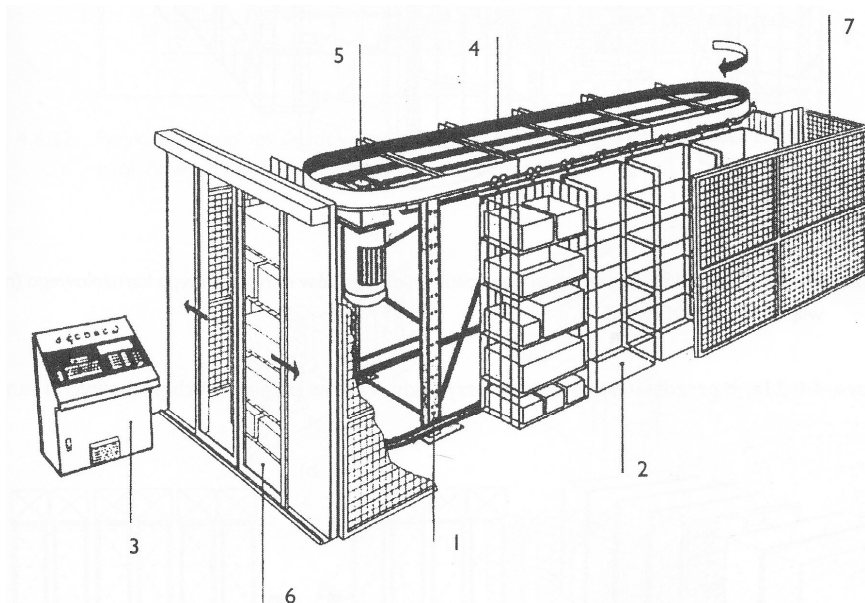
Regały okrężne, ze względu na płaszczyznę ruchu dzielimy na regały o ruchu pionowym i poziomym (system karuzelowy). Technologię składowania w regałach o ruchu pionowym (rys. 4.22) cechuje to, że do ich obsługi nie potrzeba środków transportu magazynowego o wysokim podnoszeniu gdyż czynność wprowadzania i wybierania ładunków przeprowadzana jest na wysokości manipulacyjnej człowieka w tzw. otworze operacyjnym regału.

Współczesne regały obrotowe o ruchu pionowym charakteryzują się najczęściej długością od ok. 4 do 32 m i wysokości od ok. 1,8 do 8 m co wraz z jego zwartą konstrukcją generuje do 80 % większą pojemność składowania. Regały okrężne są idealnym rozwiązaniem do składowania towarów o standardowych wymiarach lub drobnych elementów w pojemnikach i magazynowanych luzem tj. normalia, narzędzia, części zamienne, elektronika. Regał dostarcza żądane towary w ciągu kilku sekund do okna dostępowego, zawsze wybierając najkrótszą drogę do strefy odbioru. Towar może być wyszukany przy pomocy klawiatury, według nazwy, numeru, cechy lub czytnika kodów kreskowych.

Regał karuzelowy (rys. 4.23) składa się z kilku lub kilkunastu stosunkowo wąskich i płytkich regałów półkowych, ustawionych na wózkach szynowych przemieszczających się po torze ukształtowanym w postaci wzdłużnej pętli zamkniętej (spłaszczonej elipsie). Przez cały czas utrzymywane jest pionowe ułożenie półek na wzór gondoli. Nie ma ustalonego kierunku ruchu półek – jest on uzależniony od tego, czy dana półka, zjeżdżając w górę lub w dół, ma bliżej do operatora, pozwala to na skrócenie czasu dostępu do produktów. Stanowiska napełniania i opróżniania znajdują się na czole pętli.



Rys. 4.22. Regał okrężny o ruchu pionowym: widok ogólny oraz widok na otwór operacyjny [39]



Rys. 4.23. Zasada funkcjonowania regału okrężnego „karuzelowego” [11]:1- rama wsporcza, 2 – moduł regalowy podwieszony na rolkach, 3 – układ sterowania, 4 – zamknięta pętla toru przenośnika, 5 – układ napędowy, 6 – drzwi otworu manipulacyjnego, 7 – osłona

4.8. Regały windowe

Regały windowe wysokiego składowania typu Lean-Lift (rys. 4.24) wykorzystują dostępną wysokość pomieszczeń, podobnie jak magazyny wysokiego składowania czy systemy wielopiętrowe „miniload”. Różnica polega na tym, że regały Lean-Lift dostosowują odległości pomiędzy półkami do wysokości przechowywanych towarów, nie tracąc miejsca na puste przestrzenie. Zasada działania:

Regał automatyczny Lean-Lift zbudowany jest z ruchomego podajnika, którego zadaniem jest pobieranie lub umieszczanie ruchomych półek z towarem w docelowych lokalizacjach składowania wewnątrz regału. Półki mogą być umieszczane na przedniej i tylnej ścianie regału w rozmieszczonych co parę centymetrów prowadnicach. Na poziomie operatora znajduje się okno dostępne, w którym zlokalizowany jest zespół fotokomórek. Żądany towar wraz z daną półką jest umieszczany w oknie dostępowym, skąd operator może go wygodnie odebrać. Rolą fotokomórek jest określenie maksymalnej wysokości produktu na półce i zarezerwowanie dla niej dokładnie tyle miejsca ile potrzebuje. Lean-Lift nie ma ustalonych odległości pomiędzy półkami. W przypadku produktów o zróżnicowanej wysokości pozwala to uzyskać

wysoką optymalizację i wykorzystanie miejsca, co wiąże się z redukcją wymaganej powierzchni do składowania. Półki mogą być wyciągane z regału, pełniąc funkcję palety, pozwalając na jednorazowe pobieranie większej ilości produktów.

Zalety regałów windowych:

- krótki czas dostępu do składowanych produktów,
- wykorzystanie dostępnej wysokości pomieszczenia,
- obciążalność – nawet do 1000kg,
- wysoka ergonomia: pobieranie towarów zawsze z tego samego poziomu, co ma istotne znaczenie np. przy towarach ciężkich,
- możliwość integracji z zewnętrznymi systemami informatycznymi,
- zabezpieczenie przed niepowołanym dostępem.



Rys. 4.24. Regał windowy typu Lean Lift [39]

Regały windowe znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle, dystrybucji, magazynowaniu pozwalając usprawnić i zintensyfikować procesy logistyczne. Poniżej scharakteryzowano niektóre obszary ich zastosowania.

1 – Działy utrzymania ruchu: części zamienne, narzędzia, matryce, itp., a więc magazyny mające bardzo różnorodny i trudny do składowania asortyment o szerokim spektrum wag – rys. 4.25.



Rys. 4.25. Regał windowy przeznaczony do magazynowania narzędzi skrawających [39]

2 – Magazyny komponentów i wyrobów gotowych. Szczególnie ważne zastosowanie w przypadku, gdy są przechowywane elementy niestandardowe lub częściowo rozładowane palety (rys. 4.26). Regały w wielu przypadkach są zaprojektowane w oparciu o jednostkę paletową. W przypadku położenia na standardowym regale np. elementów płaskich lub niewysokich opakowań czy pojemnika z tworzywa sztucznego, układ sterujący pozwala dopasować rozstęp półek do wysokości towarów.



Rys. 4.26. Składowanie jednostek paletowych w regale windowym [39]

3 – Pola buforowe (odkładcze) na produkcji (rys. 4.27). Elementy, które w wyniku procesu produkcyjnego czekają na kolejną fazę obróbki muszą być składowane w polu buforowym. W tym przypadku powstaje zawsze problem ich tymczasowego magazynowania, gdyż często brakuje miejsca na hali produkcyjnej, a dostęp do nich powinien być szybki, gdyż w każdej chwili mogą być wykorzystane.



Rys. 4.27. Zastosowanie regalów windowych jako miejsc tymczasowego składowania [39]

4.9. Regały tunelowe

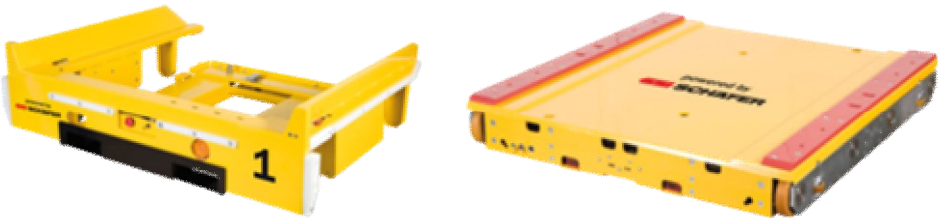
Przykładem regału tunelowego jest regał z układem „Orbiter System” firmy Schafer. Na poszczególnych poziomach tego regału utworzono rzędy wzdłużnych tuneli (o głębokości do 40 m) o przekroju gniazda regałowego. We wnętrzu tunelu - na poziomych szynach – może poruszać się z dużą prędkością (do 1 m/s) wózek unoszący posiadający własny napęd tzw. orbiter (rys. 4.28a) Przeznaczony jest on do transportu w cyklu automatycznym paletowych jednostek ładunkowych o masie do 1500 kg. Regały tunelowe mają z przodu zamocowaną konsolę centrującą, dzięki temu stacja dokująca i układnica (orbiter) tworzy jedną całość, która może być przenoszona w magazynie.

Na froncie tunelu regałowego umieszczona jest tzw. stacja dokująca zasilana energią elektryczną (rys. 4.28b), która zapewnia przemieszczanie orbitera pomiędzy tunelami regałowymi. Stacja dokująca jest także centralnym elementem systemu informującego o statusie urządzeń. Ponadto optycznym sygnałem ostrzegawczym zabezpiecza przed niekontrolowanym wejściem do tunelu regałowego.

Na wózku unoszącym orbitera, parkującym na stacji dokującej, umieszczana jest za pomocą wózka widłowego – paletowa jednostka ładunkowa (rys. 4.29). Paleta z ładunkiem transportowana jest automatycznie ze stacji dokującej na koniec tunelu, gdzie jest składowana. Orbiter samoczynnie wraca do stacji dokującej w celu zabrania następnej palety. Cały system sterowany jest zdalnie falami radiowymi za pomocą pilota bezprzewodowego (rys. 4.30).

Tryb pracy układu „Orbiter System” obejmuje:

- transport, składowanie i wyjmowanie pojedynczych palet,
- kompletny załadunek/wyładunek tuneli regałowych,
- inwentaryzację składowanych w tunelu palet.



Rys. 4.28. Elementy regałowych tunelowych z układem „Orbiter System” [26]: a – stacja dokująca, b – przejezdny wózek unoszący z własnym napędem tzw. orbiter



Rys. 4.30. Bezprzewodowy układ sterowania ruchem Orbitera [26]

5. Charakterystyka wybranych środków transportu wewnętrznego

5.1. Przenośniki toczne

5.1.1. Przenośniki wałkowe do transportu palet

Linie transportu palet zaprojektowane są to najczęściej przenośniki wałkowe z napędem (RCN) – rys. 5.1. Współpracują one z przenośnikami bez napędu (RCG), obrotnicami, windami porterami i transferami kątowymi.

W poziomo ustawionych przenośnikach bez napędu, przemieszczenie ładunku następuje najczęściej na skutek zewnętrznych wymuszeń przekazywanych ręcznie na ładunek lub na skutek sił bezwładności wcześniej rozpędzonego ładunku. Natomiast przy pochyleniu powierzchni przenośników przemieszczenie ładunku odbywa się pod wpływem sił grawitacji. Wartość kąta nachylenia zależy od sposobu ułożyskowania wałków, ciężaru ładunków i przyjmuje następujące wartości:

Dla pojemników o ciężarze: 1 – 3 kN, pochylenie 2 – 3%,
3 – 15 kN, pochylenie 2 – 2,5%,
15 – 50 kN, pochylenie 1,5 – 2%.

Przenośniki RCN stanowią typ modułowego przenośnika z napędem, którego układ i funkcje są skonfigurowane w zależności od indywidualnych potrzeb. Sterowanie może odbywać się w trybie manualnym lub automatycznym, dodatkowo sterowanie indywidualne lub z szafy sterowniczej całego układu transportowego. Przenośniki RCN transportują palety na wysokości 350 [mm] lub mogą być wykorzystane do transportu wielopiętrowego w regałach lub na estakadach. W standardzie wyposażone są w wałki stalowe, ocynkowane, napędzane łańcuchem i umożliwiają transport palet o wadze do 1200 kg.

Napęd wałków może być indywidualny (z użyciem tzw. elektrowałków) lub grupowy z użyciem:

- cięgien łańcuchowych napędzających wszystkie wałki lub co drugi wałek,
- cięgien paskowych lub sznurowych (w postaci elastomerycznych linek) naprężonych rolkami,
- cięgien taśmowych.

Układ przenośników może być wyposażony w pozycjonery i stopery palet. Przenośniki RCN mogą pracować jako bufor palet oczekujących na kolejną operację magazynową lub pobranie wózkiem widłowym.

W przenośnikach wałkowych bez napędu (RCG) zachodzi transport grawitacyjny (rys. 5.2). Ruch ładunku może być wywołany siłą człowieka, który przepycha paletę po poziomym przenośniku lub ruch palety może być wywołany

siłą grawitacji na przenośniku pochylonym w stosunku do poziomu pod kątem $1 - 30^\circ$ (w zależności od rodzaju palety).



Rys. 5.1. Przenośnik wałkowy z napędem RCN [54]

Zatrzymanie palety realizowane jest za pomocą zderzaka na końcu linii lub stoperów pneumatycznych.

Przenośniki grawitacyjne RCG stosowane są zwykle jako bufory do odbioru palet na końcówkach linii. Cechy przenośnika:

- można dokonywać zmian podziałki wałków bez konieczności wykonywania jakichkolwiek prac dodatkowych,
- perforacja burty pozwala na zagęszczanie wałków w miejscach załadunku i rozładunku palet oraz na montaż wałków na różnych wysokościach burty,
- możliwość transportu ładunków o szerokości większej niż szerokość przenośnika,
- możliwość dokonania zmian w konfiguracji linii w zakresie długości, szerokości i wysokości,
- przenośniki RCG mogą być dodatkowo wyposażone w wałki hamujące, zderzaki końcowe lub moduły odbiorcze pozwalające na bezpieczny rozładunek palet wózkami widłowymi,
- możliwość konfiguracji układu transportu grawitacyjnego z modułów RCG i aparterów napędzanych RCN o różnych długościach nominalnych wraz z obrotnicami, windami, modułami uchylnymi lub przejezdnyymi.



Rys. 5.2. Przenośniki wałkowy grawitacyjny do transportu palet [30]

5.1.2. Transport skrzynek i paczek

Transport i sortowanie ładunków jednostkowych np. paczek, skrzynek, pudeł itp. w magazynach dystrybucyjnych i terminalach spedycyjnych realizowany jest w oparciu o wałkowe przenośniki lekkie napędzane lub grawitacyjne (rys. 5.3), które mogą współpracować z windami, łukami rolkowymi i taśmowymi oraz z transferami kątowymi. Są one przystosowane do zabudowy w regałach lub na estakadach. Linia transportowa może być wykonana z materiałów z atestem spożywczym spełniając wymogi HACCP. Instalacje przenośnikowe mogą współpracować także z wagami, kartoniarkami, wiązarkami, zaklejarkami, drukarkami, a także ze skanerami kodów zintegrowanych z nadrzędnym programem magazynowym – IT.

Przenośniki posiadają wałki stalowe ocynkowane lub z tworzyw wielkocząsteczkowych. Napęd odbywa się za pomocą łańcuchów stalowych lub pasków zębatymi z motoreduktorów, paskami polikordowymi z wałów pędnych, lub też paskami polikordowymi z motoreduktorów.

W przenośnikach bez napędu, wartość kąta przyjmuje następujące wartości:

Dla pojemników o ciężarze: 0,15 – 0,3 kN, pochylenie 6 – 7%
0,3 – 0,8 kN, pochylenie 5 – 6%
0,8 – 2,5 kN, pochylenie 4 – 5%.



a



b

Rys. 5.3. Przenośnik wałkowy: a - grawitacyjny, b - z napędem [30]

Cechy przenośników:

- mogą być zabudowane w regałach lub na estakadach,
- przenośniki RLG są zunifikowane z aporтерami RLN,
- przenośniki RLG i RLN zamontowane kompaktowo z regałami wałkowymi, to optymalne rozwiązanie do komisjonowania zamówień i buforowania towaru (rys. 5.4),
- do grawitacyjnego buforowania ładunków jednostkowych takich jak pudła, pojemniki i zgrzewki,
- podpory mogą posiadać płynną regulację wysokości pozwalając na uzyskanie ergonomicznej wysokości pracy dla pracowników obsługujących linię,
- wykonane w dwóch rzędach otwory na wałki pozwalają na ich montaż ponad burtami, umożliwiając transport towarów szerszych niż bieżnia wałka lub wykorzystanie burt jako prowadnic.



Rys. 5.4. Przenośniki wałkowe zintegrowane z regałami [30, 50]

5.1.3. Wyposażenie dodatkowe przenośników wałkowych

Przenośniki nie mogą tworzyć jedynie prostoliniowych linii transportowych, muszą m.in. zapewniać zmianę kierunku ruchu, przenoszenie ładunku w kierunku poprzecznym. Z tego względu przenośniki wyposaża się w urządzenia dodatkowe:

1 – Łuki rolkowe (rys. 5.5):

- przeznaczone do zmiany kierunku transportu wałkowego o kąt 90° ,
- są zunifikowane z przenośnikami wałkowymi RLG i RLN oraz taśmowymi,
- zapewniają prowadzenie ładunków w osi taśmy lub trasy przenośnika wałkowego,
- przenośniki łukowe mogą być zestawione kompaktowo, umożliwiając uzyskanie łuku o kącie 180° ,
- możliwość wykonania łuków o dowolnym kącie i promieniu.
- mogą być napędzane paskami lub łańcuchem.

2 – Transfery kątowe i wywrotnice (rys. 5.6):

Służą do zmiany kierunku transportu o kąt 90° z jednoczesną zmianą usytuowania ładunku o kąt 90° w stosunku do kierunku transportu. Wyposażone są w siłowniki hydrauliczne w przypadku ciężkich palet, w przypadku lekkich towarów w siłowniki pneumatyczne. Umożliwiają łączenie przenośników łańcuchowych z rolkowymi w dowolnej konfiguracji. Transfery kątowe wymagają zastosowania automatyki i sterowania zintegrowanego z całym układem transportowym



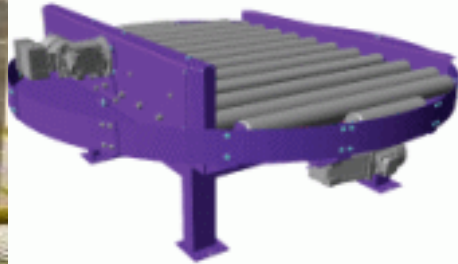
Rys. 5.5. Łuki walcowe grawitacyjne lub z napędem [30]



Rys. 5.6. Transfer kątowy w układzie przenośnika walcowego z napędem oraz wywrotnica z napędem hydraulicznym [38]

3 – Obrotnice (rys. 5.7)

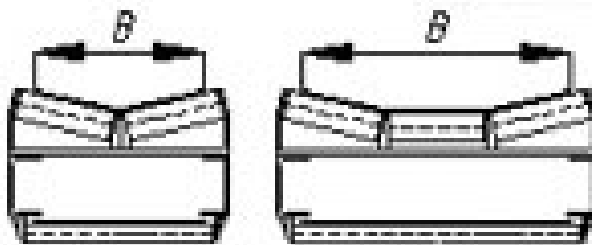
Mogą być wykonane jako urządzenia z napędem i bez napędu. Obrotnice z napędem unifikowane są z przenośnikami RCG i RCN oraz z windami i modułami odbiorczymi palet. Mogą być wykonane w standardzie z napędem wałków i obrotu lub też opcjonalnie z jednym z nich. Obrotnice bez napędu posiadają blokadę obrotu i układ hamulcowy rolek w celu zapewnienia obsługi bezpiecznej pracy. Wyposażeniem dodatkowym są czujniki do identyfikacji obecności ładunku, co jest niezbędne w liniach zupełnie zautomatyzowanych. Obrotnice mogą mieć sterowanie indywidualne, które umożliwia dokonywanie dodatkowych czynności przed foliowaniem palety np. zakładanie etykiet, narożników krawędziowych lub wyrównywania stosu na paletcie.



Rys. 5.7. Obrotnice walkowe [38]

5.2. Przenośniki cięgnowe

Przenośniki cięgnowe przemieszczają ładunek w sposób ciągły lub cykliczny za pośrednictwem napędzanych i odpowiednio posadowionych zespołów konstrukcyjnych ukształtowanych w postaci ciągłych: taśmowych, linowych, łańcuchowych lub członowych. Przenośniki taśmowe do transportu bliskiego są najczęściej budowane w zakresie długości do 100 [m], posiadają taśmę o szerokości 0,2 – 1,2 [m] oraz prędkość 0,1 – 1 [m/s], a w maksymalnym zakresie mogą być przystosowane do przenoszenia masowego obciążenia nie przekraczającego 100 [kg/m].



Rys. 5.8. Przenośnik taśmowy z niecką dwu i trójkąrkowa [17]

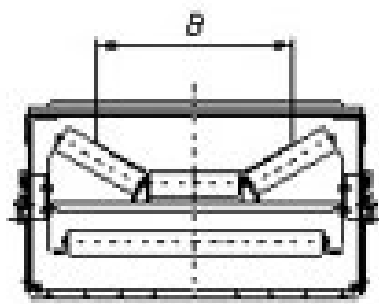
5.2.1. Przenośniki taśmowe nieckowe

Przenośniki te bazują na taśmie prowadzonej na krążkach, budowane są jako otwarte lub zamknięte. Budowane są o szerokości taśmy [B] do 800 mm i długości max. 250 m. W zależności od długości trasy naciągi taśmy mogą być śrubowe lub ciężarowe.

W zależności od ciężaru transportowanego towaru wyróżniamy przenośniki taśmowe nieckowe z trasą dwu lub trójkrażnikową (rys. 5.8). Kształt niecki uzależniony jest od rodzaju nosiwa, wydajności, kąta nachylenia trasy. Indywidualnie do każdego projektu dobierana jest taśma, rodzaj krążników, bębny napędowe i zwrotne – rys. 5.9.



Rys. 5.9. Widok na przenośniki taśmowe [42]



Rys. 5.10. Przenośnik taśmowy obudowany – schemat [17]

Przenośniki taśmowe obudowane (rys. 5.10) - odbiorcami tych przenośników są cukrownie, zakłady artykułów spożywczych, zakłady młynarskie i chemiczne. Główną cechą tych urządzeń jest zabezpieczenie czystości nosiwa przed zabrudzeniem z zewnątrz, utrzymanie temperatury nosiwa, zabezpieczenie przed opadami atmosferycznymi lub szkodliwym oddziaływaniem nosiwa na człowieka. W zależności od indywidualnych potrzeb i wymagań bhp, HACCP, p.poż lub innych uwarunkowań obudowa może być pyłoszczelna lub hermetyczna (rys. 5.11). Przenośniki tego typu mogą być stacjonarne albo przejezdne – do załadunku cystern samochodowych.



Rys. 5.11. Przenośniki taśmowe zabudowane w różnych zastosowaniach [50, 54]

Taśma z nosiwem może być prowadzona ślizgowo, na rolkach lub bezstykowo na poduszce powietrznej. Napęd taśmy tworzywowej może pochodzić z bębna napędowego lub wprost z elektrobębna. Podpory przenośnika w wykonaniu standardowym pozwalają na ustawianie ich po wzniosie lub spadku. Pokrywy lub okienka wizyjne umożliwiają obserwację nosiwa podczas pracy przenośnika

5.2.2. Przenośniki taśmowe płaskie

Przenośniki taśmowe z taśmą płaską (oznaczone jako T) znajdują zastosowanie w transporcie magazynowym i międzyoperacyjnym. Zunifikowane są z lekkimi przenośnikami wałkowymi typu RLN i RLG. Mogą pracować w układzie poziomym lub nachylonym oraz mogą być zabudowane w regałach (rys. 5.12).



Rys. 5.12. Typowe rodzaje przenośników taśmowych płaskich [31, 54]

Przenośniki zaprojektowane dla przemysłu spożywczego wykonane są ze stali KO i posiadają atesty spożywcze na wszystkie komponenty mające kontakt z żywnością zgodnie z wymogami HACCP (możliwy transport nieopakowanych produktów spożywczych na taśmie). Taśma może być podparta na rolkach lub blachach ślizgowych, może posiadać sterowanie indywidualne lub być sterowana z szafy sterowniczej. Napęd taśmy pochodzi z bębna napędowego lub wprost z elektrobębna. Posiadają konstrukcję opartą na profilach zimnowalcowanych. Zunifikowane burty są dostosowane do mocowania dodatkowych barierek i czujników.

Do zmiany kierunku transportu stosowane są łuki taśmowe (rys. 5.13). W zależności od potrzeb mogą być wykonane ze stali zwykłej lub stali KO. Łuki te mogą być zabudowane także pomiędzy prostoliniowymi odcinkami przenośników rolkowych.



Rys. 5.13. Łuki taśmowe płaskie [54]

5.3. Transportery płytkowe

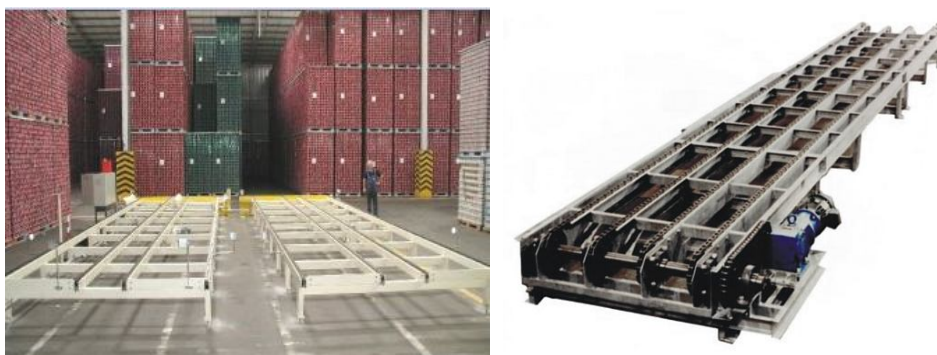
Przenośniki płytkowe przeznaczone są głównie do przemieszczania butelek, słoików szklanych i plastikowych, puszek metalowych, kartonów. Moduły urządzenia wraz z odpowiednio dobranym nośnikiem w postaci łańcucha stalowego lub plastikowego mogą pracować w ruchu poziomym lub pod nachyleniem, prostobieżnie lub zakrętowo, posiadać budowę jedno lub wielorzędową (rys. 5.14). Dzięki odpowiedniej konstrukcji, przenośniki tego typu wykorzystywane są także w wielu procesach technologicznych, np: napełniania, etykietowania, zamykania, kapslowania, sortowania, itp.



Rys. 5.14. Przykłady zastosowania przenośników płytkowych [47]

5.4. Przenośniki łańcuchowe

Urządzenia tego typu wykorzystywane są głównie do przenoszenia palet, skrzyń, kontenerów plastikowych i metalowych (rys. 5.15). Funkcję pociągowo – przenośną pełnią tutaj łańcuchy umieszczone w specjalnych prowadnicach ślizgowych z tworzywa sztucznego o dużej wytrzymałości na nacisk i ścieranie. Ciężna łańcuchowe rozpięte pomiędzy kołem łańcuchowym napędzanym a zwrotnym (pełniącym również funkcje napinania) przenoszą ładunek na swojej górnej części nośnej. Takie rozwiązanie konstrukcyjne zapewnia bezpieczny transport zarówno lekkich jak i ciężkich produktów. Przenośniki tego typu mają szerokie zastosowanie w wiązaniu poszczególnych odcinków linii technologicznych w całość, a także w ciągach magazynowych.



Rys. 5.15. Przenośnik łańcuchowy i jego zastosowanie w magazynie [28]

5.5. System transportu podwieszanego

Na system transportu podwieszanego składa się lekka, podwieszana do sufitu, konstrukcja aluminiowa, przypominająca złożony układ „torów”, na których przemieszczają się pojedyncze wieszaki lub lekkie „wózeczki” (trolleys). Konstrukcja posiada zwrotnice pozwalające na swobodne kierowanie towaru w wymagany obszar magazynu. Przepływ towaru kontrolowany jest poprzez oprogramowanie współpracujące z systemami WMS oraz układy skanerów. Wózeczki (trolleys) dostosowane są do masy przewożonego towaru, np. w hurtowniach odzieżowych mają długość ok. 500 mm i nośność do 35 kg.

Systemy transportu podwieszanego współpracują zarówno z technologią RFID, jak i z bardziej powszechnymi kodami kreskowymi. Identyfikacja produktu jest bardzo ważna zarówno w trakcie magazynowania towaru, podczas kompletacji zamówień i przygotowania wysyłki do finalnych odbiorców. Ze względu na to, że kody kreskowe oraz tagi RFID są powiązane z nośnikami, na których umieszczany jest towar, uzyskiwany jest wiarygodny system rozpoznawania każdej sztuki towaru.



Rys. 5.16. Układ torów systemu transportu podwieszanego [43]

Samo przechowywanie towaru jest stosunkowo proste – natomiast jego największą zaletą jest możliwość wykorzystania kilkupoziomych podestów technicznych. Dzięki temu uzyskany jest wysoki poziom wykorzystania dostępnej powierzchni magazynowej oraz gęstość składowania towaru. Sposób przechowywania wspomagany jest przez systemy zarządzające zapasami (WMS). Magazynowanie może być całkowicie zautomatyzowane tzn. umieszczanie towaru w odpowiedniej strefie magazynowej odbywa się bez udziału operatora albo można zdecydować się na ręczny sposób pracy ze statycznymi wielopoziomowymi sekcjami.

Technologie transportu podwieszanego umożliwiają pracę z zamówieniami priorytetowymi, a ponadto dają duże możliwości rozdzielenia (posortowania) towaru np. w obrębie sklepów odzieżowych (rys. 5.17) na np.: rodzaje kolekcji głównych oraz sezonowych, kolor i rozmiar. Podczas pobierania towaru na zamówienia dostępne jest pełne śledzenie zarówno całych partii towaru, jak i poszczególnych sztuk odzieży.

Z punktu widzenia centrum dystrybucyjnego systemy transportu podwieszanego gwarantują dobre wykorzystanie przestrzeni magazynowej, łatwe i szybkie przemieszczanie towaru w obrębie poziomów i pomiędzy poziomami magazynu, przejrzysty sposób składowania połączony z możliwością śledzenia każdej partii towaru we wszystkich procesach magazynowych i w czasie transportu, znaczne skrócenie czasu kompletacji towaru i sortowania na destynacje (wykorzystanie zbiorczego pobierania towaru i sortowania grupy zamówień w obrębie jednej fali).



Rys. 5.17. Zastosowanie transportu podwieszanego w hurtowni odzieżowej [43]

Zalety systemów transportu podwieszanego:

- niezwykle wysoki poziom wykorzystania dostępnej powierzchni magazynowej,
- znaczna poprawa gęstości składowania towaru,
- redukcja dróg kompletacji oraz czasu pieszego przemieszczania się operatorów,
- niskie koszty utrzymania, duża łatwość obsługi oraz bardzo niski poziom hałasu.
- stosunkowo niskie koszty inwestycji,
- możliwość obsługi całkowicie ręcznej oraz automatycznej, w zależności od potrzeb operacyjnych,
- dostępna technologia automatycznego sortowania towaru na poszczególne miejsca dostaw,
- zastosowanie technologii RFID lub kodów kreskowych; zwiększenie kontroli nad przepływem towarów w całym magazynie,
- śledzenie towaru na poziomie pojedynczych sztuk (adapter L-VIS),
- możliwość elastycznej rozbudowy systemu w zależności od potrzeb i wolumenu,
- systemy kompatybilne z maszynami pakującymi.

5.6. Przenośniki o zmiennej długości

5.6.1. Przenośniki rozciągane

Przenośniki rozciągane to mobilne urządzenia transportowe o płynnie regulowanej długości oraz wysokości (rys. 5.18). Służą do załadunku i rozładunku samochodów dostawczych oraz sprawdzają się wszędzie tam gdzie istnieje potrzeba zastosowania wygodnego i wielofunkcyjnego łącznika linii transportowych na różnych wysokościach. Transportery tego typu posiadają możliwość elastycznej konfiguracji linii przebiegu transportu. Produkty w czasie ruchu zachowują tor przenośnika bez konieczności stosowania burt bocznych.

Istnieje możliwość zamocowania burt bocznych zapobiegających ześlizgiwaniu się produktów na zakrętach. Dzięki współczynniki wydłużenia nawet do 4:1 po złożeniu, uwalniają użytkową powierzchnię magazynową gdy nie są używane. Jako element toczny wykorzystywane są rolki lub wałki. Typoszeregi tworzy się w zależności od ciężaru transportowanych ładunków. Przenośniki lekkie posiadają nośność 300 kg/mb, ciężkie wytrzymują nacisk do 460 kg/mb.



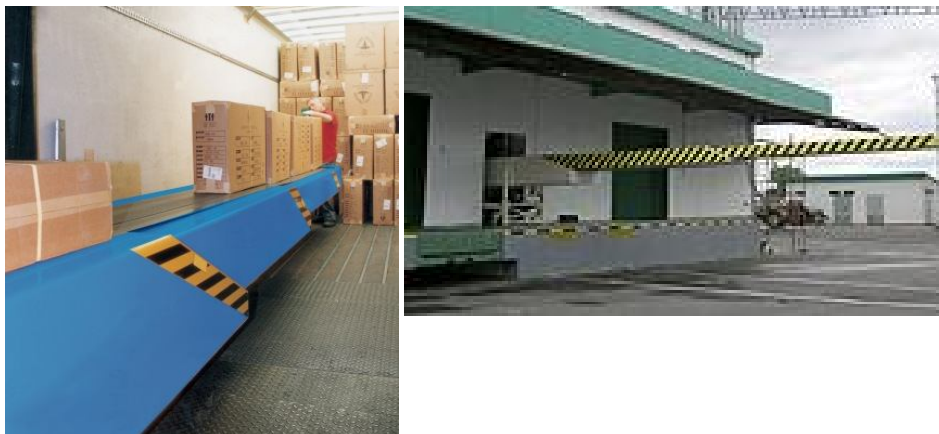
Rys. 5.18. Przenośniki rozciągane Best/Flex [30]

5.6.2. Przenośniki teleskopowe

Cechy przenośników teleskopowych (rys. 5.19):

- przeznaczone do załadunku i rozładunku towarów jednostkowych w opakowaniach kartonowych, workach lub zgrzewkach,
- pozwalają na transport materiałów znajdujących się nawet na końcu skrzyni ładunkowej eliminując noszenie towaru przez cały pojazd,
- przyciski sterujące umieszczone są na obydwu końcach, co umożliwia łatwe sterowanie,
- mogą być obsługiwane przez jedną osobę.

- przenośnik może być wyposażony w hydrauliczny podnośnik dzięki czemu można zmieniać kąt pod jakim będzie wysuwany,
- przenośnik można zamontować na dowolnej wysokości.



Rys. 5.19. Przenośniki teleskopowe stałe w zastosowaniach wewnątrz i zewnątrz magazynu [17]



Rys. 5.20. Przenośniki teleskopowe mobilne [25]

Przenośnik teleskopowy mobilny (rys. 5.20):

- przeznaczony do załadunku i rozładunku towarów jednostkowych w opakowaniach kartonowych, workach lub zgrzewkach samochodów dostawczych,
- zamontowany na kółkach, co pozwala na dowolne ustawianie przenośnika,

- przenośnik sięga do wnętrza samochodu na odległość 10 m,
- przyciski sterujące umieszczone są na obydwu końcach, co umożliwia łatwe sterowanie.

5.7. Przenośniki pionowe

Współczesne magazyny wysokiego składowania wymuszają konieczność transportu ładunków w kierunku pionowym z możliwością zatrzymywania się na różnych wysokościach. Jest to grupa urządzeń charakteryzująca się możliwością zmiany wysokości roboczej, w skład jej wchodzi wszelkie typy standardowych urządzeń transportujących takich jak przenośniki: łańcuchowe, rolkowe, paskowe i taśmowe. Zastosowanie mechanizmu unoszenia w przenośniku rozszerza możliwości linii technologicznej, w której został zastosowany lub też stanowiąc pojedyncze urządzenie posiada dodatkowe możliwości takie jak podnoszenie, wywracanie lub pochylanie elementów transportowanych.

Stosuje się trzy rodzaje przenośników pionowych: windowe, indeksowane i cyrkulacyjne. Ich zastosowanie umożliwia lepsze wykorzystanie przestrzeni produkcyjnej oraz magazynowej. Przenośniki pionowe są kompatybilne z przenośnikami poziomymi, dzięki czemu bezobsługowo przenoszą system transportu z poziomu na inne poziomy

5.7.1. Przenośniki windowe

Cechy przenośnika (rys. 5.21):

- bardzo duża wydajność: do 3000 szt/h,
- maksymalne obciążenie: 1,5 t.



Rys. 5.21. Przenośniki windowe [40]

5.7.2. Przenośniki platformowe

Urządzenia (rys. 5.22) te posiadają następujące zalety:

- transport produktów o różnych wymiarach między wieloma poziomami,
- wydajność do 200 szt/h, maksymalne obciążenie do 1,5 tony,
- platforma umożliwia transport kilku produktów jednocześnie zwiększając tym samym wydajność,
- możliwość za – i wyładunku w dowolnym kierunku.

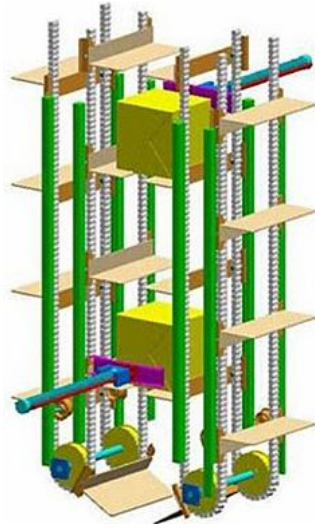


Rys. 5.22. Rysunek projektowy i platforma przenośnikowa na stanowisku pracy [17]

5.7.3. Przenośnik indeksowy

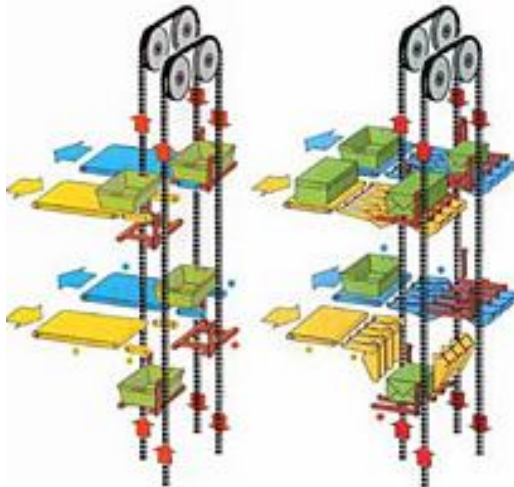
Zastosowanie (rys. 5.23):

- transport produktów o jednolitych wymiarach,
- załadunek na najniższym poziomie, jednokierunkowy wyładunek na dowolnym z wyższych poziomów,
- maksymalne obciążenie do 1,5 tony.



Rys. 5.23. Schemat ideowy przenośnika indeksowego [17]

Odmianą przenośnika indeksowego jest przenośnik cyrkulacyjny (rys. 5.24), który umożliwia wielopoziomowy transport produktów jednorodnych lub zróżnicowanych z możliwością za – i wyładunku na każdym poziomie. Przenośnik taki ma niewielkie maksymalne obciążenie do 50 kg/szt.



Rys. 5.24. Zasada pracy przenośnika cyrkulacyjnego [17]

5.7.4. Przenośniki spiralne

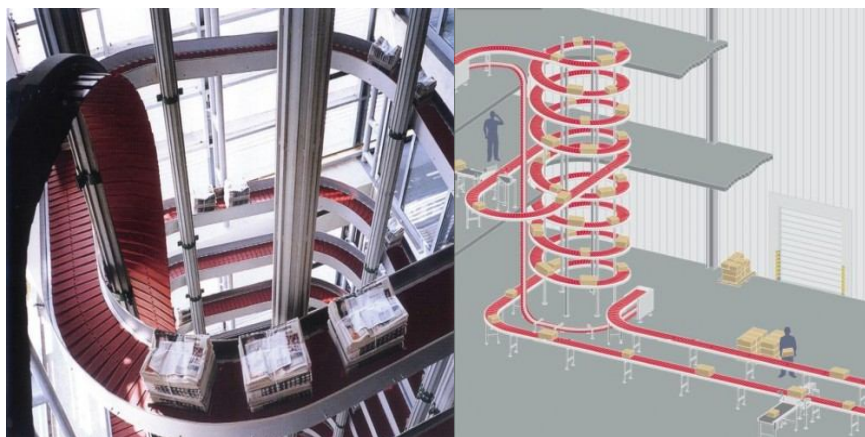
Coraz częstszym rozwiązaniem stosowanym w projektowaniu przemysłowym jest wykorzystanie pionowej przestrzeni kubatury obiektu w równym stopniu jak powierzchni poziomych. Usytuowanie procesu na wielu poziomach budynków lub przy wykorzystaniu antresol powoduje oszczędność powierzchni. Jedyny problem takiego rozwiązania to potrzeba dostarczenia surowców i odbioru produktów z poszczególnych poziomów, nierzadko w dużej ilości i w krótkim czasie. Do tego celu stosowane były różnego rodzaju windy, elewatory i podnośniki, które łączyła jedna wspólna wada, a mianowicie mała wydajność i brak ciągłości dostaw/odbiorów produktów jednostkowych.

Do transportu pionowego wprowadzono transportery spiralne, które pozbawione są powyższych wad, lecz ze względu na specyfikę zjawisk fizycznych towarzyszących transportowi spiralnemu, a dokładnie opór ruchu, mają dość istotne ograniczenia co do obciążeń maksymalnych oraz wysokości, na jaką mogą się wspiąć. Ograniczeń tych pozbawiony jest nowy typ transportera łańcuchowo płytkowego „deniway” [33]. Charakteryzuje się modułową budową, możliwością stosowania różnych szerokości płytek transportowych. Ważna jest dowolność kształtowania drogi transportowej spirali na każdym z poziomów bez przerywania ciągu transportowego i konieczności stosowania kolejnych napędów, sterowania itd. (rys. 5.25).

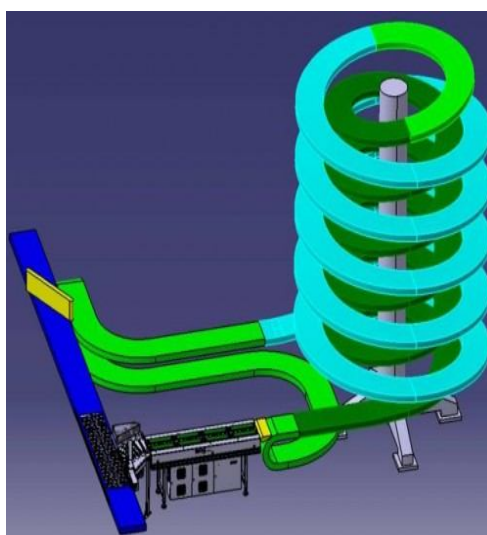
Zastosowanie transportera typu „deniway” powoduje nie tylko uwolnienie się od ograniczeń technologicznych, to również:

- oszczędność na kosztach eksploatacji na 100 m transportera zużywana jest energia poniżej 1 kW mocy napędu,
- oszczędność na kosztach instalacji i uruchomienia – jeden silnik na 300 m transportera, dowolne miejsce stacji napędowej, konstrukcja skręcana, dostarczana jako gotowa do montażu,
- brak smarowania i czynności konserwacyjnych, brak elementów ciernych i zużywających się, brak konieczności cyklicznych kalibracji,
- praca z prędkością do 3 m/s, możliwość pracy ciągłej 24 h/dobę,
- możliwość dowolnej modyfikacji już istniejącej drogi transportowej w związku z przebudową lub nową inwestycją bez konieczności wymiany całych sekcji transportera, możliwość pracy w warunkach aseptycznych (brak pylenia i smarowania).

W przypadku konstrukcji typu „deniway” rozwiązanie to umożliwia realizację projektów spiral procesowych i buforujących, w tym tak trudnych, jak projekt spirali dwukierunkowej realizującej równocześnie transport w obu kierunkach, jako jedno urządzenie z jednym napędem (rys. 5.26).



Rys. 5.25. Transporter spiralny: 26 metrowa dwururowa spirala obsługująca ośmiopozomową drukarnię [33]



Rys. 5.26. Spirala dwukierunkowa [33]

Do transportu lekkich produktów na niewielką wysokość stosowane są transportery „deniconda” – transporter spiralny zbudowany na bazie pasa modułarnego (rys. 5.27). Dzięki zastosowaniu specjalnego łożyskowania na wewnętrznym łuku spirali, możliwa jest konstrukcja transportera spiralnego przy wykorzystaniu standardowego pasa modułarnego. W przypadku zastosowania przenośnika typu „denicondy” w przemyśle spożywczym,

eliminowane są siedliska zanieczyszczeń, takie jak smarowane łańcuchy i łożyska. Dla specjalnych działów produkcji budowany jest przenośnik w całości ze stali nierdzewnej, umożliwiającą swobodne mycie całej konstrukcji. Poprzez zastosowanie standardowych elementów i dzięki lekkiej konstrukcji charakteryzuje się niską energochłonnością (jeden napęd) i bardzo wysoką trwałością. Prostota konstrukcji umożliwia także swobodne kształtowanie transportera, dostosowując jego parametry, takie jak: wysokość, ilość zwojów, kąt wzniosu, kierunek i kąty załadunku/rozładunku spirali, średnicę zewnętrzną szerokość pasa do indywidualnych potrzeb. Dowolność w kształtowaniu przenośnika umożliwia na przykład konstruowanie spirali rekordowo małych (średnica zewnętrzna 1200 mm). Urządzenie jest też bardzo proste w instalacji, gdyż dostarczane jest w formie gotowej do uruchomienia (plug&play, konstrukcja samonośna). Sama instalacja po ustawieniu na miejscu zajmuje jedynie kilka minut.



Rys. 5.27. Transporter spiralny do lekkich produktów [33]

5.8. Zewnętrzne ciągi transportowe

Estakady i łączniki transportowe budowane pomiędzy budynkami są alternatywą dla transportu wózkowego. Szczególne znaczenie ma to przy zautomatyzowanych liniach produkcyjnych powiązanych z ciągami transportowymi gdzie systemy informatyczne i automatyki przemysłowej wywołują potrzebę zastosowania zintegrowanego elastycznego, niezawodnego i wydajnego systemu transportu ciągłego w miejsce przerywanego transportu

wózkowego (rys. 5.28). W zależności od uwarunkowań infrastruktury zabudowy przemysłowej i dróg komunikacyjnych transport może odbywać się w zabudowanych ciągach na poziomie gruntu łącznikami transportowymi lub na wysokości ok. 4 m estakadami transportowymi (rys. 5.29). Takie rozwiązania pozwalają na elastyczne przesyłanie towarów z produkcji do magazynów, automatyczne buforowanie towarów na drodze transportu, zabezpieczenie towaru przed wpływami atmosferycznymi przy zapewnieniu pełnego bezpieczeństwa dla ludzi i pełnej ochrony transportowanego towaru.



Rys. 5.28. Transport w zabudowanej estakadzie [54]



Rys. 5.29. Widok na estakadę [17]

5.9. Urządzenia dodatkowe

5.9.1. Urządzenia do manipulacji paletami

Zamienniki palet znajdują zastosowanie w:

- miejscach gdzie wymagany jest transport produktów w pozycji innej niż pozycja pakowania,
- gdy zachodzi konieczność wymiany palet na inne stosowane lokalnie,
- w przypadku konieczności wydobycia uszkodzonych produktów z dołu stosu.

Zalety:

- załadunek wózkiem widłowym lub paletowym (dodatkowa rampa)
- obrót o 180°,
- pewność działania i prosta obsługa,
- zwarta budowa,
- dostępne różne formy osłon.



Rys. 5.30. Zamienniki palet różnej konstrukcji [52]

Magazynki mają zastosowanie podczas składowania palet w wysokie stopy.

Zalety:

- załadunek wózkiem paletowym lub wózkiem widłowym,
- możliwość wkomponowania w linię montażową,
- praca w trybie ręcznym (Flex) lub automatycznym (Flexomatic),
- możliwość zamocowania dodatkowych osłon palet,
- ruchome ścianki boczne umożliwiają dostosowanie szerokości do różnych rodzajów palet,



Rys. 5.31. Magazyny palet [52]

5.9.2. Urządzenia do pakowania

1 – Owijarka (rys. 5.32)

Urządzenie służy do owijania folią produktów umieszczonych na paletach, działa na zasadzie obrotowego stołu z przenośnikiem rolkowym. Może stanowić część linii montażowej. Sprawdza się w warunkach gdy wymagana przepustowość linii nie jest większa niż 40 palet na godzinę.

Zalety:

- urządzenie w pełni automatyczne,
- podczas owijania wprowadzane jest wstępne naprężenie folii,
- urządzenie współpracuje z linią przenośników,
- możliwość ustawiania różnych cykli owijania.

2 – Obkurczarka (rys. 5.33)

Służy do pakowania ładunków znajdujących się na paletach w folię termokurczliwą. Stosowana jest jako element wbudowany w linie automatyczne jak również jako urządzenie wolnostojące.

Zalety:

- skraca czas pakowania w folię termokurczliwą,
- poprzez zastosowanie zamkniętego komina zmniejsza zużycie gazu jak również ogranicza rozprzestrzenianie się spalin,
- zasłona znajdująca się na spodniej części komina zamyka się tuż po procesie obkurczania co pozwala utrzymać wysoką temperaturę wewnątrz komina oraz skrócić czas rozgrzewania się urządzenia.



Rys. 5.32. Owijarka: a – widok ogólny urządzenia, b – owijarka wbudowana w linię transportową [39]



Rys. 5.33. Obkurczarka [52]

3 – Urządzenia do pakowania kartonów (rys. 5.34)

Służą do zabezpieczania kartonów paskiem polipropylenowym. Stosowana jest głównie w centrach dystrybucyjnych jak również w supermarketach.

4 – Stoły nożycowe (rys. 5.35)

Znajdują za stosowanie w miejscach gdzie wymagana jest regulacja wysokości płaszczyzny roboczej



Rys. 5.34. Urządzenie do zabezpieczania ładunków paskiem polipropylenowym [52]



Rys. 5.35. Stół nożycowy o napędzie hydraulicznym [50]

5.10. Zaopatrzenie materiałowe w trybie *milk run*

Aby zagwarantować sprawne zaopatrzenie produkcji, konieczna jest elastyczna organizacja pracy. W praktyce wciąż jeszcze szeroko stosowana dostawa materiałów w ramach produkcji just-in-time lub just-in-sequence z użyciem wózków widłowych osiąga szybko swoje maksymalne możliwości. Ponadto, synchronizacja w zakresie zaopatrzenia oraz usuwania zbędnych komponentów i odpadów ze stanowisk produkcyjnych za pomocą wózków widłowych jest związane z dużymi nakładami finansowymi. W celu utrzymania sprawnego przebiegu produkcji należy posiadać w zapasie znaczną ilość

wózków widłowych, potrzebnych na trasie między magazynem a produkcją. Dodatkowymi czynnikami są: duże natężenie ruchu na wąskich ciągach komunikacyjnych oraz ryzyko narażenia pracowników na niebezpieczeństwo.



Rys. 5.36. System wózków łączonych firmy LKE [44]

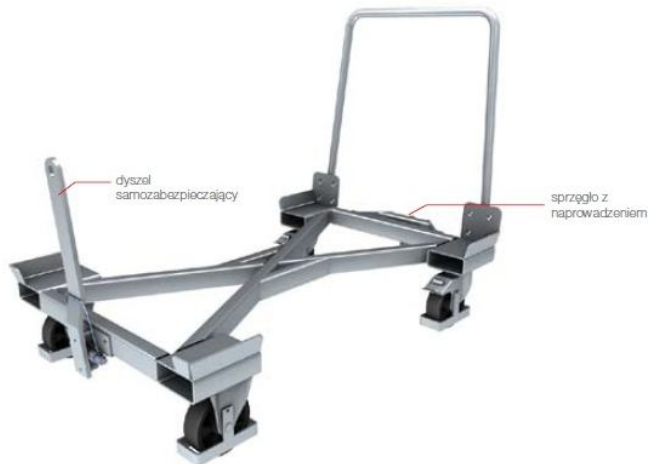
System transportu w trybie *milk run*, oparty jest na zaopatrzeniu produkcji i jednoczesnym usuwaniu niepotrzebnych elementów, funkcjonuje według tzw. zasady mleczarza: zestawy transportowe na trasach w oparciu o elastyczne "rozkłady jazdy" zbierają puste pojemniki z poszczególnych stanowisk montażowych, rozdzielając jednocześnie nowe, wcześniej napełnione i przygotowane pojemniki na linii produkcyjnej. Po zakończeniu zlecenia transportowego przez zestawy wózków i zebraniu zwrotów oraz pustych pojemników, następane systemy wózków udają się w trasę obejmującą stanowiska montażowe. W ten sposób pojemniki z częściami trafiają na produkcję. Systemy wózków łączonych poruszają się po korytarzach hali produkcyjnej o szerokości miejscami jedynie 2,5 metra z zachowaniem stabilności toru jazdy.

W celu zagwarantowania efektywnego i bezpiecznego transportu łączonego firma LKE dla swoich wózków – platform typu X zaleca długość zestawu wynoszącą ok. 10 m, maksymalną wagę zestawu 3 t oraz prędkość do 6 km/h. Wózki wyposażone w samozabezpieczający dyszel oraz wirtualne sprzęgło. Gwarantują one brak możliwości samoczynnego odpięcia się wózków. Wózki KLT są urządzeniami transportowymi dostosowanymi do potrzeb transportu łączonego w przypadku małych części lub nośników transportowych takich części. W odróżnieniu od wózka KLT wózek-platforma typu X został opracowany do transportu europalet, palet przemysłowych oraz osiatkowanych. Zalety produkcji bez użycia wózków widłowych są wielostronne. Z jednej strony częstotliwość dostaw poszczególnych części uległa zwiększeniu, co automatycznie prowadzi do zwiększonego wyważenia pełnego obciążenia

zaopatrzenia produkcji. Z drugiej strony dzięki równoczesnemu zaopatrywaniu i usuwaniu zbędnych elementów z gniazd produkcyjnych udaje się zoptymalizować łańcuch dostaw, obniżyć znacząco udział pustych kursów wózków, co daje duże oszczędności w zakresie kosztów transportu wewnętrznego i produkcji. W ramach produkcji spada również ryzyko wypadków dzięki wprowadzeniu dróg o jednym kierunku ruchu.



Rys. 5.37. Wózki KLT [44]



Rys. 5.38. Szkielet wózka typu X [44]

6. Wózki widłowe

Wózki widłowe klasyfikowane są jako urządzenia transportowe o ruchu przerywanym i nieograniczonym obszarze działania. Są urządzeniami podnośnikowymi służącymi do transportu poziomego i pionowego. Zasadniczy ich podział wynika z funkcji:

- 1- służące wyłącznie do przemieszczania jednostek ładunkowych,
- 2- przeznaczone do realizacji dwuwymiarowego procesu komisjonowania (kompletacji) w strefie regałowej magazynu.

Ze względu na umiejscowienie wideł, wózki dzielimy na:

- czołowe (widły stałe lub wysuwane),
- boczne (widły teleskopowe dla jednostek ładunkowych, widły stałe lub wysuwane dla ładunków dłużnicowych),
- czołowo – boczne (widły obrotowo – przesuwane).

Dodatkowo można dokonać podziału ze względu na rodzaj napędu: wózki z napędem spalinowym (rys. 6.1a, rys. 6.2) i elektrycznym (rys. 6.1b).

W wózkach podnośnikowych czołowych stosowane są trzy podstawowe długości wideł: $L_w = 1000, 1250, 1500$ mm.

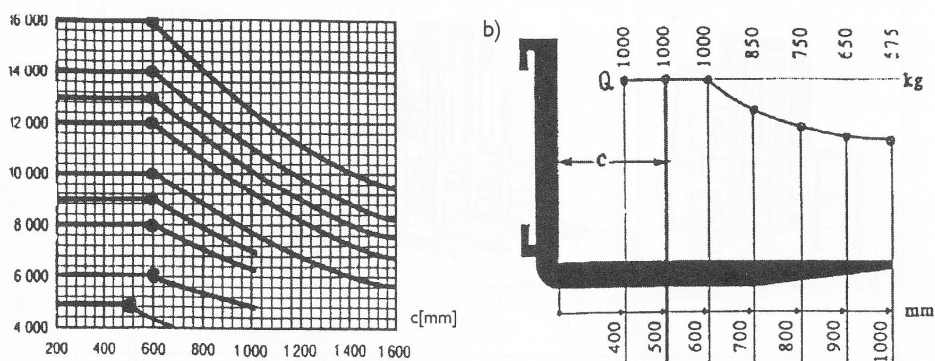
Położenie środka masy ładunku w stosunku do pionowej krawędzi wideł (wymiar c) ma istotny wpływ na nośność Q [kg] wózka. Dla wózków, w których $Q=1000 - 5000$ kg, przyjmuje się, że nośność jest stała w zakresie $c \leq 500$ mm, natomiast dla wózków, w których $Q = 5000 - 16000$ kg, nośność jest stała w zakresie $c \leq 600$ mm. Na rysunku 6.3 ukazano nomogram spadku nośności efektywnej wózka podnośnikowego (o nośności nominalnej $Q = 1000$ kg) po przekroczeniu przez środek masy ładunku normowej wartości $c = 500$ mm.



Rys. 6.1. Wózek z napędem a- spalinowym, b- elektrycznym [17]



Rys. 6.2. Wózek widłowy terenowy z napędem spalinowym [17]



Rys. 6.3. Charakter zmienności nośności w zależności od współrzędnej c położenia środka masy ładunku [11]

6.1. Charakterystyka wybranych typów wózków widłowych

6.1.1. Wózki wielokierunkowe

Oddzielną grupę wózków widłowych stanowią wózki wielokierunkowe (czterokierunkowe) przeznaczone do pracy w wąskich korytarzach międzyregalowych gdzie zachodzi konieczność przewożenia długich ładunków (rys. 6.4, 6.5). Posiadają one zespół przegubowo osadzonych kół jezdnych (z możliwością obrotu wokół osi pionowej) mogą z dowolnego położenia wyjściowego realizować sterowany przejazd w jednym z czterech kierunków: do przodu, do tyłu, w prawo i w lewo, jak również realizować obrót w miejscu. Specjalistycznym wózkiem wielokierunkowym jest wózek Combilift (rys. 6.4),

który znajduje zastosowanie przy przemieszczaniu nietypowych i ponadwymiarowych ładunków. Jego zaletą jest łatwe manipulowanie długimi ładunkami na ograniczonych przestrzeniach składowania. Kierunek jazdy urządzenia zmienia się w kilka sekund po naciśnięciu przycisku, a automatyczny system sterowania z trzema synchronicznie skręcanymi kołami zapewnia olbrzymią zdolność manewrowania



Rys. 6.4. Wózek wielokierunkowy Combilif [48]



Rys. 6.5. Wózek wysokiego składowania wielokierunkowy [48]

Wózki wielokierunkowe budowane są często jako wózki wysokiego składowania, umożliwiające załadunek towaru na wysokości powyżej 5 m.



Rys. 6.6. Wózek wysokiego składowania z obrotową karetką [48]

Wózek wysokiego składowania z obrotową karetką (rys.6.6) jest wysoce zaawansowanym technicznie wózkiem podnośnikowym z podnośnikiem obrotowym przeznaczonym do pracy w bardzo wąskich przejściach mających zaledwie 1,5 metra szerokości. Widły obracają się poziomo o 180°, by umożliwić składowanie po obu stronach przejścia. Jego zastosowanie pozwala na optymalne wykorzystanie przestrzeni magazynowej oraz jest prostszym rozwiązaniem niż praca z typowym wózkiem bocznym z masztem wysuwным.

Wózek taki wyposażony jest w:

- trójsekcyjne maszty z wolnym skokiem o wysokościach podnoszenia od 2900 mm do 5700 mm,
- automatyczny system precyzyjnego podnoszenia ładunku na wcześniej zaprogramowane wysokości regałów,
- wskaźnik wysokości podniesienia widel,
- system informowania o uderzeniu i system zapisu historii zderzeń,
- kabina przystosowana do pracy operatora w warunkach chłodniczych.

6.1.2. Wózki do komisjonowania

Wózki do komisjonowania (wózki kompletacyjne) służą do realizacji procesu kompletowania w przestrzeni regałowej. Podnoszona platforma z kabiną operatora jest zintegrowana z masztem i jest podnoszona/opuszczana wraz z zespołem widłowym (rys. 6.7, 6.8). Wózki te w celu ułatwienia ich bezkolizyjnego przemieszczania się w wąskich korytarzach, wyposażone są

w boczne rolki prowadzące układ jezdny wzdłuż podłogowych listew kierujących. Budowane są wyłącznie jako wózki akumulatorowe.



Rys. 6.7. Wózek do komisjonowania ładunków dłużnicowych [31]



Rys. 6.8. Wózek do komisjonowania, widok ogólny i podczas pracy [40]

6.1.3. Wózki przegubowe

Magazyny wyposażone w regały rzędowe, obsługiwane przez wózki czołowe lub wózki z wysuwającym masztem tzw. reachtruck z korytarzem o szerokości (2,8 – 4,5) m, są najmniej efektywne pod względem wykorzystania kubatury. Szerokość korytarza nie stanowi jednak jedynego czynnika wpływającego na jej wykorzystanie, w przypadku wózków VNA przystosowanych do pracy w wąskich korytarzach (od 1,8 m) wymagane jest bowiem dodatkowe miejsce do wprowadzenia palety do korytarza oraz do przejazdu pomiędzy korytarzami (transfer).



Rys. 6.9. Wózki przegubowe podczas pracy [43]

Wózki przegubowe (rys. 6.9) wymagają minimalnego korytarza roboczego jedynie 1,65 m, pozwalając na ogromne oszczędności przestrzeni w porównaniu do wózków czołowych i reachtruck'ów. Ponadto, dzięki ograniczonej szerokości korytarza transferowego (poniżej 3 m), pozwalają na osiągnięcie gęstości składowania nawet większej niż w przypadku wózków systemowych (VNA). Dzięki uniwersalności zastosowań, pozwalającej na wykonywanie zróżnicowanych operacji wewnątrz jak i na zewnątrz magazynu. Istotny jest także aspekt ekonomiczny – wózki przegubowe są znacznie tańsze od klasycznych wózków VNA i nie wymagają dodatkowych instalacji w magazynie w postaci ścieżki indukcyjnej, bądź szyn prowadzących.

Rama wózka przegubowego przypomina wózek czołowy, istotną różnicą i najważniejszą cechą funkcjonalną jest obrotowy maszt, podparty na kołach napędowych i zamontowany na specjalnym przegubie, wokół którego obraca się w zakresie 220°. Dzięki temu, podczas wykonywania operacji pobierania lub

odstawiania palety w korytarzu regałowym rama wózka przemieszcza się w bardzo niewielkim zakresie, potrzebując niewiele przestrzeni do wykonywania manewrów. Wózki przegubowe posiadają napęd elektryczny, przenoszony na 1 lub 2 koła przednie, w zależności od modelu mogą podnosić ładunek do 2000 kg na maksymalną wysokość do 12,5 m.

6.1.4. Wózek VNA

Wózki systemowe wysokiego składowania typu VNA wyposażone w silniki prądu zmiennego 48V, charakteryzują się wszechstronnością zastosowań podczas pracy w magazynach o wąskich korytarzach. O uniwersalności wózka świadczą możliwości jego prowadzenia: mechaniczne – w korytarzu roboczym za pomocą zamontowanych w podłożu szyn stalowych oraz tradycyjne – za pomocą układu kierowniczego. Dzięki bocznemu ułożeniu masztu w połączeniu z czołowym usytuowaniem fotela w stosunku do kierunku jazdy, uzyskano bardzo dobrą widoczność na widły, przewożony ładunek oraz trasę przejazdu. Dodatkową zaletę stanowi płynnie regulowany w pionie i w poziomie pulpit sterujący z dużym i czytelnym wyświetlaczem. W wózkach VNA stosowanych jest wiele innowacyjnych rozwiązań w wyposażeniu, które nie spotykane są w innych pojazdach:

- sterowanie funkcjami hydraulicznymi podnoszenia, opuszczania, obracania i przesuwu za pomocą kciuka,
- przekazywanie najważniejszych informacji za pomocą graficznego wyświetlacza z przyciskami dla funkcji podstawowych i serwisowych.



Rys. 6.10. Wózek widłowy wysokiego składowania typu VNA [40]

6.1.5. Wózki sterowane automatycznie LGV

Kluczowym aspektem dla zapewnienia efektywnej pracy bezzałogowych wózków LGV (Laser Guided Vehicle) jest wykonanie równej nawierzchni w celu zminimalizowania prawdopodobieństwa wystąpienia jakichkolwiek drgań i wibracji podczas jazdy. Koła wózków i wykorzystywana w sterowaniu nimi elektronika są bowiem bardzo wrażliwe na wszelkie drgania przekładające się na możliwość wystąpienia wahań masztu. Na maszcie zlokalizowane są nadajniki i odbiorniki odpowiedzialne za skanowanie luster i wysyłanie sygnału do detektorów bezpośrednio sterującymi wózkami. Ważne jest precyzyjne wytyczenie tras i węzłów komunikacyjnych, po których wózki poruszają się, punktów, z których odbierają palety i do, których będą je zawozić.

Wózki zapamiętują: trasy, po których się poruszają, zadania, które mają do wykonania i punkty, z których będą odbierać poszczególne palety (rys. 6.11). System nadzoru planuje dla nich trasy w taki sposób, aby zapewnić maksymalną sprawność przepływu bez możliwości dopuszczenia do kolizji. Ponadto wózki LGV wyposażone są w systemy identyfikacji wszystkich fizycznych przeszkód na swojej trasie. System sterowania wózkami podczas jazdy jest zaprojektowany w taki sposób, aby pomiędzy mijającymi się wózkami zachowana była minimalna odległość nie wymagająca zmniejszenia ich prędkości. Wyhamowanie ma miejsce jedynie wówczas, kiedy w strefie pojawi się nagle przeszkoda, np. człowiek. W takiej sytuacji, pojazd zwalnia, a w momencie, gdy „wie” już, że nie będzie w stanie samodzielnie jej ominąć, zatrzymuje się. Dodatkowo każdy z wózków wyposażony jest w przyciski typu andon służące do ich zatrzymania.



Rys. 6.11. Wózek sterowany automatycznie LGV [43]

Zlokalizowane są one z każdej strony pojazdu tak, aby w sytuacji zagrożenia przynajmniej jeden z nich zawsze był w zasięgu ręki człowieka. Wózki zaopatrzone są w panel sterujący, który uruchamia się w wypadku awarii i za pomocą joysticka odholowuje się go poza strefę transportową.

6.2. Wyposażenie dodatkowe wózków widłowych

Istotną zaletą wózków podnośnikowych czołowych jest ich zdolność do współpracy z liczną grupą osprzętów roboczych możliwych do zainstalowania na maszcie zamiast widel. Na rys. 6.12 – 6.19 pokazano typowy dodatkowy osprzęt wózków widłowych.



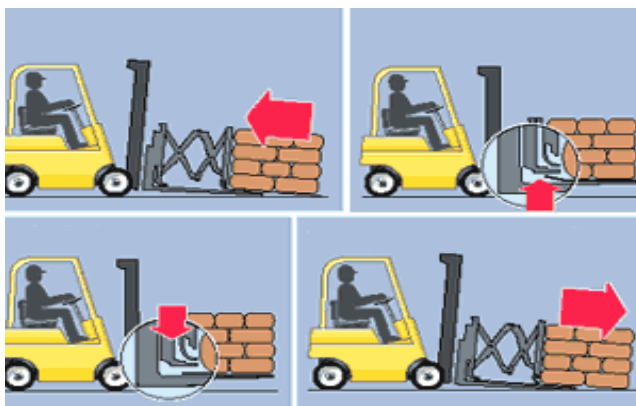
Rys. 6.12. Pozycjoner widel [17]



Rys. 6.13. Zintegrowany przesuw i pozycjoner widel [17]



Rys. 6.14. Chwytnik do bel papieru [17]



Rys. 6.15. Pantograf [17]



Rys. 6.16. Ścisk do kartonów [17]



Rys. 6.17. Obrotnica [17]



Rys. 6.18. Podwójny paletyzer [17]



Rys. 6.19. Różne rodzaje ścisków [17]

6.3. Systemy bezpieczeństwa

Magazyny wysokiego składowania są miejscem, gdzie może dojść do zagrożenia bezpieczeństwa człowieka, zwłaszcza w korytarzach pomiędzy regałami, gdzie poruszają się wózki widłowe. Szczególne warunki pracy wózków w wąskich korytarzach magazynu wysokiego składowania powodują, że nie jest zachowany minimalny odstęp bezpieczeństwa 50 cm wymaganego przez:

- Polską Normę PN-EN 349–XII.1999: Maszyny. Bezpieczeństwo. Minimalne odstępstwa zapobiegające zgnieceniu części ciała człowieka.
- Identyfikacją z powyższą Normą Europejską EN 349:1993.

Dodatkowym czynnikiem powodującym zagrożenie jest ograniczenie pola widzenia przed i z tyłu pojazdu. Operator praktycznie nie jest w stanie wykryć człowieka na drodze jazdy, gdy wózek przenosi na widłach paletę z towarem.

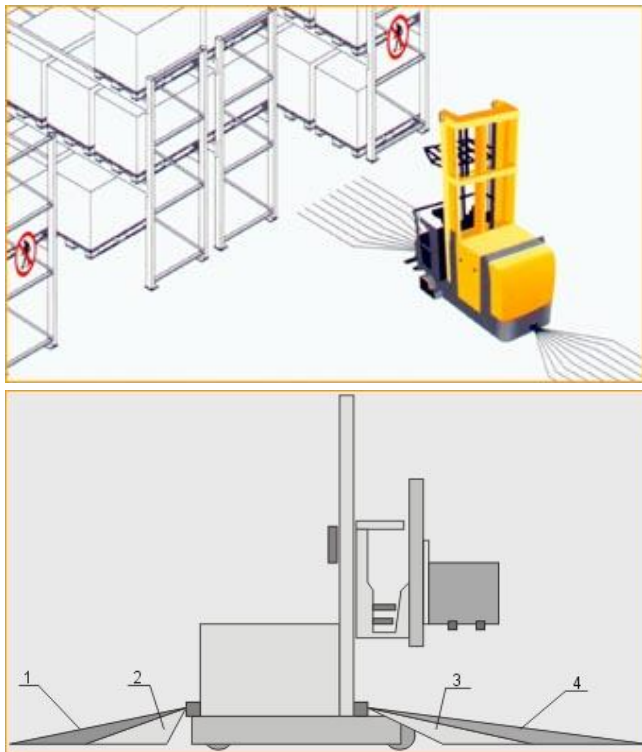
6.3.1. System MGA-L

System MGA-L składa się z elektronicznego układu sterującego, dwóch skanerów laserowych (PLS firmy SICK), czujnika ruchu wózka mierzącego z dużą dokładnością przebytą przez wózek drogę oraz systemu fotokomórek umieszczonych na wózku. Ponadto na początku korytarzy znajdują się elementy pozwalające rozpoznać jego początek. Głowice umieszczone z przodu i z tyłu wózka i "obserwują" pole w kierunku jazdy.

Pole jest podzielone na dwie strefy (rys. 6.20):

- 2 i 3 – pole ochronne,
- 1 i 4 – pole ostrzegawcze.

Długość tych pól oraz drogę hamowania wózka określają odpowiednie przepisy.



Rys. 6.21. System MGA-L, a – schemat ogólny, b – rozmieszczenie pól ochronnych [17]

Działanie systemu:

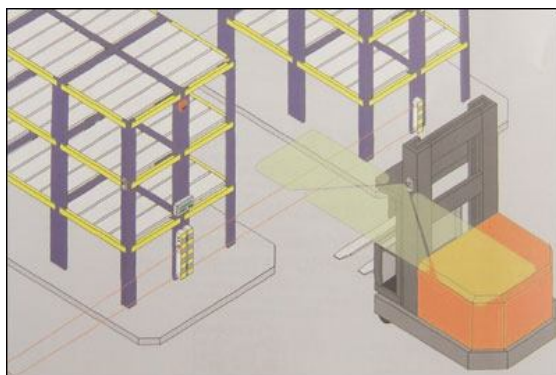
Skanery laserowe penetrują obszary przed i za wózkiem, podając informację do MGA-L o przeszkodach wykrytych w korytarzach. Układ sterujący systemu jest połączony z układem sterującym wózka i poprzez niego oddziałuje na prędkość poruszania się pojazdu. Skanery posiadają dwa obszary – ochronny

i ostrzegawczy. Przeszkoda (np. człowiek) wykryta w obszarze ostrzegawczym spowoduje niezależnie od woli operatora zmniejszenie prędkości jazdy wózka w jej kierunku do prędkości 2,5 km/h, uważanej za prędkość bezpieczną. Jeżeli przeszkoda zostanie wykryta w polu ochronnym, to niezależnie od woli operatora, wózek zatrzyma się.

System rozpoznania początku korytarza umożliwi uaktywnienie się systemu przy wjeździe do korytarza i jego dezaktywację przy wyjeździe, a także umożliwi dojazd wózkiem do ściany w korytarzach ślepych. Informacja o działaniu systemu wyświetlana jest na pulpicie sterującym wózka. W chwili wykrycia przez system MGA-L przeszkody na drodze wózka i jego zatrzymania, zostanie wywołany alarm: świetlny na pulpicie sterującym i dodatkowo dźwiękowy. Aby dalsza jazda wózkiem była możliwa operator musi świadomie pokwitować alarm. Należy pamiętać, że system ochronny MGA działa wyłącznie w korytarzach i dezaktywuje się automatycznie po wyjeździe wózka na pole manewrowe magazynu. Wszelkie usterki w działaniu systemu są sygnalizowane na pulpicie sterowniczym, należy je zgłaszać do serwisu. Do czasu interwencji serwisu można przejściowo korzystać z wózka przez zastosowanie klucza awaryjnego. W takim przypadku prędkość wózka jest ograniczona do 2,5 km/h.

6.3.2. System SGA

System stacjonarnego zabezpieczenia wąskich korytarzy SGA jest samoczynnym urządzeniem zapewniającym ochronę osób przed pojazdami transportowymi w wąskich korytarzach magazynów wysokiego składowania (rys. 6.22). Dwie świetlne bariery bezpieczeństwa przy każdym wjeździe do wąskiego korytarza nadzorują każde wejście i wjazd do korytarza. Jeżeli nastąpi naruszenie ustalonych w przedsiębiorstwie reguł, zostanie zainicjowany optyczno – akustyczny alarm.



Rys. 6.22. System stacjonarnego zabezpieczenia korytarza [17]

6.3.3. System DCS

System Kontroli Odległości DCS jest systemem pomiaru i wskazań odległości między karetką widel i podnoszonym towarem. Pomaga operatorowi wózka przy podejmowaniu ładunku w obszarach o ograniczonej widoczności. Klasycznym zastosowaniem jest przypadek bocznego podnoszenia palet w magazynach wysokiego składowania. Za daleki najazd może prowadzić do uszkodzenia dalej położonych towarów i często przyczynić się do upadku całej jednostki ładunku.

Zalety systemu DCS:

- bezpieczne podnoszenie różnorodnych ładunków o różnej wielkości,
- zabezpieczenie przed uszkodzeniem towarów ,
- uniemożliwienie upadku ładunku,
- uniemożliwienie rozerwania palety przez niewłaściwe podnoszenie

Zainstalowany na karetkce widel czujnik mierzy w sposób ciągły odległość pomiędzy czołem karetki a podnoszonym lub odstawianym ładunkiem. Zainstalowany w polu widzenia operatora wózka moduł sterujący – kontrolny wspomaga użytkownika przy podnoszeniu ładunku i pomaga w prosty sposób w ustawieniu prawidłowej pozycji najazdowej. Zrozumiałe symbole jazdy do przodu i do tyłu oraz wskaźniki pozycji najazdowej dają operatorowi możliwość bezpiecznego podnoszenia towarów bez ich uszkodzenia i upadku. Operator ze swojego miejsca za pośrednictwem przycisków znajdujących się na panelu modułu sterującego – kontrolnego może indywidualnie ustawić do trzech zadanych odległości kontrolnych. Zmierzone odległości są na miejscu ustawiane i dokładnie zapamiętywane przez system. Daje to możliwość łatwego indywidualnego dopasowania do różnych wymiarów podnoszonych ładunków. Obsługa urządzenia odbywa się w prosty sposób przez naciśnięcie właściwych dla odpowiedniej odległości przycisków. Wizualizacja optyczna na ekranie DCS daje użytkownikowi możliwość łatwej kontroli osiągnięcia wymaganego odstepu, jak również w sposób ciągły informuje o odstepie pomiędzy karetką widel a ładunkiem. Operator wózka może także rozpoznawać głębokość najazdu w odniesieniu do końca widel oraz ustalić i wyeliminować położenia niebezpieczne a tym samym uniknąć zagrożeń przy podnoszeniu. Czujnik może być stosowany do wszystkich rodzajów wózków widłowych pracujących zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz pomieszczeń.

6.3.4. Kontrola masy ładunku

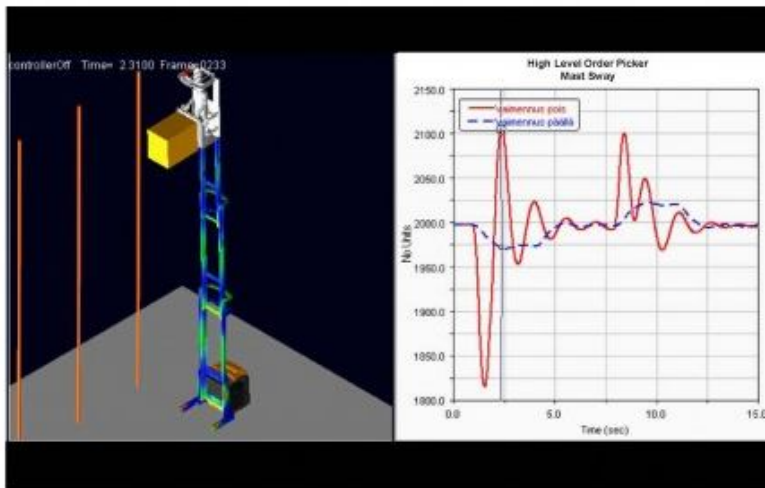
Ciężar podnoszonego wózkiem ładunku jest w 80% przypadków niewłaściwie oszacowany przez operatora. Znamienne jest to, że uszkodzenia elementów masztu i hydrauliki nie powstają zaraz po przeciążeniu a często dopiero po wielu podnoszeniach lub później po wielu dniach. Prowadzi to w co drugim przypadku do poważnej awarii wózka widłowego wyłączając go z eksploatacji na długi okres.

System kontroli masy ładunku LCS umożliwia:

- ustalanie wagi podnoszonego ciężaru dzięki czujnikom ciśnienia hydraulicznego i unikanie szkód związanych z przeciążeniem,
- wyraźne wskazania na podświetlanym ekranie,
- łatwą instalację na wszystkich wózkach widłowych i unoszących,
- zapobieganie następstwom niewłaściwego załadunku pojazdów.

6.3.5. System Aktywnej kontroli kołysania

System Aktywnej Kontroli Kołysania (Active Sway Control – ASC) wprowadzony jest jako wyposażenie standardowe w wózkach kompletacyjnych z wysokością podnoszenia od 5100 mm oraz dostępny jako opcja dodatkowa w modelach o niższych wysokościach platformy. System ASC skraca czas oczekiwania na ustanie kołysania masztu na wysokości, zmniejszając dzięki temu czas podjęcia ładunku z półki. System ASC działa poprzez automatyczne obliczenie odchylenia masztu i wygenerowanie ruchu przeciwdziałającego odchyleniom do przodu i do tyłu, aby zapewnić pełną stabilność kabiny operatora na każdej wysokości. Jest to funkcja sterowana oprogramowaniem, w związku z czym nie wymaga instalacji nowych komponentów do wózka, nie powoduje większego zużycia baterii ani żadnych skomplikowanych czynności serwisowych.



The red line shows the forward- and backward sway in mm from reference point 2000. Active Sway de-activated.
The blue line shows the forward- and backward sway in mm from reference point 2000. Active Sway activated.
The tests were conducted at platform height 10000 mm

Rys. 6.23. Wykres drgań masztu z podniesionym ładunkiem na wysokość 10 metrów: linia czerwona – kołysania do przodu i tyłu przy przypadku nieaktywnego układu ASC, linia niebieska – kołysania w przypadku aktywnego układu ASC [43]

Odchylenia masztu od pionu mogą być znaczące w przypadku składowania na wysokich poziomach i w wózkach poruszających się z uniesioną kabiną – na wysokości 10 metrów mogą one wynosić nawet do 200 mm a oczekiwanie na ustanie kołysania przed podjęciem towaru – co powinni uczynić operatorzy w celu zapewnienia bezpieczeństwa procesu – może trwać nawet ponad 10 sekund (rys. 6.23, 6.24). Powtarzające się kołysania masztu przy ruszaniu lub hamowaniu wózka, mogą znacząco spowalniać pracę na magazynie. Przyjmując, dla przykładu, średni czas 60 sekund na każde podjęcie ładunku (30 sekund na dotarcie do miejsca składowania, 10 sekund oczekiwania na ustanie kołysania, 20 sekund na podjęcie i potwierdzenie ładunku), uaktywnienie systemu kontroli kołysania masztu pozwoli uzyskać nawet 16-procentową poprawę w czasie trwania pracy na dużych wysokościach, co tym samym znacznie zwiększa wydajność całego procesu. System poprawia ergonomikę oraz bezpieczeństwo pracy. Zapewnia również większy komfort pracy dla operatora poprzez eliminację ruchów kabiny, które niejednokrotnie dekoncentrują operatora na dużej wysokości. Dzięki kontroli kołysania masztu i platformy, operator pozostaje skoncentrowany na wykonywanej czynności.



Rys. 6.24. Wizualizacja kołysania masztu wózka wysokiego składowania [43]

6.4. Ogólne zalecenia BHP przy pracach wózkami

Transport wózkami z napędem elektrycznym:

Wyłącznik prądu powinien być sprzężony z hamulcem, aby po włączeniu hamulca następowało jednoczesne wyłączenie prądu.

Transport wózkami z napędem spalinowym:

- wylot rury wydechowej musi być umieszczony tak, aby spaliny nie zagrażały kierowcy,
- w czasie jazdy wychylny maszt wózka należy maksymalnie pochylić do tyłu, natomiast w wózkach mających maszt stały, wychylić do góry ruchome widły,
- prędkość jazdy należy dostosować do rozmiarów i rodzaju ładunku, stanu jezdni i jej pochylenia oraz trasy przejazdu,
- nie wolno doprowadzić do rozkołysania ładunku,
- przy transporcie ładunków przestrzennych, które utrudniają obserwację drogi, należy jechać tyłem,
- na wzniesienia należy wjeżdżać przodem, a zjeżdżać tyłem,
- podczas przewożenia ciężkich opon samochodowych i ciągnikowych zaleca się stosowanie trzpienia lub innego wyposażenia ułatwiającego i usprawniającego transport.

Zabronione jest:

- używanie wózków z silnikami spalinowymi w magazynach paliw i materiałów łatwopalnych oraz używanie w pomieszczeniach wózków spalinowych napędzanych benzyną,
- gwałtowne hamowanie obciążonego wózka,
- podnoszenie ładunku na jednym zębie widel,
- jeżdżenie z ładunkiem podniesionym na widłach do góry,

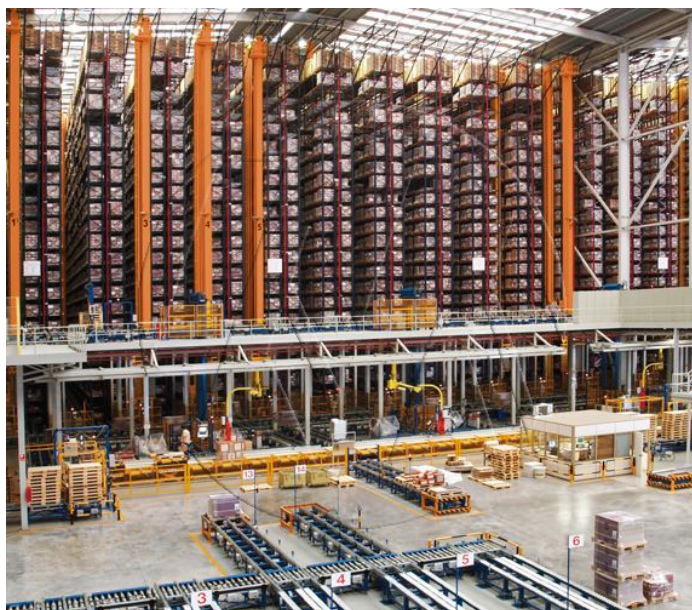
Przy pracach w korytarzach zabrania się:

- wjazdu wózkiem widłowym gdy człowiek znajduje się w korytarzu,
- wejścia osób gdy wózek widłowy znajduje się w korytarzu,
- wjazdu drugiego wózka do korytarza zajętego przez inny wózek.

7. Środki manipulacji prostej

7.1. Układnice

Układnice są urządzeniami poruszającymi się po szynach wzdłuż korytarzy międzyregalowych, przeznaczone są do przemieszczania, układania i wyjmowania jednostek ładunkowych (rys. 7.1). Podstawowym źródłem napędu w mechanizmach układnic jest silnik elektryczny o napięciu 400/230 V, w mechanizmach podnoszenia najczęściej stosowane są napędy linowe. Układnice budowane są jako konstrukcje jednokolumnowe lub dwukolumnowe (ramowe).



Rys.7.1. Widok na magazyn z regałami paletowymi obsługiwany przez układnice paletowe [46]

Przemieszczenie ładunku wewnątrz magazynu jest wykonywane za pomocą następujących ruchów układnicy:

- pionowego realizowanego przez wózek podnoszący poruszający się wzdłuż prowadnic (szyn) kolumny układnicy,
- poziomego związanego z przemieszczaniem podwozia układnicy po szynie jezdnej zainstalowanej w korytarzu magazynowym,

- ruchów elementów urządzenia do manipulowania ładunkiem w celu wyjęcia lub umieszczenia palety na regale.

Regały z układnicami posiadają także urządzenia do manipulowania ładunkiem. Do tej grupy zaliczamy urządzenia służące bezpośrednio do umieszczania i pobierania jednostek ładunkowych składowanych w regałach magazynowych, ale także urządzenia wykorzystywane w transporcie wewnętrznym w trakcie przemieszczania jednostek ładunkowych (rys. 7.2).



Rys. 7.2. Powiązanie transportu wewnątrzregalowego (układnice) z transportem magazynowym (przeñośniki wałkowe) [46]

Układnice regałowe w zależności od masy obsługiwanych ładunków można podzielić na:

- urządzenia przeznaczone do ładunków ciężkich, wyposażone w widły z ramionami teleskopowymi,
- urządzenia przeznaczone dla ładunków lekkich.

7.1.1. Układnice paletowe

Wydajność urządzeń do manipulowania ładunkiem za pomocą widel teleskopowych uwarunkowana jest takimi parametrami jak: prędkość wysuwu oraz głębokość, na jaką mogą się wydłużyć ramiona widel teleskopowych. W zależności od przyjętej technologii składowania w magazynie, używa się systemu pojedynczej, podwójnej a czasami nawet potrójnej głębokości składowania – odpowiadającej liczbie jednostek ładunkowych wsuwanych

w głąb regału. Wózek podnoszący układnicy paletowej wyposażony jest w rolki prowadzące wzdłuż prowadnic kolumny z dodatkową regulacją mimośrodową. Rolki te umożliwiają ustawienie wózka podnoszącego względem normalnego układu odniesienia tj. na odpowiedniej wysokości i długości regału oraz w osi korytarza regałowego. Elementy budowy układnicy oraz konstrukcję wideł przedstawiono na rys. 7.3 i rys. 7.4.



Rys. 7.3. Szczegóły konstrukcyjne układnicy [46]: a – wózek podnoszący, b – układ jezdny



Rys. 7.4. Widły teleskopowe pojedynczej głębokości składowania [46]

Przykładową układnicą paletową jednokolumnową jest układnica typu MTO (rys. 7.5). Zapewnia ona automatyczne składowanie ładunków na regałach tradycyjnych, bez konieczności stosowania górnego systemu prowadzącego (dzięki podwoziu o szerokim rozstawie kół jezdnych). Chwytnak widłowy trójstronny pozwala na obsługiwanie ładunków na poziomach bocznych oraz poziomie czołowym. Układnica wyposażona jest w mechanizm podnoszenia w postaci wciągarki linowej bębnowej oraz mechanizm jezdny pozwalający na jazdę z prędkością ponad 3 m/s.



Rys. 7.5. Jednokolumnowa układnica paletowa MTO [46]

W układnicy paletowej dwukolumnowej konstrukcję nośną tworzą dwie pionowe kolumny o przekroju skrzynkowym, połączone na dole z podwoziem a na górze z poziomą belką zwieńczającą kolumny. Na szczytach kolumn zamocowane są koła stanowiące górny zespół prowadzący układnicy. Mechanizmy układnicy łącznie z urządzeniem do manewrowania ładunkiem mogą pracować w trybie automatycznym. Wymaga to jednak zastosowania dodatkowych przenośników do transportu paletowych jednostek ładunkowych.

Układnica paletowa trójstronna (rys. 7.6) przenosi palety na krańce korytarza, pozostawiając ładunek na miejscach odkładczych lub na automatycznych przenośnikach. Jest to możliwe dzięki obracającemu się systemowi widłowemu,

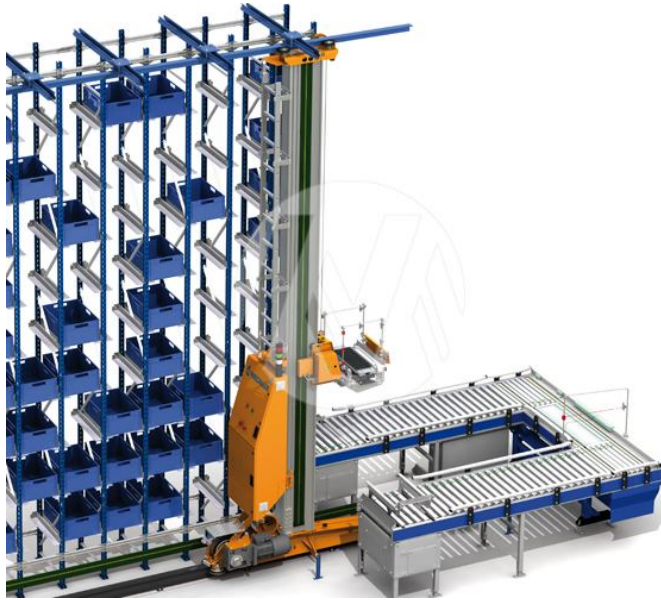
który obsługuje palety w trzech pozycjach: przedniej i dwóch bocznych. Układnice takie pozwalają łatwo zautomatyzować zarówno już istniejące, jak i nowe magazyny paletowe, w których pracują wózki sterowane przez operatorów. Układnica trójstronna to najczęściej jednokolumnowa, jeżdżąca po dwóch szynach, ma tylko cztery punkty oparcia na podłożu. Nie posiada górnego zespołu prowadzącego, co sprawia, że może być zamontowana w każdym magazynie, w którym używane są wózki systemowe. Ponadto, układnica dostosowuje się do niemal wszystkich obszarów bezpośredniego dostępu do palet.



Rys. 7.6. Układnica paletowa trójstronna [46]

7.1.2. Układnice pojemnikowe

Układnice pojemnikowe instalowane są najczęściej w automatycznych magazynach elementów drobnych typu Mini Load, których wysokość może osiągać 20 metrów. Szerokość korytarza roboczego układnicy nie przekracza wartości 800 mm (rys. 7.7, 7.8). Magazyny te złożone są z jednego lub kilku rzędów regałów przeznaczonych do składowania pojemników i tac. Przy kilku rzędach regały rozdzielone są korytarzami. W korytarzach tych, względnie obok pojedynczego rzędu regału – po szynie – przemieszcza się układnica. W typowym cyklu roboczym pojemniki lub tace pobierane są automatycznie z regałów przez układnice i dostarczane na przenośnikach do stanowiska kompletowania dostaw. Po pobraniu towaru przez operatora, pojemniki transportowane na przenośnikach wracają do układnicy w celu umieszczenia ich ponownie w gnieździe regału.



Rys.7.7. Układnica jednokolumnowa do pojemników typu ML, stojąca na szynie jezdnej biegnącej wzdłuż regału i współpracująca z przenośnikiem walcowym [46]



Rys. 7.8. Układ automatycznego składowania pojemników w regale za pomocą układnicy pojemnikowej [26]



Rys. 7.9. Układnice pojemnikowe poruszająca się po torze: a – jednokolumnowa typu ML, b – dwukolumnowa MLB [46]

Układnice regałowe do pojemników budowane są w układzie jako jedno- i dwukolumnowe (rys. 7.9). Do współpracy z układnicą używane są znormalizowane pojemniki, których konstrukcja jest kompatybilna z osprzętem manipulacyjnym. Pojemniki te na zewnętrznych ściankach mogą posiadać:

- prowadnice do chwytaków pionowych i uchwyty pomocnicze na ściankach wzdłużnych,
- otwory centrujące do automatycznego pozycjonowania,
- punkty bazowe optyczne,
- dno z rowkiem wzdłużnym dla manipulatora.

Elementy te ułatwiają prawidłowe ustawienie pojemnika na podajniku manipulatora, centrycznie do gniazda regałowego.

W urządzeniach automatycznych do manipulowania ładunkiem wykorzystuje się zazwyczaj napęd elektryczny, który służy do uruchomienia układów:

- teleskopowych (wideł, stołów, suwaków),
- łańcuchowych (przekładnie, synchronizatory),
- zębatych (reduktory),
- taśmowych (podajniki).

7.2. Dźwignice

Dźwignice są środkami manipulacji prostej, których zadaniem jest przemieszczanie ładunków w pionie lub w poziomie oraz przenoszenie w ograniczonym zakresie. Dźwignice dzielą się na proste i złożone. Dźwignice proste występują jako dźwignice samodzielne a połączone ze sobą tworzą układy zwane dźwignicami złożonymi. Każda dźwignica prosta składa się z określonych mechanizmów podnoszenia, jazdy, obrotu czy też wodzenia oraz ze związanego z nimi ustroju nośnego, najczęściej stalowego. Układ złożony z mechanizmu związanego z określonym ustrojem nośnym nosi nazwę podstawowego zespołu dźwignicy złożonej. Do tych podstawowych zespołów zalicza się: dźwigniki, ciągniki, żurawie, suwnice, przesuwnice, obrotnice, wspornice.

Dźwigniki przemieszczają ładunek w pionie za pośrednictwem sztywnego elementu, są często używane jako mechanizmy wychylania (ruchomych ustrojów stalowych, a w szczególności ustrojów żurawi).

Dźwigniki dzielimy na:

- tłokowe,
- śrubowe,
- dźwignicowe,
- dźwigniki zębnicowe.

Ciągniki przemieszczają ładunek za pomocą cięgna łańcuchowego lub linowego. Ładunek jest zaczepiony do cięgna za pośrednictwem urządzenia chwytneho, może nim być: hak, kleszcze, uchwyt elektromagnetyczny. Wśród ciągników wyróżniamy:

- wciągnik,
- wciągarkę bębnową,
- przyciągarke,
- wodziarkę.

Dźwignica prosta złożona z przejezdnego układu nośnego o kształcie pomostu, mostu, bramy lub półbramy o stosunkowo znacznej rozpiętości (rzędu co najmniej kilku metrów) oraz posiadająca mechanizm jezdny, nazywa się suwnicą. Ze względów konstrukcyjnych dzielimy je na:

- poruszające się po pomoście jedno lub dwudźwigarowym,
- poruszające się po pomoście podwieszonym,
- bramowe,
- mostowe,
- wieżowe.

Żurawie posiadają wspornikowy ustrój nośny obrotowy w płaszczyźnie poziomej oraz wychylny w płaszczyźnie pionowej, względnie też jednocześnie obrotowy i wychylny. Ustrój ten nazywany jest wysięgnicą lub wysięgnikiem.

W zależności od sposobu posadowienia, żurawie mogą być:

- wysięgnicowe na słupie stałym,
- wysięgnicowe na słupie podwieszanym,
- wysięgnikowe na słupie obrotowym,
- wysięgnicowe podwieszony na słupie obrotowym,
- platformowe wysięgnikowy.

W technice manipulacji prostej jednostek ładunkowych związanych z systemem transportu i magazynowania, spośród wszystkich dźwignic istotną rolę odgrywają: suwnice i żurawie.

7.2.1. Suwnice

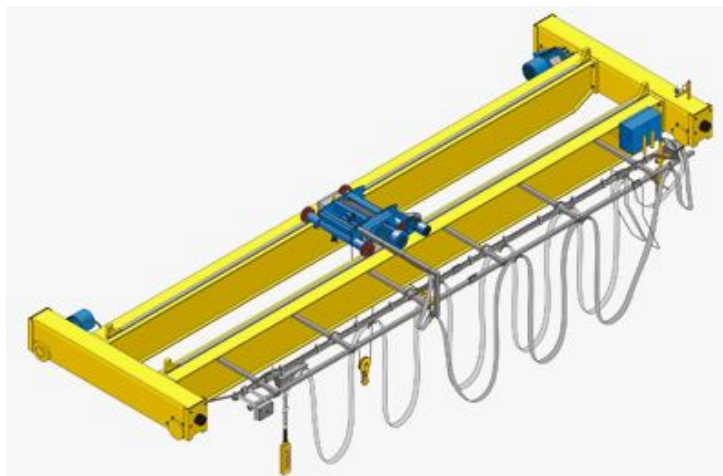
Suwnice jednoźwigarowe (rys. 7.10) przeznaczone są do mechanizacji prac transportowych w warunkach średniej intensywności pracy, odpowiadającej grupie natężenia pracy A5 (GNP) wg PN i przepisów FEM lub wyższej na indywidualne zamówienie. Suwnice mogą pracować zarówno w halach (objektach zamkniętych), jak i na terenie otwartym (składowiskach). Dla małych udźwignięć i rozpiętości, dźwigar suwnicy jednoźwigarowej wykonywany jest z profili dwuteowych walcowanych a przy większych udźwignięciach i rozpiętościach – jako skrzynkowy, bardziej odporny na skręcanie. Standardowo, suwnice wyposażone są we wciągarki linowe, natomiast przy mniejszych udźwignięciach w łańcuchowe.



Rys. 7.10. Suwnica pomostowa jednoźwigarowa natorowej [36]

Suwnice dwuźwigarowe (rys. 7.11) charakteryzują się dużymi udźwignięciami oraz stabilną i solidną konstrukcją. Przeznaczone są do mechanizacji prac transportowych w warunkach średniej intensywności pracy lub wyższej – na indywidualne zamówienie. W tego typu suwnicach, dla dużych udźwignięć i rozpiętości, dźwigary wykonywane są głównie jako skrzynkowe, spawane bardziej odporne na skręcanie. Ten rodzaj budowy suwnic umożliwia wykonanie konstrukcji uzupełniających, takich jak pomosty remontowe wzdłuż dźwigara

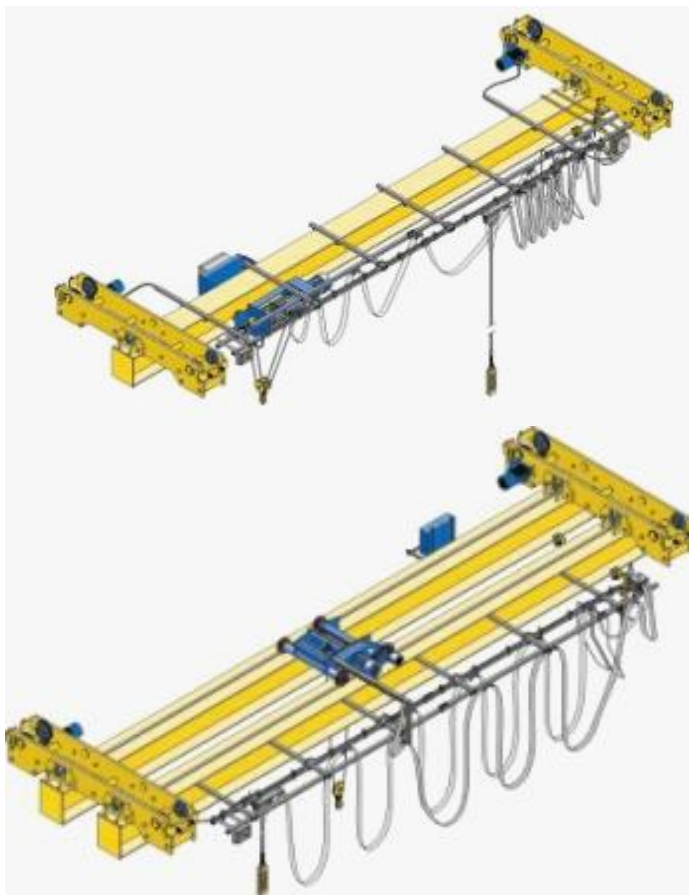
oraz kabiny suwnicowe. Standardowo wyposażone są we wciągarki linowe. Zaletą tych suwnic jest możliwość zastosowania wciągarki głównej i pomocniczej na jednym wózku jezdnym bądź na dwóch niezależnych.



Rys. 7.11. Schemat suwnicy dwudźwigarowej natorowej [45]

Suwnice podwieszane (rys. 7.12) – podobnie jak natorowe – przeznaczone są do mechanizacji prac transportowych w warunkach średniej intensywności pracy, odpowiadającej grupie natężenia pracy A5 (GNP) wg PN i przepisów FEM lub wyższej (na indywidualne zamówienie). Suwnice podwieszane poruszają się po torach jezdnych podwieszonych do istniejącej konstrukcji dachowej hali. Tego typu suwnice mają zastosowanie wszędzie tam, gdzie chce się maksymalnie wykorzystać przestrzeń hali pod suwnicą do celów produkcyjno – transportowych. W suwnicach pomostowe podwieszanych i natorowych, sterowanie ich pracą może się odbywać za pomocą podwieszanej kasy sterowniczej lub bezprzewodowo za pomocą urządzenia radiowego. Standardowo w suwnicach jazda wciągnika oraz suwnicy sterowana jest za pomocą przemiennika częstotliwości, który umożliwia łagodny start oraz zatrzymanie i płynną prędkość tych mechanizmów. W mechanizmach jazdy wciągnika i suwnicy stosowane są wyłączniki krańcowe, które najpierw powodują zwolnienie mechanizmów do pierwszej prędkości, a dopiero później ich całkowite zatrzymanie. W wersjach niestandardowych systemy napędowe mogą mieć bezstopniową regulację prędkości. Dodatkowo, dla prawidłowej pracy suwnic, stosowany jest ogranicznik udźwigu, który steruje całym procesem podnoszenia oraz rejestruje liczbę ruchów podnoszenia, liczbę przeciążeń, liczbę operacji zluźniania lin i czas pracy mechanizmu podnoszenia. Dodatkową funkcją tego urządzenia jest możliwość nastawienia

daty kolejnego serwisu bądź konserwacji mechanizmu, po przekroczeniu której cały mechanizm zostaje zablokowany.



Rys. 7.12. Schematy budowy suwnicy pomostowej podwieszanej jedno- i dwudźwigarowej [45]

Suwnice bramowe (rys. 7.13) przeznaczone są do pracy na wolnych przestrzeniach otwartych (składowiskach) lub zamkniętych (halach, magazynach) i poruszają się po torze jezdny ułożonym na podłożu. Konstrukcja suwnic bramowych składa się z dźwigara opartego na dwóch podporach oraz kół jezdnych poruszających się po szynie ułożonej na podłożu. Dźwigar suwnicy bramowej przy małych udźwigach wykonywany jest z profili dwuteowych walcowanych lub przy większych udźwigach jako skrzynkowy.



Rys. 7.13. Schemat suwnicy bramowej [45]

Dla dużych udźwignów i rozpiętości suwnice bramowe wykonywane są jako dwudźwigarowe. Dodatkowo suwnice bramowe mogą posiadać wysięgi boczne: prawy i lewy, co zwiększa długość przejazdu wciągnika, a tym samym pole pracy suwnicy. Suwnice bramowe posiadają indywidualne napędy jazdy dla każdej podpory, które są zsynchronizowane ze sobą dla uzyskania jednakowej prędkości jazdy obu podpór. Stabilna konstrukcja suwnic daje możliwość zastosowania dodatkowego wyposażenia w postaci np.: chwytaków, czerpaków. Sterowanie pracą suwnic, może się odbywać za pomocą podwieszanej kasety sterowniczej, bezprzewodowo za pomocą urządzenia radiowego lub stanowiska sterowniczego w kabinie.



Rys. 7.14. Schemat suwnicy półbramowej [45]

Suwnice bramowe - w odróżnieniu od suwnic pomostowych - poruszają się po torze jezdnym zazwyczaj ułożonym na podłożu. Suwnice bramowe mogą pracować przy udźwigach od 1t do 100t w wersji standardowej i do 400t w wersji specjalnej z wciągarką o konstrukcji otwartej.

Suwnice półbramowe (rys. 7.14) przeznaczone są do pracy w pomieszczeniach zamkniętych i otwartych, gdzie jeden tor jazdy suwnicy znajduje się na podłożu, podczas gdy drugi znajduje się na określonej wysokości, np. oparty jest na konstrukcji nośnej hali. Konstrukcja suwnic półbramowych charakteryzuje się tym, że występuje tylko jedna podpora jeżdżąca po torowisku ułożonym na podłożu.



Rys. 7.15. Suwnica szynowa [45]

Szynowe suwnice (rys. 7.15) posiadają następujące cechy techniczne:

- krótki czas cyklu roboczego dzięki wysokim prędkościom podnoszenia i jazdy suwnicy,
- jednoczesne podnoszenie, jazda wózka suwnicy i żurawia,
- tryb twinlift do 65 ton (2 x 32.5 t),
- nowoczesne systemy sterowania prędkością (systemy napędu na prąd stały i przemienny),
- kontrola usterek i wsparcie w zakresie konserwacji bezpośrednio z zakładu producenta przez łącze RF/LAN i modem,
- specjalne przewleczenie liny nośnej skutkuje „zerowym“ kołysaniem na wszystkich płaszczyznach.

W kontenerowym systemie transportu dominującą rolę odgrywa grupa suwnic zwanych bramowymi suwnicami kontenerowymi (KST) – rys. 7.16. Najczęściej są tu stosowane:

- suwnice nadbrzeżne o udźwigu do 60 ton i wydajności przeładunku do 25 kontenerów na godzinę,

- suwnice bramowe składowiskowe o udźwigu minimum 50 ton i wydajności 25 kontenerów na godzinę, rozpiętość 12,4 – 40 [m] oraz możliwością piętrzenia kontenerów w 3- 4 warstwy.



Rys. 7.16. Suwnica kontenerowa [45]

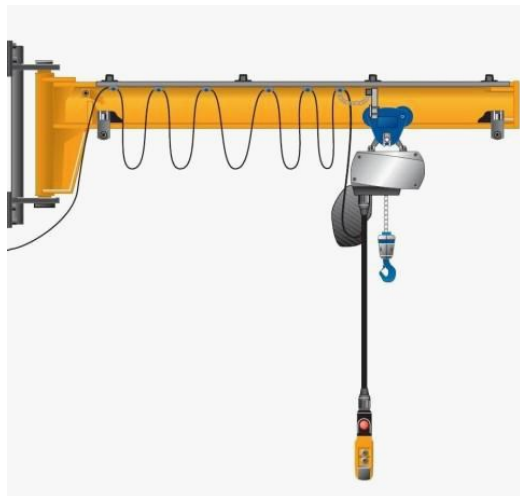
Suwnice kontenerowe RTG posiadają układ jezdny w postaci kół ogumionych, występują są jako konfiguracje ośmiokołowe i szesnastokołowe, napędzane bezłańcuchowymi napędami. Cechy charakterystyczne tych suwnic:

- obciążenie znamionowe 40,6 ton (40 ton angielskich), w układzie Twin lift 50,8 ton (50 ton angielskich),
- prędkość podnoszenia - spreader bez obciążenia 56 m/min,
- prędkość podnoszenia ładunku 40,6 ton – 28 m/min,
- prędkość jazdy suwnicy 70 m/min,
- maksymalna prędkość jazdy żurawia 130 m/min,
- jednoczesny ruch podnoszenia, jazdy suwnicy i żurawia (pozycjonujący)
- spreader z napędem elektrycznym dla kontenerów 20 i 40 stóp,
- wysokość podnoszenia 1 do 6 kontenerów,
- DGPS – automatyczny system pozycjonowania i rozpoznawania kontenerów.

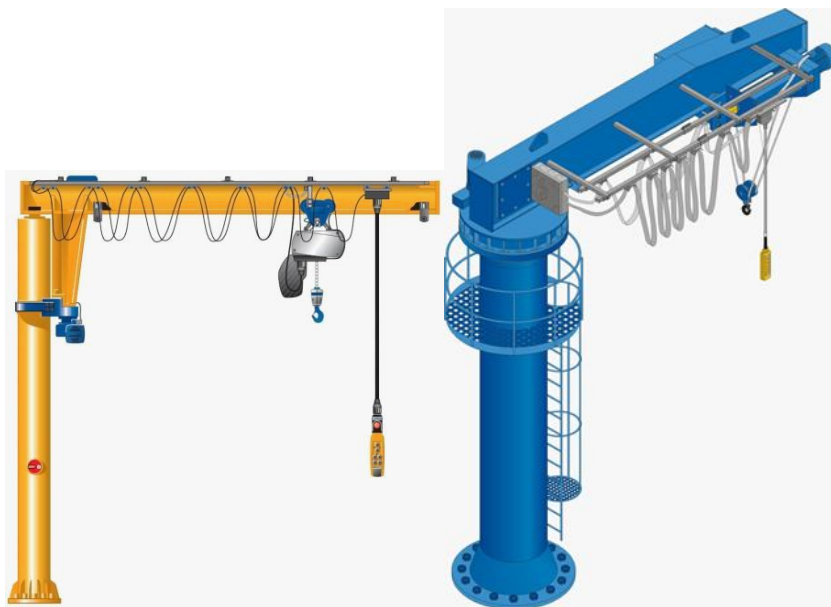
7.2.2. Żurawie

Żurawie dźwignicowe stanowią alternatywą dla suwnic. W procesach eliminowania wysiłku ręcznego, wiążącego się z: układaniem ładunków na paletach, manewrowaniem pudłami, kartonami, skrzyniami czy pojemnikami, znaczącą rolę odgrywają lekkie żurawie słupowe i konsolowe o udźwigu od 1 do 10 kN (rys. 7.17).

W transporcie wewnętrznym stosowane są głównie żurawie słupowe lub naścienne z możliwością obrotu elektrycznego lub ręcznego z zastosowaniem wciągników linowych lub łańcuchowych.



Rys. 7.17 . Żuraw przyścienny [45]



Rys. 7.18. Żuraw słupowy i żuraw specjalny [45]

7.3. Ocena intensywności pracy dźwignic i ich mechanizmów

Według normy PN-91/M-06503 z pojęciem natężenia pracy dźwignic wiążą się następujące określenia:

- grupa natężenia pracy dźwignicy – miara intensywności eksploatacji dźwignicy określona przez klasę obciążenia,
- klasa wykorzystania dźwignicy – maksymalna liczba cykli pracy wykonanych przez dźwignicę w okresie jej eksploatacji,
- klasa wykorzystania mechanizmu – efektywny czas pracy mechanizmu w okresie jego eksploatacji,
- klasa obciążenia dźwignicy – określana na podstawie nominalnej wartości współczynnika obciążenia dźwignicy,
- cykl pracy dźwignicy – przedział czasu upływający pomiędzy kolejnymi pobieranymi ładunkami,
- efektywny czas pracy mechanizmu – łączny czas pracy, w którym mechanizm jest w ruchu,
- współczynnik obciążenia dźwignicy – stosunek średniej sześciątów podnoszonych ładunków w okresie eksploatacji do sześciatnu udźwigu.

Tabela 7.1. Zestawienie klas wykorzystania dźwignicy [56]

Klasa wykorzystania dźwignicy	Maksymalna liczba cykli pracy
U_0	$1,6 \times 10^4$
U_1	$3,2 \times 10^4$
U_2	$6,3 \times 10^4$
U_3	$1,6 \times 10^5$
U_4	$1,25 \times 10^5$
U_5	5×10^5
U_6	1×10^6
U_7	2×10^6
U_8	5×10^6
U_9	Powyżej 4×10^4

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [56]

Klasę wykorzystania dźwignicy czyli liczbę cykli pracy w okresie jej eksploatacji ustala się na podstawie badań technicznych, doświadczeń

z eksploatacji podobnych urządzeń lub na podstawie analizy obsługiwanego przez dźwignicę procesu logistycznego (Tab.7.1). Liczba cykli pracy może być określona według założonego okresu eksploatacji (zazwyczaj 20 lat).

Tabela 7.2. Klasy obciążenia dźwignicy

Klasa obciążenia dźwignicy	Nominalny współczynnik obciążenia K_p	Charakterystyka podnoszonych ładunków
Q1	0,125	Ładunek podnoszony bardzo rzadko, zwykle ładunki znacznie mniejsze od nominalnego.
Q2	0,25	Ładunek podnoszony rzadko, zwykle ładunki zbliżone do połowy nominalnego.
Q3	0,50	Ładunek nominalny podnoszony często, inne ładunki większe od połowy nominalnego.
Q4	1,00	Ładunek nominalny podnoszony regularnie i ładunki bliskie nominalnemu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [56]

Klasa obciążenia dźwignicy określana jest na podstawie współczynnika obciążenia dźwignicy K_p (Tab.7.2). Wyznacza się go ze statystycznego rozkładu podnoszonych ładunków, reprezentatywnego dla całego okresu eksploatacji.

Grupa nateżenia pracy dźwignicy (Tab.7.3) określana jest w zależności od klasy obciążenia i klasy wykorzystania dźwignicy.

Klasa wykorzystania mechanizmu dźwignicowego (Tab. 7.4) jest to efektywny czas pracy jest ustalany na podstawie badań eksploatacyjnych lub doświadczeń z eksploatacji podobnych mechanizmów. Może być również ustalony według założonej liczby lat eksploatacji

Tabela 7.3. Zestawienie klas obciążenia

Klasa obciążenia	Klasa wykorzystania dźwignicy									
	U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
	Grupa nateżenia pracy dźwignicy									
Q1			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
Q3	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8		
Q4	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [56]

Tabela 7.4. Zestawienie klas wykorzystania mechanizmu dźwignicy

Klasa wykorzystania mechanizmu	Rodzaj pracy mechanizmu	Efektywny czas pracy [h]
T ₀	nieregularna	200
T ₁		400
T ₂		800
T ₃		1600
T ₄	regularna rzadka	3200
T ₅	regularna z przerwami	6300
T ₆	nieregularna intensywna	12500
T ₇	intensywna	25000
T ₈		50000
T ₉		100000

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [56]

Tab. 7.5. Klasy obciążenia mechanizmu dźwignicy

Klasa obciążenia mechanizmu	Nominalna wartość współczynnika obciążenia K_m	Charakterystyka obciążenia mechanizmów
L1	0,125	Maksymalne obciążenie w ciągu bardzo małej części czasu pracy, w pozostałym czasie obciążenia znacznie mniejsze od maksymalnego
L2	0,25	Maksymalne obciążenie w ciągu dużej części czasu pracy, w pozostałym czasie obciążenia zbliżone do połowy maksymalnego.
L3	0,50	Maksymalne obciążenie w ciągu dużej części czasu pracy, w pozostałym czasie obciążenia większe od połowy maksymalnego
L4	1,00	Maksymalne obciążenie w ciągu całego czasu pracy lub zbliżone do maksymalnego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [56]

Klasa obciążenia mechanizmu określana jest na podstawie współczynnika obciążenia mechanizmu K_m będącego funkcją obciążenia i czasu pracy. Klasy obciążenia mechanizmu i odpowiadające im nominalne wartości współczynnika obciążenia zestawiono w Tab. 7.5.

Grupa natężenia pracy mechanizmów – w zależności od klasy obciążenia i klasy wykorzystania mechanizmów wyróżnia się siedem grup natężenia pracy mechanizmu dźwignicy – Tab. 7.6.

Tab. 7.6. Macierz grup natężenia pracy mechanizmu dźwignicy

Klasa obciążenia	Klasa wykorzystania dźwignicy									
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
	Grupa natężenia pracy dźwignicy									
Q1			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Q2		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Q3	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		
Q4	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8			

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [56]

Tabela 7.7. Tabela natężenia pracy żurawi [L51]

Typ i przeznaczenie żurawi i ich mechanizmów	Grupa natężenia pracy	Grupa natężenia pracy mechanizmów				
		Podnoszenie	Obrót	Zmiana wysięgu	Jazda wciągarki	Jazda żurawia
Żurawie do pracy nieregularnej	A1	M1	M2	M1	M1	M2
Żurawie na składowiskach materiałów	A2	M2	M4	M1	M1	M2
Żurawie stoczniowe remontowe	A4	M4	M5	M3	M3	M3
Żurawie portowe kontenerowe	A4	M4	M4	M3	M4	M2
Żurawie chwytakowe	A4	M6	M6	M5	M6	M3

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [56]

Grupę pracy dźwignicy jako całości określa grupa właściwa dla głównego mechanizmu podnoszenia ładunku. Przykłady zaszeregowania wybranych maszyn dźwignicowych i ich mechanizmów do określonych grup natężenia pracy zestawiono w Tab. 7.7. i Tab.7.8.

Tabela 7.8. Tabela natężenia pracy wybranych maszyn dźwignicowych

Typ maszyn dźwignicowych	Określenie pracy	Grupa natężenia pracy	Grupa natężenia pracy mechanizmów		
			Podnoszenie	Jazda wciągarki	Jazda suwnicy
Suwnice z napędem ręcznym		A1	M1	M1	M1
Suwnice warsztatowe montażowe		A1	M2	M1	M2
Suwnice warsztatowe	Regularna rzadka	A2	M3	M2	M3
	Regularna z przerwami	A3	M4	M3	M4
	Intensywna	A4	M5	M3	M5
Suwnice hakowe na składowiskach	Regularna rzadka	A3	M3	M2	M4
Suwnice chwytakowe na składowiskach	Intensywna	A6	M6	M6	M6
Suwnice portowe przeładunkowe		A7	M8	M6	M7
Suwnice kontenerowe		A5	M6	M6	M6

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [56]

8. Formowanie jednostek wysyłkowych

8.1. Systemy i rodzaje kompletacji

Kompletowanie jest to operacja w procesie magazynowym polegająca na pobieraniu zapasów ze stosów lub urządzeń do składowania w celu utworzenia zbioru zapasów zgodnie ze specyfikacją asortymentową i ilościową dla określonego odbiorcy. Kompletowanie może odbywać się w miejscu lub poza miejscem składowania.

Proces kompletacyjny w magazynie determinowany jest następującymi czynnikami:

- postacią fizyczną kompletowanych zapasów,
- poziomem mechanizacji procesu magazynowego,
- wymaganą wydajnością procesu kompletacyjnego.

Postać fizyczna kompletowanych zapasów w zakresie rodzaju, wymiarów oraz masy poszczególnych sztuk asortymentu podlegających procesowi kompletacji decyduje o rodzaju zastosowanych urządzeń wspomagających operatora dokonującego czynności kompletacyjnych. Pod względem tej cechy rozróżniamy procesy kompletacyjne wykonywane z zapasami w postaci:

- jednostek ładunkowych paletowych (lub ładunków o zbliżonych wymiarach), przy kompletowaniu, których stosowane są wózki ręczne uniwersalne (platformowe i unoszące) oraz wózki podnośnikowe kompletacyjne lub układnice regałowe kompletacyjne,
- jednostek ładunkowych o wymiarach większych od wymiarów jednostek paletowych przy kompletowaniu, których stosowane są wózki widłowe podnośnikowe boczne.

Poziom mechanizacji procesu magazynowego decyduje także o poziomie mechanizacji oraz rodzaju zastosowanych urządzeń do wykonywania czynności kompletacyjnych. Czynności kompletacyjne mogą być prowadzone w systemie:

- ręcznym, gdy poszczególne asortymenty biorące udział w procesie kompletacyjnym są zdejmowane z gniazd regałowych i udostępnione na stanowiskach kompletacyjnych, gdzie ręczna kompletacja prowadzona będzie przez pracowników z poziomu podłogi przy użyciu wózków platformowych lub unoszących (ręcznych lub mechanicznych),
- mechanicznym, gdy czynności kompletacyjne w miejscu składowania wykonuje operator z kabiny wózka kompletacyjnego lub układnicy regałowej na całej wysokości regału,
- zautomatyzowanym, gdy czynności kompletacyjne wykonywane są w miejscu składowania przez automatyczne urządzenia kompletacyjne.

Podstawowe systemy kompletacji to:

- kompletacja w miejscu składowania – jako mało wydajny, prosty system oparty na kompletowaniu ręcznym wspomaganym wózkami ręcznymi do przemieszczania kompletowanych zestawów,
- kompletacja w strefie kompletacji – system, który jest prowadzony na znacznie większej powierzchni w strefie kompletacyjnej, umożliwia udostępnienie większej liczby zgromadzonych obok siebie asortymentów biorących udział w procesie kompletacyjnym oraz dostęp do nich większej liczby pracowników realizujących czynności kompletacyjne; zaletą tego systemu jest możliwość zmechanizowania czynności przemieszczania ładunków poprzez wprowadzenie odpowiednich urządzeń (np. przemieszczających ładunki do stanowisk kompletacyjnych przy pomocy przenośników o sterowaniu ręcznym i automatycznym) co w znacznym stopniu zwiększa wydajność kompletacji.

W magazynach kompletacyjnych stosowane są dwa sposoby realizacji zleceń:

- dynamiczny sposób realizacji zleceń polega na ciągłej realizacji zleceń indywidualnych jedno po drugim, według kolejności napływających na bieżąco zamówień odbiorców; zaletą tego sposobu jest możliwość natychmiastowej realizacji zamówienia, natomiast wadą – niska wydajność czynność kompletacyjnych,
- statyczny sposób realizacji zleceń polega na ciągłym zbieraniu zamówień oraz okresowej (co 2, 4, 8 godziny) ich seryjnej realizacji; sposób ten umożliwia realizację kompletacji w cyklach kompletacyjnych, w których biorą udział zestawy asortymentów występujących w serii zamówień; zaletą tego sposobu jest możliwość realizacji kompletacji w systemie wielostopniowym, natomiast wadą konieczność oczekiwania odbiorców na skompletowanie serii zamówień.

8.1.1. Systemy kompletacji w miejscu składowania

System kompletacji w miejscu składowania jest systemem opartym na ręcznym wykonywaniu czynności kompletacyjnych i stosowany jest w magazynach o małej liczbie zleceń wydania realizowanych w ciągu zmiany roboczej. System ten występuje w dwóch wariantach jako:

- jednostopniowy, zwany "zlecenie po zleceniu",
- dwustopniowy, zwany "asortyment po asortymencie".

Wariant kompletacji jednostopniowej "zlecenie po zleceniu" realizowany jest przez operatora wózka podnośnikowego kompletacyjnego, który po otrzymaniu zlecenia wydania przejeżdża przez korytarze międzyregalowe w strefie składowania, wybierając ze wskazanych w zleceniu gniazd regałowych poszczególne asortymenty wyrobów układając je na paletę zbiorczą umieszczoną na widłach wózka przy kabinie kompletacyjnej. Po zapelnieniu palety zbiorczej następuje jej przewiezienie do strefy wydań. Realizacja zleceń

małych (zawierających kilka pozycji asortymentowych), mieszczących się na jednej palecie zbiorczej będzie dokonywana w czasie jednego przejazdu wózka przez korytarze międzyregalowe, natomiast realizacja zleceń dużych, mieszczących się na kilku paletach, będzie wymagała kilku przejazdów wózka aż do całkowitego zrealizowania zlecenia. Po całkowitej realizacji jednego zlecenia operator otrzymuje następne zlecenie do realizacji. System kompletacji jednostopniowej "zlecenie po zleceniu" wymaga przejazdu wózka przez wszystkie korytarze międzyregalowe, w których składowane są asortymenty zawarte w zleceniu. Jest systemem mało wydajnym i powoduje długi czas oczekiwania odbiorców na realizację zlecenia.

Wariant kompletacji dwustopniowej "asortyment po asortymencie" stosowany jest w magazynie, w którym w rzędach międzyregalowych poszczególnych obszarów składowania będą pracowały wózki podnośnikowe kompletacyjne, przystosowane do kompletowania wyrobów danej grupy asortymentowej.

8.1.2. Systemy kompletacji w strefie kompletacji

Cykle trwania operacji kompletacyjnych realizowanych w systemie kompletacji w miejscu składowania w cyklu dwustopniowym są długie (8-15 minut dla zamówienia o 15 pobieranych asortymentach), ze względu na długie odcinki drogi przejazdu w korytarzach międzyregalowych, jakie wózek musi pokonać przy przejeździe pomiędzy miejscami składowania poszczególnych asortymentów. Wynika to także ze znacznych wysokości składowania (około 10 m) oraz czasu podnoszenia kabiny kompletacyjnej z operatorem i paletą zbiorczą. Czynniki te powodują, że system kompletacji w miejscu składowania charakteryzuje się małą wydajnością wyrażającą się małą ilością zrealizowanych dyspozycji wydania w ciągu zmiany roboczej. Aby zwiększyć wydajność kompletacyjną stosuje się system kompletacji realizowany w strefie kompletacji w dwóch stopniach kompletowania.

W pierwszym stopniu kompletacji dokonuje się pobierania ze strefy składowania pełnych jednostek magazynowych tych asortymentów, które aktualnie są kompletowane i zgrupowania ich na wydzielonej powierzchni strefy kompletacyjnej w regałach niskich przystosowanych do obsługi ręcznej w taki sposób, aby w drugim stopniu kompletacji można było z nich ręcznie wybierać poszczególne ładunki zgodnie z dyspozycją wydania. Taki sposób kompletacji charakteryzuje się wyższą wydajnością, gdyż ze strefy składowania do strefy kompletacji w ramach pierwszego stopnia kompletacji przemieszczane są pełne jednostki magazynowe, z których można będzie kompletować kilka zamówień. W ramach drugiego stopnia operacje kompletacyjne będą prowadzone na małej powierzchni, przy krótkich odcinkach przejazdu dla pobrania poszczególnych asortymentów, przy wysokościach składowania do 2 m, umożliwiającymi ręczny dostęp do wszystkich asortymentów.

Drugi stopień kompletacji będzie realizowany przez pracowników wyposażonych w paletę zbiorczą lub pojemnik ustawiony na wózku unoszącym (lub platformowym) ręcznym. System kompletacji poza miejscem składowania stosowany jest dla asortymentów uformowanych na paletach znormalizowanych lub uformowanych w pojemnikach magazynowych. Wyroby uformowane na paletach specjalnych jako ponadgabarytowe o dużej masie, będą bezpośrednio przewożone do strefy wydań, w celu mechanicznego załadunku na środek transportu odbiorcy.

Procesy kompletacyjne realizowane w strefie kompletacji wykonywane są według dwóch zasad:

- kompletujący dochodzi do asortymentu,
- asortyment przemieszczany jest do kompletującego.

Zasada pierwsza "kompletujący dochodzi do asortymentu" polega na gromadzeniu obok siebie i udostępnieniu do pobierania poszczególnych asortymentów uczestniczących w procesie kompletacji (w regałach niskich, na przenośnikach wałkowych, na paletach ustawionych na podłodze), natomiast pracownik kompletujący przechodzi od asortymentu do asortymentu pobierając odpowiednie ilości oraz układa je na palecie lub w pojemniku zbiorczym. Po zrealizowaniu całego zlecenia paleta lub pojemnik zbiorczy przemieszczane są do strefy wydań, a pracownik otrzymuje następne zlecenie.

Pierwszy stopień kompletacji, dokonany jest w strefie składowania na podstawie zleceń Z1 rozpisanych na poszczególne korytarze międzyregalowe z określeniem kodów lokalizacyjnych poszczególnych asortymentów składowanych w rzędach regałów tego korytarza. Operator wózka widłowego na podstawie zlecenia Z1 będzie wybierał z odpowiednich gniazd regałowych poszczególne jednostki ładunkowe oraz przemieszczał je do strefy kompletacji, układając je w odpowiednie gniazda regałów z "zapasem kompletacyjnym".

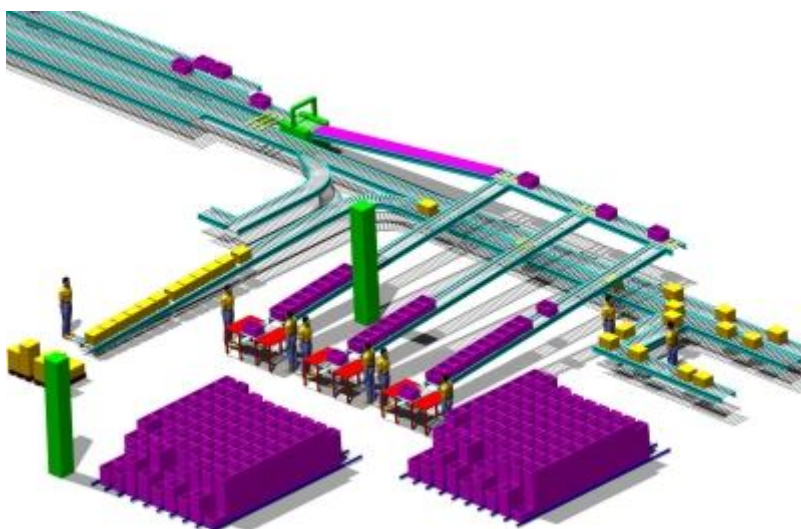
Drugi stopień kompletacji będzie przebiegał w strefie kompletacji na podstawie zleceń Z2 rozpisanych zgodnie z poszczególnymi zamówieniami odbiorców z określeniem numerów regałów z "zapasem kompletacyjnym", na których znajdują się te asortymenty. Pracownik magazynowy wyposażony w wózek widłowy unoszący ręczny wraz z paletą kompletacyjną, po otrzymaniu zlecenia Z2 będzie pobierał ręcznie poszczególne sztuki opakowań asortymentów ze wskazanych w zleceniu regałów i układał je na palecie zbiorczej. Po napełnieniu palety zbiorczej i zrealizowaniu zlecenia Z2 będzie ona przemieszczona do strefy wydań i tam złożona wraz ze zleceniem Z2 celem przygotowania do wysyłki dla odbiorcy.

Zasada druga „asortyment przemieszczany do kompletującego” polega na rozmieszczeniu w strefie kompletacyjnej stałych stanowisk kompletacyjnych podczas gdy poszczególne asortymenty uczestniczące w procesie kompletacji są

systematycznie dostarczane do stanowisk kompletacyjnych przy pomocy następujących urządzeń:

- przenośników napędzanych (taśmowych, płytowych, wałkowych, rolkowych),
- przenośników podwieszonych okrężnych,
- przenośników podłogowych,
- regałów okrężnych,
- regałów przejezdnych wzdłużnych (po pętli).

Urządzenia te stosowane są w magazynach, w których wymagana jest bardzo wysoka wydajność procesów kompletacyjnych, pracujące w systemie automatycznym z komputerowym systemem sterowania przepływu ładunków.



Rys. 8.1. Przykładowy schemat systemu kompletacji z regałów, stanowisk kompletacyjnych oraz przenośników wałkowych napędzanych [38]

Stosowany jest tu system kompletacji asortymentów składowanych na paletach płaskich i skrzyniowych. Najczęściej stosowanymi urządzeniami, przy pomocy których asortymenty dostarczane są do stanowisk kompletacyjnych są przenośniki uniwersalne (wałkowe, rolkowe, taśmowe lub płytowe). Zaznaczyć należy, że inne urządzenia, takie jak: przenośniki podwieszane, podłogowe, regały okrężne lub regały przejazdowe po pętli – są urządzeniami, które muszą być zaprojektowane i wykonane w dostosowaniu do warunków konkretnego magazynu. Podstawową zaletą przenośników uniwersalnych jest to, że jako uniwersalne konstrukcje katalogowe o segmentowej konstrukcji (segmenty

proste, łuki, rozjazdy, segmenty rozdzielcze itp.) mogą być każdorazowo konfigurowane w dostosowaniu do kształtu i wymiarów strefy kompletacji oraz układu czołowego regału. Przenośniki montowane są w układzie pętli łączącej stanowiska zdawczo – odbiorcze czoła regałowego ze stanowiskami kompletacyjnymi. System ten jest stosowany w magazynach obsługiwanych układnicami regałowymi lub wózkami podnośnikowymi specjalnymi przystosowanymi do pracy w wąskich korytarzach międzyregalowych, w których do stanowisk zdawczo – odbiorczych, zlokalizowanych w obszarze czoł regałowych są doprowadzone przenośniki uniwersalne z segmentami rozdzielczymi. Asortymenty składowane w pojemnikach magazynowych oraz na paletach muszą być oznakowane nalepkami z kodami identyfikacyjnymi i lokalizacyjnymi.

System umożliwia bieżącą realizację zamówień w czasie rzeczywistym. Napływające do magazynu zamówienia wprowadzane są do systemu komputerowego, zawierają one wykazy oraz ilości zamawianych asortymentów, Informacje te przetwarzane są na zlecenia wewnętrzne Z1, rozpisywane na poszczególne obszary składowania oraz korytarze międzyregalowe. Zlecenia Z1 przekazywane są w formie wydruków tradycyjnie lub informacji elektronicznej (na ekran monitora umieszczonego w kabinie operatora) do operatorów urządzeń pracujących w poszczególnych obszarach składowania lub poszczególnych korytarzach międzyregalowych.

Operator pobiera z gniazd regałowych asortymenty i wystawia je na stanowisko zdawczo – odbiorcze w obszarze czoł regałowych na segmentach rozdzielczych przenośnika. Jednocześnie system komputerowy opracowuje zlecenia Z2 dla poszczególnych stanowisk kompletacyjnych oraz przekazuje informacje do skanerów ustawionych na trasie pętli przenośnika o numerach kodów identyfikacyjnych ładunków oraz informacje dotyczące kierowania ich na poszczególne stanowiska kompletacyjne. Zlecenia Z2 zawierające wykazy wydawanych asortymentów wraz z ilością sztuk opakowań w poszczególnych asortymentach zgodnie z zamówieniem odbiorcy są kierowane na stanowiska kompletacyjne. Skanery rozmieszczone przed stanowiskami kompletacyjnymi odczytują kody identyfikacyjne ładunków zbliżających się na przenośniku do stanowiska i kierują odpowiednie ładunki do odpowiednich stanowisk kompletacyjnych.

Po wybraniu żądanej ilości sztuk z podstawionego pojemnika lub palety i odłożeniu na paletę zbiorczą na stanowisku kompletacyjnym – pozostała część pojemnika lub palety kierowana jest na przenośnik i dostarczana na odpowiednie pole odkładcze właściwego korytarza międzyregalowego w strefie składowania. Ze strefy czoł regałowych zwrócone pojemniki lub palety przemieszczane są do miejsc składowania o odpowiednich numerach gniazd regałowych zgodnie z kodem lokalizacyjnym. Po zgromadzeniu na stanowisku kompletacyjnym wszystkich asortymentów zgodnie ze zleceniem na palecie zbiorczej, jest ona kierowana wraz ze zleceniem Z2 do strefy wydań w celu przygotowania do

wysyłki. System ten charakteryzuje się wysoką wydajnością kompletacji, która może być regulowana przez uruchomienie bądź wyłączenie poszczególnych stanowisk kompletacyjnych. Wymaga jednak bardzo wysokiej sprawności systemu sterującego dla przenośnika głównego oraz urządzeń mechanicznych, a także wysokiej dyscypliny i sprawności obsługujących pracowników.

8.2. Kompletacja jako punkt krytyczny w procesie logistycznym

Faza kompletacji uznawana jest często za punkt krytyczny całego procesu magazynowania, co jest konsekwencją tego, że to właśnie w niej następuje podjęcie decyzji o charakterze oraz postaci przepływu asortymentów od dostawcy do odbiorcy. Sytuacja ta wynika z co najmniej kilku przesłanek związanych z funkcjonowaniem magazynu. Po pierwsze, kompletacja generuje znacznie wyższe koszty podczas realizacji, niż pozostałe fazy magazynowania. Według publikacji [6], koszty te dla typowego magazynu w Wielkiej Brytanii kształtowały się w ostatnich latach na poziomie 63 % całkowitych kosztów operacyjnych. Poziom kosztów ponoszonych na kompletację generowany jest przede wszystkim przez to, że wszelkie czynności potrzebne do jej wykonania należą do najbardziej pracochłonnych w magazynie. Ponadto, duży udział mają tutaj takie elementy jak konieczność wykwalifikowania personelu pod kątem stosowanej technologii kompletacji w danym przedsiębiorstwie czy też minimalizacja i/lub poprawa wszelkich błędów jakie pojawiać się mogą w czasie realizacji tej fazy. Z tym ostatnim aspektem należy łączyć obsługę informatyczną magazynu, na czele z systemami zarządzania przepływem materiałowym i informacyjnym.

Drugą przesłanką wskazującą na istotę kompletacji we współczesnym magazynowaniu jest fakt coraz większych trudności z zarządzaniem kompletacją. Na to wpływ mają z kolei trendy jakie charakteryzują współczesną logistykę (QR – szybka odpowiedź, crossdocking – przeładunek kompletacyjny, koncepcja „Just-in-time”) oraz zarządzanie (np. mikromarketing). W praktyce, występowanie powyższych trendów powoduje, że dopływające do magazynu zamówienia są mniejsze, ale jednocześnie pojawiają się z większą częstotliwością i wymagają większej dokładności. Wymaga to często wprowadzenia do systemu zarządzania magazynem większej liczby obsługiwanych asortymentów.

Kolejną przesłanką podkreślającą znaczenie kompletacji dla wydajności pracy magazynu jest duży nacisk jaki kładą współczesne gospodarki na spełnianie postulatów systemów zarządzania jakością oraz systemy obsługi klienta. Taki punkt widzenia wymusił na przedsiębiorstwach zwrócenie większej uwagi na minimalizację uszkodzeń obsługiwanych asortymentów, redukcję czasu potrzebnego na realizację poszczególnych zamówień oraz maksymalne zwiększenie dokładności czynności kompletacyjnych.

Reasumując, spełnienie wszystkich zadań, które charakteryzują dzisiejszą kompletację, wymagałoby albo zatrudnienia zwiększonej liczby wykwalifikowanego personelu lub inwestycję w zautomatyzowane wyposażenie magazynu. Zarówno jedna jak i druga z wymienionych opcji przekładają się na określone koszty inwestycyjne jakie ponieść musi właściciel magazynu. Bez wątplenia do najważniejszych czynników decydujących o efektywności prowadzonej kompletacji należy rodzaj urządzeń do składowania zastosowany w strefie składowania. Z technologicznego punktu widzenia nie ma przeciwwskazań w zastosowaniu większości z produkowanych współcześnie rodzajów regałów w tym zakresie. Jednakże, ze względu na cechy ergonomiczne człowieka i możliwości techniczne środków transportu wewnętrznego, niektóre rozwiązania wykorzystywane są częściej od innych.

W układzie pracy zmechanizowanej są to przede wszystkim regały ramowe i przepływowe, w przypadku zaś prac w pełni lub częściowo lub w pełni zautomatyzowanych – regały wspornikowe z podporami, a także regały obrotowe i okrężne. Pewnym nietypowym rozwiązaniem może być tutaj zastosowanie kombinowanych regałów bezpółkowo – półkowych, w których dolne poziomy składowania (te które osiągnąć może człowiek bez technicznego wspomaganie) wyposażone są w półki, na których umieszczane są pojedyncze lub spakietyzowane asortymenty. Górne poziomy składowania w tych samych kolumnach zawierają jednostki ładunkowe z zapasem tych samych asortymentów. W momencie, w którym kończą się asortymenty na dolnych poziomach, ściągana jest kolejna jednostka ładunkowa, którą się rozkłada – a uzyskane tą drogą asortymenty układa na dolnych poziomach, z których pobierane są do kompletacji. Rozwiązanie to może znacznie poprawić efektywność, ponieważ pozwala na płynne uzupełnianie mniejszych ilości asortymentów potrzebnych stworzenia zamawianej jednostki wysyłkowej.

Równie popularnym rozwiązaniem kompletacji ręcznej zgodnej z zasadą „człowiek do towaru” jest kompletacja wykorzystująca regały przepływowe, które umożliwiają przemieszczanie umieszczonych w nim zapasów grawitacyjnie lub w sposób wymuszony wzdłuż bieżni nośnej. Podobnie jak dla regałów ramowych, także i w tym przypadku poszczególne gniazda mogą być wykorzystywane do składowania pojedynczych asortymentów, całych jednostek ładunkowych jak w postaci kombinowanej umożliwiające obydwie z tych opcji. Należy dodać, że przydatność tych regałów do realizacji kompletacji wynika przede wszystkim z uporządkowanego układu zasilania w asortymenty (niezależnie czy odbywa się to ręcznie, mechanicznie czy automatycznie), krótkich dróg kompletacji (w przeciwieństwie do regałów ramowych) i dodatkowo zwiększonej efektywności wykorzystania powierzchni składowania.

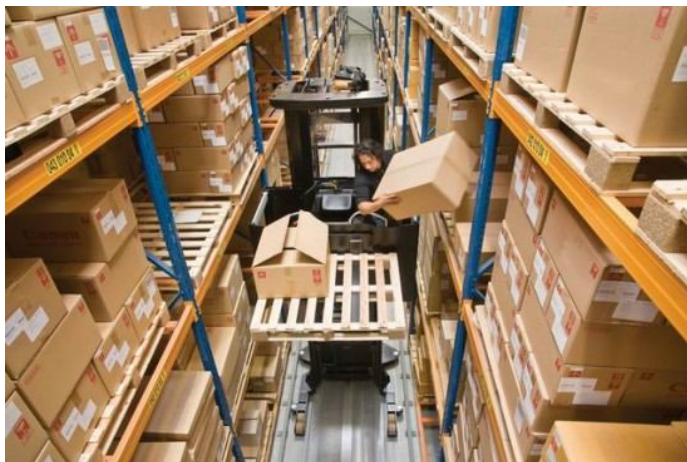
W przypadku zastosowania systemów składowania nieco bardziej zaawansowanych technologicznie, tj. przy częściowo lub całkowicie zautomatyzowanej kompletacji, możliwe są m. in. następujące rozwiązania [20]:

- regały obrotowe – charakteryzowane jako regały, umożliwiające zmianę położenia jego gniazd i kolumn przez obrót wokół jednej lub więcej osi pionowych i transport składowanych asortymentów na stanowisko zdawczo – odbiorcze,
- regały okrężne – umożliwiające zmianę położenia składowanych zapasów przez ruch okrężny w płaszczyźnie pionowej, za pomocą elementu przenośnikowego lub chwytakowego wewnątrz obudowy urządzenia, także i tutaj cały proces pobierania i/lub wprowadzania odbywa się w otworze zdawczo-odbiorczym regału umieszczonym na wysokości odpowiadającej swobodnej pracy przez człowieka,
- systemy S / R (storage / retrieval system) składające się z urządzeń do składowania w postaci regałów ramowych lub wspornikowych z podporami obsługiwanych przez układnice słupowe (część) lub ramowe (rzadziej).

Wymienione, przykładowe metody zautomatyzowanej kompletacji pozwalają na duże oszczędności powierzchni strefy składowania (dotyczy to głównie regałów obrotowych oraz okrężnych) oraz minimalizację personelu do osoby odpowiedzialnej za odbiór zamawianego asortymentu na specjalnie przygotowanym stanowisku.

Kolejnym aspektem efektywności kompletacji jest wybór rodzaju transportu wewnętrznego, wykorzystanego do przemieszczania pobieranych towarów. Najczęściej zastosowanie do tego celu znajdują dwa rodzaje wózków, specjalnie przystosowywanych do ułatwienia lub wręcz umożliwienia prowadzenia kompletacji:

- wózki unoszące kompletacyjne – budowane jako prowadzone, wyposażone w podest dla operatora lub siedzisko, w stosunku do tradycyjnych wózków prowadzonych, w wersji kompletacyjnej stosowana jest większa wysokość podnoszenia, przy zachowaniu na tym samym poziomie pozostałych parametrów eksploatacyjnych; ponadto możliwe jest zastosowanie wideł o zwiększonej długości pozwalające na kompletację od razu dwóch lub trzech jednostek ładunkowych,
- wózki podnośnikowe kompletacyjne – zapewniające możliwość podnoszenia operatora wraz z czołowym zespołem widłowym dzięki czemu ma on dostęp do asortymentów znajdujących się na wyższych niż fizycznie dostępnych dla człowieka poziomach; przykład konstrukcji takiego wózka pokazano na rys. 8.2.



Rys. 8.2. Wózek podnośnikowy kompletacyjny [28]

W systemach S/R jako środek transportu wykorzystywane są układnice, które we współpracy ze układem przenośników wałkowych, odpowiedzialne są za transport ładunków w magazynie. Wykonuje je się w lekkich odmianach przystosowanych do przemieszczania pojemników, które zawierają składowane asortymenty i w ten sposób dostarczane są do stanowiska kompletacyjnego. Współcześnie stosowane układnice przystosowywane są do pracy w systemie zautomatyzowanym, bezobsługowym, coraz rzadziej projektuje się urządzenia tego typu sterowane przez operatora.

Znając podstawowe rodzaje urządzeń do składowania oraz środków transportu wykorzystywanych podczas kompletacji należy przeanalizować ergonomię tych rozwiązań z punktu widzenia personelu magazynu. Ma to szczególne znaczenie zwłaszcza dla kompletacji ręcznej, podczas której człowiek ograniczony jest możliwościami własnego organizmu. W tabeli 8.1 przedstawiono optymalne wymiary prowadzenia czynności kompletacyjnych w regałach ramowych półkowych. Oczywistym jest fakt, że im bliżej optymalnych wartości proponowanych uwarunkowań ergonomicznych dla kompletacji ręcznej tym lepsze efekty związane z wydajnością prowadzonych prac. Wykorzystanie wózka podnośnikowego kompletacyjnego, dla których możliwość podnoszenia operatora wraz z zespołem widłowym znacznie poszerza możliwości operacyjne operatora.

Tab.8.1. Ergonomiczne uwarunkowania prowadzenia kompletacji ręcznej [22]

Dla wybierania asortymentów	
Maksymalna głębokość	110 cm
Optymalna głębokość	80 cm
Maksymalna wysokość	180 cm
Optymalna wysokość	100 cm
Minimalna wysokość	20 cm
Dla odkładania asortymentów	
Maksymalna głębokość	110 cm
Optymalna głębokość	80 cm
Maksymalna wysokość	150 cm
Optymalna wysokość	75 cm
Minimalna wysokość	20 cm
Optymalna szerokość korytarza międzyregalowego: ok. 80 cm	

Kwestią, która również istotnie wpływa na efektywność kompletacji jest właściwa identyfikacja asortymentów luzem, znajdujących się w opakowaniach, pojemnikach czy też jednostkach ładunkowych. Współcześnie najważniejszą rolę odgrywają kody kreskowe oraz technologia komunikacji radiowej RFID. Wydajność kompletacji to także technologia przepływu informacji towarzysząca tej fazie magazynowania. Informacje kompletacyjne mogą być przekazywane w następujący sposób [20]:

- za pomocą listy zleceńowej, którą dysponuje pracownik odpowiedzialny za dane zlecenie – ważna jest czytelność takiej listy, kolejność pozycji, jednoznaczność informacji nt. towaru itp.,
- za pomocą monitora stanowiącego wyposażenie pracownika bądź wózka, którym się porusza, na którym system zarządzania magazynem podaje kolejne pozycje do pobrania,
- za pomocą monitorów pobierania stanowiących wyposażenie urządzeń zautomatyzowanych do kompletacji – urządzenia takie znajdują się na stanowiskach zdawczo – odbiorczych regałów obrotowych, regałów okrężnych czy też systemów S / R,

- za pomocą technologii głosowej „pick-by-voice”, dzięki której system informuje bezpośrednią informacją do słuchawek pracownika o kolejnej pozycji i miejscu jej lokalizacji w magazynie.

Ostatnim z zaprezentowanych tutaj czynników determinujących wydajność kompletacji jest organizacja pracy. Organizacja ta związana jest przede wszystkim ze sposobem rozmieszczenia zapasów w strefie składowania magazynu. W klasycznym ujęciu rozmieszczenie zapasów może odbywać się w oparciu o następujące idee:

- według grup asortymentowych, szybkości rotacji, dostaw lub dostawców, wydań lub odbiorców, zastosowanych pomocniczych urządzeń magazynowych itp.,
- metodą opartą na częstotliwości pobierania (rotacji) polegającą na wyodrębnieniu w strefie składowej sektorów,
- w oparciu o analizę ABC zapasów, w celu maksymalnego skrócenia dróg transportowych,
- metodą stałych miejsc, w której dane asortymenty mają wyznaczone stałe miejsca składowania w magazynie,
- metodą wolnych miejsc, w której dane asortymenty składowane są w wolnych miejscach strefy składowania.

Projektując fazę kompletacji należy mieć na uwadze wielokryterialność tego zagadnienia i często synergijne oddziaływanie poszczególnych czynników na siebie. Dobór metod może być często utrudniony ze względu na wzajemną wykluczalność niektórych rozwiązań. Projektant musi znaleźć wówczas kompromisowe wyjście, które zapewniac będzie najlepszą efektywność pracy.

8.3. Metody automatyzacji procesów kompletacyjnych [20]

Ze względu na to, że kompletacja powiązana jest z podejmowaniem decyzji o charakterze oraz postaci przemieszczania asortymentów od dostawcy do odbiorcy, generuje ona najwyższe koszty realizacyjne, co wynika m. in. z tego, że jest szczególnie narażona na implikację wszelkiego rodzaju błędów i pomyłek. Taka sytuacja skłania do spojrzenia na proces kompletacji jako newralgiczny element całego magazynowania, którego optymalizacja prowadzić może do poprawy efektywności tego procesu – co osiągnąć można zarówno w ujęciu procesowym jak i infrastrukturalnym. Drugi z wymienionych aspektów odnosi się przede wszystkim do technicznej strony zagadnienia i wprowadzania zautomatyzowanych technologii wykonywania czynności kompletacyjnych. Automatyzacja kompletacji jest charakterystyczna zwłaszcza dla tzw. wariantu dynamicznego, kiedy składowane asortymenty przemieszczane są ze strefy składowania (najczęściej za pomocą zautomatyzowanego układu wózków, układnic, przenośników i/lub regałów) do specjalnych stanowisk kompletacyjnych, gdzie obsługa pobiera go i umieszcza na zamówionej

jednostce ładunkowej (rys. 8.3). W zależności od sposobu składowania, asortymenty dostarczane są do stanowisk w pojedynczych opakowaniach lub całych jednostkach ładunkowych, w których są składowane.



Rys. 8.3. Centrum kompletacyjne bazujące na regałach przelotowych skorelowanych z przenośnikami walcowymi – system SCS [29]

W drugim z wymienionych rozwiązań, jednostka ładunkowa wraca na miejsce składowania po pobraniu z niej potrzebnej ilości towaru. Ze względu na sposób pobierania towaru jest to tzw. kompletacja według zasady „towar do człowieka”.

Jedną z propozycji przeznaczonych do kompletacji drobnych asortymentów lub asortymentów umieszczonych w pojemnikach jest zastosowanie karuzelowych regałów obrotowych. Regały obrotowe charakteryzuje się jako regały, które umożliwiają zmianę położenia jego gniazd i kolumn przez obrót wokół jednej lub więcej osi pionowych. Regały karuzelowe są obecnie sterowane niemal wyłącznie za pomocą systemów WMS, które umożliwiają dodatkowo nadzór nad ilością i rozmieszczeniem poszczególnych towarów w regale. Dzięki temu, zamówione partie towaru segregowane są na podstawie lokalizacji wewnątrz regału, co pozwala zminimalizować czas obrotu regału, a także ilość zatrzymań poszczególnych kolumn regałowych na stanowisku obsługowym. Regały obrotowe typu karuzelowego mogą być wykorzystywane jako pojedyncze (konstrukcja składa się wtedy tylko z jednej pętli) lub wyposażone w kilka pętli, które zestawiane są równolegle do siebie (zapewnia to bardzo dobre wykorzystanie powierzchni strefy składowania). Zestawienia takie określa się mianem „podów” (ang. układu), w których skład wchodzi zazwyczaj od dwóch do czterech pętli zarządzanych co najmniej jednym

komputerem przez co najmniej jednego operatora. „Pody”, będące swoistego rodzaju centrum zarządzania asortymentami, mogą być dodatkowo wyposażone w szereg urządzeń, pomocniczych, takich jak: skanery kodów kreskowych, drukarki etykiet z kodami kreskowymi, drukarki wykazu asortymentów, stoły kompletacyjne, przenośniki wałkowe lub taśmowe doprowadzające i odprowadzające ładunki, platformy ładunkowe itp. „pody”, jako centra zarządzające, mogą być dodatkowo wyposażone w regały przepływowe lub klasyczne półkowe regały ramowe, przeznaczone do obsługi asortymentów o odmiennej charakterystyce zapotrzebowania (którą może być ich wartość, rozmiar, częstotliwość występowania itp.).

Porównując wykorzystanie do procesu kompletacji centrów typu „pod” w stosunku do tradycyjnych regałów półkowych należy zauważyć, że „pod” umożliwia wykonanie od 200 do 1200 zamówień na godzinę, podczas gdy statyczne regały półkowe od ok. 10 do 30 zamówień. To w jaki sposób skonfigurowana jest stacja „pod” (czyli z ilu składa się regałów karuzelowych, jak duże są ich kolumny, jak szybko przemieszczają się wzdłuż toru itp.) zależy od szeregu czynników, z których najważniejsze to: liczba realizowanych zamówień, liczba rodzajów składowanych asortymentów, inne oprócz przemieszczania, równolegle realizowane zadania (jak ważenie i pakowanie), poziom utrzymywanych zapasów itd.

Procedura kompletacji rozpoczyna się wtedy, gdy określona partia zamówień dociera do komputera zarządzającego pracą „poda”. Kiedy operator rozpoczyna kompletowanie zamówienia regały obracają się tak, aby przemieścić do stanowiska odbiorczego najbliższy element nośny, w którym znajduje się przemieszczany towar z obsługiwanych zamówień. Praca „poda” może zostać skonfigurowana w taki sposób, żeby do stanowiska odbiorczego podawana była porcja towaru, która wymagana jest nie tylko do realizacji pojedynczego zamówienia, ale od razu dla całej partii zamówień, która przyjął system komputerowy. Dzięki temu, możliwa jest kompletacja kilku, a nawet kilkunastu jednostek wysyłkowych jednocześnie. Ponadto, jeżeli „pod” złożony jest z trzech lub czterech regałów, ich pracę układa się następująco: gdy operator wyciąga towar z któregoś z nich, pozostałe obracają się i ustawiają na stanowiskach odbiorczych te kolumny, w których znajdują się kolejne pozycje z zamówienia. W ten sposób operator nigdy nie czeka na przemieszczenie określonego towaru na stanowisko odbiorcze, ponieważ ta czynność realizowana jest wtedy, gdy obsługuje on któryś z sąsiednich regałów [20].

Kolejnym przykładem realizacji kompletacji dynamicznej jest wykorzystanie zautomatyzowanych systemów AS/RS (automated storage/retrieval system) – rys. 8.4. Systemy takie składają się z urządzeń do składowania w postaci regałów ramowych lub wspornikowych z podporami obsługiwanych przez układnice słupowe lub ramowe. Układnice poruszają się w korytarzach roboczych umiejscowionych pomiędzy dwoma kolejnymi rzędami regałowymi.



Rys. 8.4. Przykład systemu kompletacji dynamicznej wykorzystujący system AS/RS w wersji „mini load” [29]

W zależności od rodzaju przemieszczanego towaru układy AS/RS podzielić można na systemy do obsługi paletowych jednostek ładunkowych („unit load system”) lub do obsługi asortymentów w pojemnikach lub skrzynkach („mini load system”). Pierwszy z wymienionych systemów charakteryzuje się zwykle udźwigami rzędu 450 – 1000 kg, natomiast systemy „mini load” odznaczają się mniejszymi udźwigami, które zwykle nie przekraczają 450 kg. Procedura kompletacyjna jest tutaj zbliżona do realizowanej przy regałach obrotowych. Pracownik odpowiedzialny za realizację zamówienia, poprzez system zarządzania magazynem, wysyła układnicę po paletę lub pojemnik zawierające żądany asortyment. Układnica pobiera go z odpowiedniego gniazda regałowego i przemieszcza na czoło instalacji regałowej, gdzie odkłada go na bieżni przenośnika wałkowego. Przenośnik transportuje następnie asortyment do stanowiska kompletacyjnego, z którego został zamówiony, gdzie pobrana jego odpowiednia ilość.

W systemach AS/RS urządzenia do przemieszczania asortymentów są urządzeniami kosztownymi, znacząco wpływającymi na wielkość nakładów potrzebnych do uruchomienia takiej instalacji. Pewną alternatywą szczególnie dla tych instalacji, które nie wymagają bardzo dużych prędkości transportu ładunków, może być zastosowanie bezobsługowych wózków podnośnikowych. Do takiego rozwiązania stosowane są zwykle nawigowane podcierwienią wózki

LGV (od ang. Laser Guided Vehicle). Nawigacja wózka tego typu nie wymaga umieszczania żadnych elementów w podłodze magazynu, a nawigacja odbywa się poprzez ustalenie współrzędnych wózka za pomocą emisji wiązki laserowej. W strategicznych miejscach obiektu (np. ścianach lub kolumnach regału) rozmieszczone są specjalne odbłyśniki, od których odbija się wiązka laserowa i wraca do układu nawigacji wózka. Tym sposobem następuje zorientowanie wózka w przestrzeni roboczej. Taki rodzaj nawigacji odznacza się dużą dokładnością (rzędu $\pm 1\div 2$ mm) i nie wymaga wielu zabiegów przy modyfikacji.

W tradycyjnym ujęciu kompletacji „towar do człowieka”, początek i koniec realizacji zamówienia związana jest z pracą operatora systemu, który zamawia żądany asortyment, a następnie odbiera na swoim stanowisku gdzie kompletuje jednostkę wysyłkową. Współcześnie także i ten ostatni element cyklu kompletacyjnego można zautomatyzować stosując sprzężonego z systemem AS/RS lub AS/RV robota paletyzującego (rys. 8.5). Asortymenty wprowadzane są do systemu SCP na paletach, gdzie rozformowywane są całymi warstwami i dalej przemieszczane do przygotowanych stanowisk buforowych. Pomimo tego, że buforowanie odbywa się całymi warstwami to pojedynczymi elementami systemu są opakowania zbiorcze o prostopadłościennym kształcie (dlatego są to przede wszystkim pudła lub zgrzewki zestawiające większą ilość asortymentów jednostkowych).



Rys. 8.5. Zautomatyzowany cykl kompletacji z wykorzystaniem robota paletyzującego na przykładzie systemu SCP [34]

Podstawowymi informacjami jakie zapamiętuje system są dane dotyczące elementów do niego wprowadzanych –waga, wymiary, kształt itp. Do realizacji zamówień wykorzystywany jest układ optyczny, który sprawdza gabaryty identyfikowanego elementu, a następnie w oparciu o konfrontację z wcześniej

wprowadzonymi danymi rozpoznaje go. Zastosowana tutaj identyfikacja optyczna eliminuje praktycznie konieczność stosowania typowych rozwiązań automatycznej identyfikacji, czyli kodów kreskowych lub tagów RFID. System posiadając te informacje formuje wirtualną jednostkę ładunkową, której poszczególne warstwy składają się z elementów o maksymalnie zbliżonych wymiarach. Na podstawie stworzonej wirtualnie paletowej jednostki ładunkowej, robot stanowiący końcowy element systemu formuje rzeczywistą jednostkę paletową.

8.4. System kompletacji Pick-by-Light

Pick-by-Light jest metodą kompletacji "człowiek do towaru". Opiera się ona na budowaniu strefy kompletacji w postaci kanałów kompletacyjnych. Na półkach z towarem montowane są listwy z cyfrowymi wyświetlaczami i przyciskami, które w praktyce zastępują tradycyjną listę towarów (rys. 8.6). Gdy w kanale kompletacyjnym pojawi się nośnik kompletacji (może nim być paleta, pojemnik, karton), system sygnalizuje magazynierowi miejsce, z którego ma pobrać towar, poprzez zapalenie lampki sygnalizacyjnej. Wyświetlacz umieszczony poniżej pojemnika z towarem na regale informuje o ilości danego asortymentu, jaką należy pobrać zgodnie z zamówieniem klienta.



Rys. 8.6. Nośny element regalowy z panelem Pick-by-Light [29]

Po pobraniu operator potwierdza wykonanie zadania, wciskając odpowiedni przycisk przy wyświetlaczu, po czym system wskazuje mu kolejne miejsce, do którego ma się udać w celu następnego pobrania. Jednocześnie potwierdzenie pobrania poprzez wciśnięcie odpowiedniego przycisku skutkuje odnotowaniem zmiany stanu zapasów przez system zarządzający magazynem w czasie rzeczywistym. Zintegrowanie technologii Pick-by-Light z systemem WMS

pozwała optymalnie dobrać trasę kompletacji dla magazyniera, co ma istotne znaczenie z punktu widzenia szybkości realizacji zamówienia. Dodatkowo korzystając z tej technologii możliwe jest zaangażowanie nawet kilku osób do kompletacji jednego dużego zamówienia.

Cechą wspólną środowisk pracy systemów Pick-by-Light jest realizacja bardzo wielu zleceń w krótkim czasie w zakresie asortymentu charakteryzującego się wysokim rozdrobnieniem. Technologię tą często integruje się również z rozwiązaniami automatyki magazynowej w procesie sortowania. W takiej sytuacji mówi się o metodzie Put-to-Light. Najlepsze efekty w procesach kompletacji uzyskuje się przy towarach drobnicowych, przy dużym zagęszczeniu modułów, gdzie konieczne jest uzyskanie zarówno szybkiego tempa zbiórki jak i zmniejszenia liczby błędów. Udogodnienia wynikające z zastosowania metody Pick-by-Light w kompletacji w porównaniu z wykorzystaniem papierowej listy zamówienia:

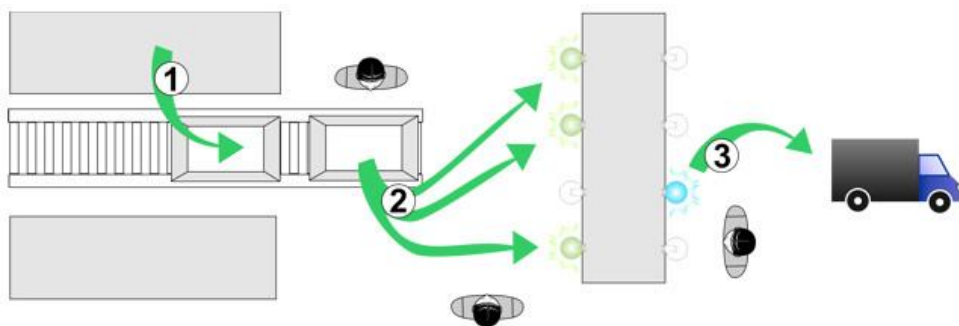
- system pozwala wyeliminować pomyłki spowodowane błędnym odczytem danych z kartki lub terminalu mobilnego,
- brak konieczności koncentracji magazyniera na analizowaniu poprawności pobierania towarów, w połączeniu z „uwolnieniem rąk” niewątpliwie przyczynia się również do zwiększenia komfortu pracy, a co za tym idzie, umożliwia osiągnięcie wyższej wydajności,
- prostota obsługi takiego systemu powoduje, że praca magazyniera kompletującego za pomocą światła nie wymaga praktycznie żadnego doświadczenia; krótkie szkolenie wystarczy, aby niewykwalifikowany, często nawet sezonowy, pracownik potrafił kompletować na podobnym poziomie wydajności, co doświadczony magazynier kompletujący z listą.

Wadą systemu jest stosunkowo niewielka elastyczność w przypadku zmiany architektury strefy kompletacji, w której wdrożono Pick-by-Light. Dotyczy to zwłaszcza stref kompletacji na liniach produkcyjnych, które często ulegają reorganizacji. O ile sama rozbudowa systemu o kolejne moduły nie powinna stanowić problemu, o tyle zmiana układu kanałów kompletacyjnych i tras, którymi podąża operator, jest już bardziej skomplikowana. Takie zmiany wymagałyby demontażu listew i sieci elektrycznej oraz ponownej adaptacji tych elementów do nowego układu regałów. Ze względu na konieczność kablowego połączenia modułów wyświetlaczy standardowy system Pick-by-Light zainstalowany na regałach nie nadaje się do procesów, w których miejsca magazynowe są często reorganizowane. W tym wypadku dużo korzystniejsze jest stosowanie systemu LUCA Pick-by-Point, Pick-by-Voice albo LUCA Pick-by-Frame, w którym wyświetlacze zainstalowane są na bezprzewodowych ramach komisjonujących.

Nowością firmy LUCA Systemy Logistyczne jest wykorzystanie światła w metodzie kompletacji Pick-by-Frame. Umożliwia ona komisjonowanie lub

sortowanie wielu zleceń jednocześnie przy bardzo niskich, w stosunku do tradycyjnej metody Pick-by-Light, nakładach inwestycyjnych, ponieważ cała elektronika zainstalowana jest wyłącznie na komunikującej się z systemem bezprzewodowo ramie, a nie na regałach. Samonośne ramy dokowane są do wózków komisjonujących, co dodatkowo optymalizuje wykorzystanie urządzeń ograniczając ich ilość do niezbędnego minimum (jedna rama może obsługiwać wiele wózków) i chroni urządzenia przed dewastacją (rama nie opuszcza strefy komisjonowania).

Systemy kompletacji metodą Pick-by-Voice najlepiej sprawdzają się w miejscach, gdzie liczy się dokładność i szybkość kompletowania zamówień. Zakres branżowy stosowania tej metody, jest stosunkowo szeroki. Często systemy Pick-by-Voice stosuje się w centrach logistycznych zajmujących się obsługą sieci supermarketów, hurtowniach, a także chłodniach i mroźniach. Generalnie rzecz biorąc, technologia ta wykorzystywana jest wszędzie tam, gdzie operator do kompletacji elementów będzie potrzebował obu rąk w ciągłej gotowości. Również na produkcji, gdzie w ciągu jednej zmiany dokonuje się setek pobrań, system głosowy znajduje swoje zastosowanie ze względu na gwarancję szybkości, dokładności i wygody kompletacji, które przekładają się na jakość tej czynności. Dużym ułatwieniem w przekazywaniu informacji o zmieniającym się asortymencie jest wyposażenie systemu w syntezy mowy Text-to-Speech, który umożliwia generowanie pozasystemowych komunikatów nadawanych naturalnym głosem. Dla przyspieszenia procesu i zabezpieczenia jego jakości należy korzystać z urządzeń posiadających opcjonalną możliwość kwitowania za pomocą bezprzewodowego skanera przypiętego do paska lub nadgarstka. Kluczową sprawą, od której zależy ciągłość komunikacji, jest natomiast pokrycie całego obszaru kompletacji odpowiedniej jakości sygnałem, który zapewni nieprzerwaną wymianę danych z systemem WMS.



Rys. 8.7. Metoda kompletacji w gniazdach regału kompletacyjnego: 1-pobór towaru z regału magazynowego, 2-kompletacja w punktach sortowania, 3- regał kompletacyjny [43]

W systemach kompletacji Pick-by-Light stosowane są dwa warianty pracy. Pierwszy wariant to system gdzie podświetlane panele operatorskie używane są do oznaczania gniazd w regale kompletacji zamówień. W tym przypadku każde gniazdo reprezentuje jedno zamówienie. Towar z regałów magazynowych pobierany jest do skrzynek w większych ilościach (suma danej pozycji asortymentowej dla wszystkich zamówień) i transportowany do punktu kompletacji zamówień – w tym przypadku miejsca, gdzie pracuje system Put-to-Light/Pick-by-Light (rys.8.7):

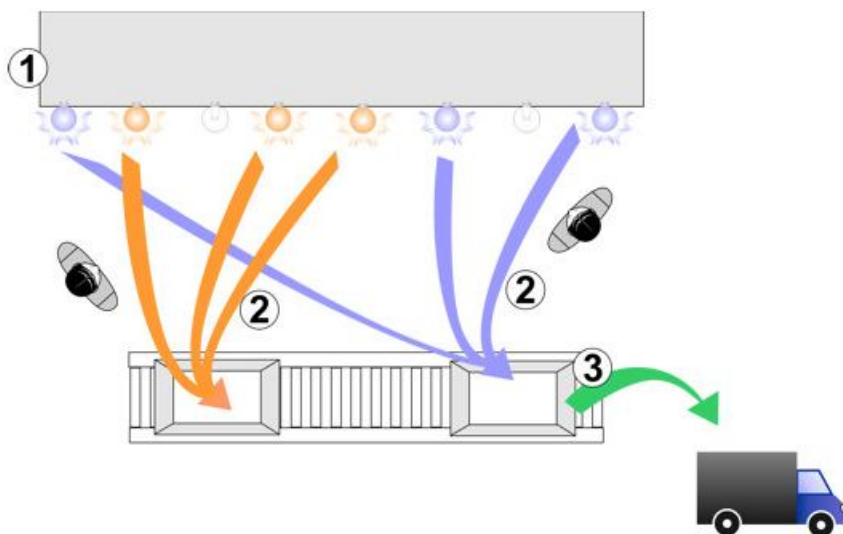
- Pakowanie produktów z regałów magazynowych do skrzynek (oddzielne skrzynki dla poszczególnych pozycji asortymentowych). Ilość produktów w skrzynce zależna jest od ilości potrzebnej do aktualnie kompletowanych zamówień.
- Skrzynki na przenośniku transportowane są do punktu sortowania. Operator pobiera skrzynkę z przenośnika, a następnie przenosi odpowiednie ilości danego produktu do poszczególnych gniazd na regale kompletacji zamówień i kwituje tę czynność wciskając przycisk na panelu operatorskim pod gniazdem. Każde gniazdo w regale reprezentuje konkretne zamówienie. O tym, gdzie należy umieścić produkt informuje operatora zapalona lampka na panelu pod gniazdem, po otrzymaniu sygnału z systemu WMS.
- Informacja o skompletowanym zamówieniu sygnalizowana jest po drugiej stronie regału przez zapalenie lampki. Operator pobiera produkty, kwituje odbiór naciskając przycisk i przygotowuje towar do wysyłki.

Drugi wariant (rys. 8.8) stosowany jest w przypadku wąskiego zakresu asortymentowego (np. tylko 100 różnych pozycji).

Tutaj kompletacja następuje już przy regale magazynowym

- Operator kompletujący, wybiera zamówienie do wykonania (z listy zamówień do realizacji, widocznych na ekranie panelu operatorskiego lub komputera). Dokonanie wyboru skutkuje przekazaniem sygnału do systemu Pick-by-Light, zainstalowanego w regałach magazynowych. Każde gniazdo regału posiada w systemie własny identyfikator. Pod poszczególnymi gniazdami umieszczony jest moduł panelu sygnalizacyjnego systemu. Akceptacja danego zamówienia do realizacji powoduje zapalenie lampek oraz wyświetlenie informacji o ilości towaru do pobrania pod każdą pozycją, której dotyczy to zamówienie.
- Operator pobiera produkty z regałów, kwituując odbiór wciśnięciem klawisza w panelu pod gniazdem, z którego towar został pobrany. Jeżeli jest to konieczne, przy kompletacji może pracować więcej niż jeden operator - identyfikacja zamówień kompletowanych jednocześnie przez kilku operatorów następuje przez przypisanie koloru lampki do danego operatora lub konkretnego zamówienia.

- Operator, w zależności od przyjętego rozwiązania przekazuje skompletowane zamówienie do strefy pakowania i wysyłki lub też samodzielnie wykonuje te czynności.



Rys. 8.8. Metoda kompletacji w przypadku wąskiego zakresu asortymentowego: 1- pobieranie towaru z gniazd regalowych wskazanych przez światło, 2- strefa kompletacji, 3- wysyłka jednostki ładunkowej skompletowanej [43]

8.5. Cross-docking

Tendencją współczesnej logistyki jest ciągle dążenie do skracania łańcuchów dostaw. Oznacza to bowiem niższe koszty kapitału „zamrożonego” podczas transportu, co przekłada się na obniżenie kosztów funkcjonowania całego systemu logistyki w przedsiębiorstwie. Jednym ze sposobów jest zmniejszanie ilości towaru magazynowanego na kolejnych etapach dostawy – w skrajnym przypadku do zera jest system *cross-dockingu* rozumiany przede wszystkim jako przeładunek kompletacyjny. *Cross-docking* polega na zabraniu towaru od jednego lub kilku dostawców, a następnie przewiezieniu ładunku do magazynu, gdzie następuje jego konsolidacja / dekonsolidacja w postaci stworzenia optymalnej ilości przesyłek dedykowanych na środek transportu, a w końcu dostawa do finalnego odbiorcy lub odbiorców. Jest to zatem ogniwo łączące dwa poszczególne odcinki transportu, poprzez rozładunek, przepakowanie, a następnie załadunek – z pominięciem etapu magazynowania (rys. 8.9). *Cross-docking* przydaje się wszędzie tam, gdzie istotny jest czas trwania całego łańcucha dostaw.



Rys. 8.9. Widok na wewnątrz magazynu wysyłkowego [43]

Ten specyficzny rodzaj usługi przeładunkowej wykorzystuje również branża przemysłowa, taka jak automotive, gdzie nie tworzy się zapasów (w ten sposób eliminuje się niepotrzebne koszty), tylko dostarcza zamawiane do produkcji towary: bezpośrednio od dostawców lub pośrednio z magazynów lub centrów dystrybucyjnych. Efektywność zastosowania przeładunku kompletacyjnego jest kwestią bardzo indywidualną – zależy w wielu przedsiębiorstwach od dokładnej analizy nakładów na jego wdrożenie i funkcjonowanie oraz obniżki kosztów działania, jaką on spowoduje.

Modelowym przykładem zastosowania *cross-dockingu* jest rynek prasy. Wydawnictwa, zwłaszcza ukazujące się codziennie, nie mogą trafić do końcowego odbiorcy opóźnione, a niedopuszczalne są nawet kilkugodzinne przesunięcia terminów dostaw. To wszystko sprawia, że tytuły z różnych drukarni i od różnych wydawców muszą być sortowane i rozwożone dalej do punktów handlowych. Przeładunek kompletacyjny odbywa się w magazynie centralnym, gdzie trafia prasa z drukarni. Prasa dostarczana z drukarni trafia do magazynu centralnego w jednostkach paletowych z reguły w dniu, w którym ma dotrzeć do magazynów regionalnych, zwykle jest to dzień przed datą wydawniczą. Dlatego też proces przyjęcia towaru i kompletacji jest procesem ciągłym, ograniczonym graniczną godziną wyjazdu wszystkich aut do magazynów regionalnych. Tak więc bezpośrednio po dostawie określonego tytułu rozpoczyna się trójpotokowy proces kompletacji. Polega on na wykorzystaniu trzech poziomów kompletacji dostawy, a więc palet, paczek i ilości sztukowych. Dla każdego z poziomów przypisana jest osobna strefa

kompletacyjna. Gotowe jednostki ładunkowe trafiają na pola odkładcze zlokalizowane w pobliżu doków, skąd są ładowane bezpośrednio na samochody.

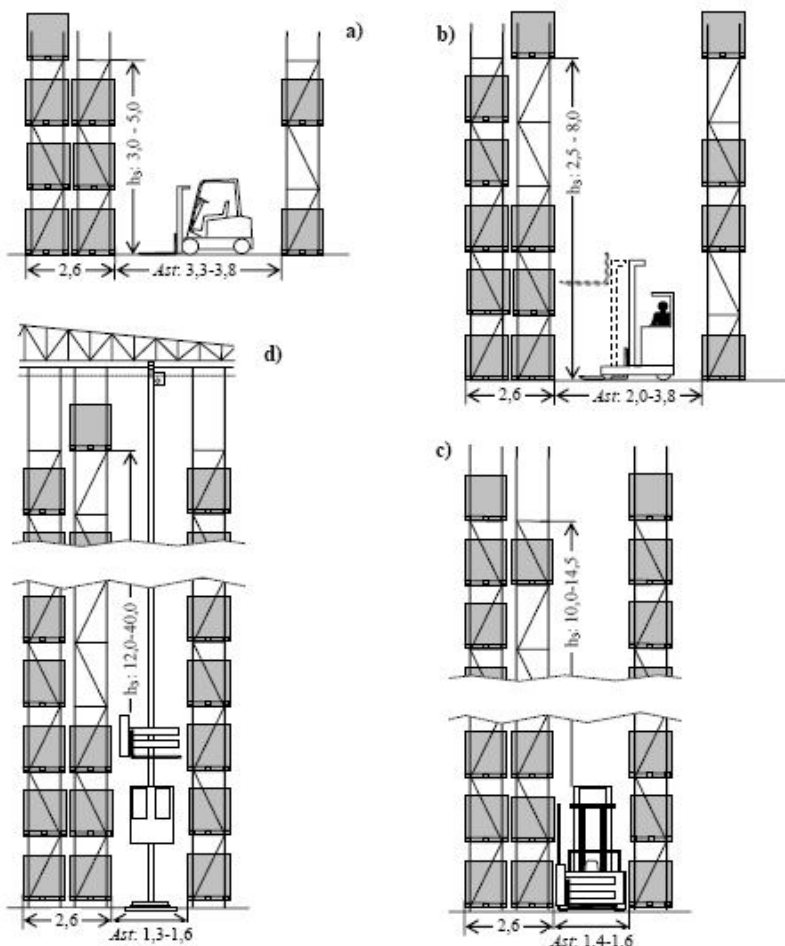
Cross-docking to przede wszystkim minimalizacja kosztów obsługi magazynowej ładunku. Wykorzystywana powierzchnia ogranicza się bowiem do miejsca kompletowania przesyłek i miejsca składowania poszczególnych ładunków przeznaczonych do kompletacji – od momentu dostarczenia do punktu kompletacji pierwszej z nich, do momentu pojawienia się ostatniej (różne elementy nie przychodzą bowiem jednocześnie, a nie ma możliwości formowania przesyłek na przykład na paletach, dopóki nie mamy wszystkich elementów). Zaletą *cross-dockingu* jest także zmniejszanie ilości ogniw w łańcuchu dostaw, co sprawia, że czas dostawy jest krótszy, a liczba poszczególnych elementów łańcucha jest mniejsza, co zmniejsza liczbę potencjalnych możliwości wystąpienia błędu, usterki czy opóźnienia.

Przeładunek kompletacyjny ma także swoje wady. Przede wszystkim jest usługą szybką, wymagającą sprawnej organizacji nie tylko w punkcie formowania przesyłek, ale i przy współpracy z dostawcami i odbiorcami (tak by przesyłki dostarczane były do punktu kompletacji na czas, a potem sprawnie odbierane). Oznacza to wzrost kosztów w zakresie rozwiązań informatycznych i telekomunikacyjnych, zarówno w postaci infrastruktury, oprogramowania, jak i wiedzy pracowników (konieczność zapewnienia odpowiedniego poziomu wyszkolenia obsługi procesu). Duża ilość przesyłek i szybka realizacja procesu przeładunkowego może też prowadzić do zwiększenia ryzyka pomyłek. To właśnie duża rotacja wymusza wysoki poziom organizacyjnej sprawności. Wadą *cross-dockingu* jest także nierównomierne rozmieszczenie przesyłek. Zwykle duża część ładunków musi być formowana w jednym czasie, w pozostałych porach dnia czy doby może natomiast się okazać, że punkt przeładunkowy „świeci pustkami”.

9. Modernizacja systemów magazynowych

9.1. Konfigurowanie ustawienia regałów magazynowych

Zagospodarowanie przestrzeni w strefie składowania towarów nie można pozostawić przypadkowi. Znając wady i zalety różnych systemów regałowych, można świadomie określić nie tylko koszty potrzebne na budowę instalacji regałowej, ale już na etapie planowania inwestycji określić czy efektywnie wykorzystane zostanie miejsce w magazynie. W czasie eksploatacji magazynu decyduje to o obliczu kosztowym procesu składowania.



Rys. 9.1. Przykłady zależności pomiędzy szerokością korytarza roboczego Ast strefy składowania, wysokością podnoszenia h_3 i typem urządzenia[13]: a – wózek czółowy, b – wózek z wysuwającym masztem (reachtruck), c – wózek VNA, d – układnica regałowa

Praktycznie w każdym funkcjonującym magazynie występuje strefa składowania, której przestrzeń stanowi sumę przestrzeni:

- składowej stanowiąca wydzieloną przestrzeń przeznaczoną do przechowywania zapasów w urządzeniach do składowania lub piętrena w stosach z zachowaniem luzów technologicznych,
- manipulacyjnej obejmującej wszystkie drogi manipulacyjne, przejazdowe i luzy manipulacyjne nie zaliczane do przestrzeni składowej.

Na efektywność wykorzystania strefy składowania wpływ ma wiele czynników. Jako jedne z najważniejszych uznać można rodzaje asortymentów jakie mają być składowane w strefie oraz przyjęty proces technologiczny, który określa jakie jednostki ładunkowe będą przemieszczane, jak będą one składowane oraz jakich urządzeń transportowych należy do tego użyć (rys. 9.1). W przypadku wysokiej hali magazynowej i stosowania regałów półkowych, w celu wykorzystania kubatury, często wykonuje się podesty wielopoziomowe tzw. antresole (rys. 9.2). Są rozwiązaniem dedykowanym do składowania towarów na kilku poziomach jak i do wydzielania dodatkowych stref konfekcjonowania w magazynie. Zoptymalizowana zostaje powierzchnia w magazynie, zwiększony zostaje współczynnik wykorzystania kubatury i wygospodarowana dodatkowa przestrzeń operacyjną.

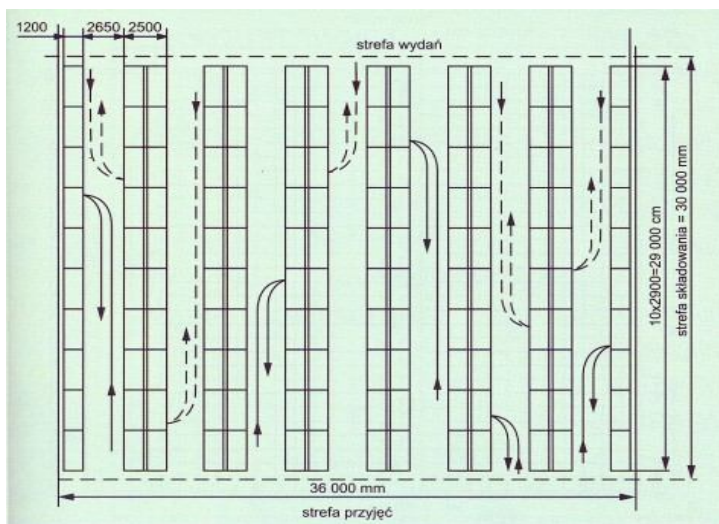


Rys. 9.2. Hala magazynowa z antresolą magazynową [50]

W praktyce w magazynie występują różne jednostki ładunkowe lecz najczęściej stosowanymi są paletowe jednostki ładunkowe. Do składowania paletowych jednostek ładunkowych najczęściej wykorzystywane są regały stałe ramowe wolnostojące. Charakteryzują się prostą w eksploatacji budową oraz

najniższą ceną. Do ich obsługi jest jednak konieczna duża liczba dróg manipulacyjnych (korytarzy międzyregalowych).

Wpływ rodzaju zastosowanych regałów na ilość składowanych ładunków zostanie przeanalizowany na poniższym przykładzie (na podstawie [23]). Przyjmujemy strefę składowania o powierzchni 36 m x 30 m i wysokości 7,2 m, w której ustawiono regały stałe ramowe w układzie przygotowanym do obsługi wózkami podnośnikowymi z wysuwym masztem (reachtrucks) – rys. 9.3. Składowane w nich może być 1680 szt. paletowe jednostki ładunkowe o wymiarach 800 mm x 1200 mm x 1300 mm. Zaletą zastosowania regałów stałych ramowych jest: niska cena, zapewnienie dostępu do wszystkich składowanych paletowych jednostek ładunkowych.



Rys. 9.3. Strefa składowania o wymiarach 36 m x 30 m wyposażona w regały stałe ramowe paletowe wolno stojące mieszczące łącznie 1680 paletowych jednostek ładunkowych, z zaznaczeniem dróg obsługi: przy pracach załadunkowych, przy pracach wyładunkowych (kompletacyjnych) [23]

Wadą natomiast jest: niskie wykorzystanie powierzchni składowania, duża łączna długość dróg transportowych koniecznych do pokonania podczas realizacji czynności związanych ze składowaniem. W przedstawionym przykładzie powierzchnia składowa zajmowana przez regały stanowi zaledwie ok. 46,7% powierzchni strefy składowania.

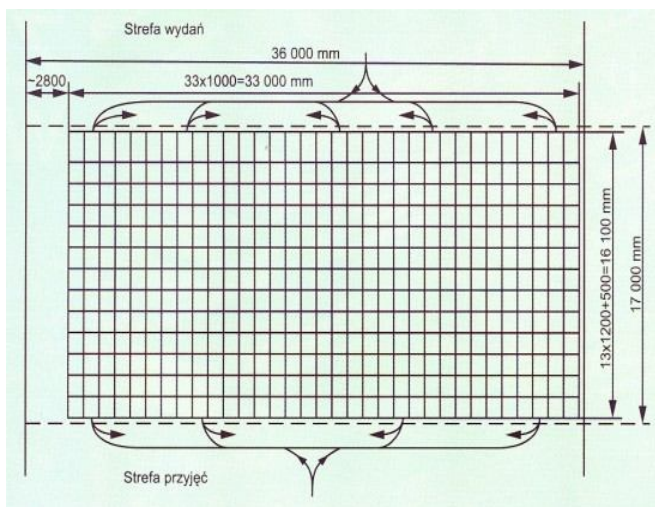
Gdyby w praktyce do obsługi strefy składowania wykorzystano:

- wózek podnośnikowy czołowy, konieczne byłyby korytarze międzyregalowe o szerokości ok. 3250 mm, a to oznacza, że w strefie składowania można byłoby zamontować mniej rzędów regałów, a tym

samym składowanych byłyby mniej paletowych jednostek ładunkowych i jeszcze mniejsza byłoby strefa składowa,

- wózek podnośnikowy czołowo-boczny, to korytarze międzyregalowe miałyby szerokości ok. 1750 mm, a to oznacza, że w strefie składowania można byłoby zamontować więcej rzędów regałów, a tym samym składowanych byłoby więcej paletowych jednostek ładunkowych, zaś strefa składowa zajmowałaby ponad 50% strefy składowania.

W celu lepszego wykorzystania strefy składowania można zastosować regały stałe przepływowe np. regały przepływowe grawitacyjne przelotowe. Przyjęto, że regał tego typu powinien pomieścić minimum 1680 paletowych jednostek ładunkowych, czyli tyle ile wcześniej umieszczono w regale stałym ramowy. Na rysunku 9.4 przedstawiono strefę składowania, w której zamontowano regał przepływowy mieszczący 1716 paletowych jednostek ładunkowych.



Rys. 9.4. Strefa składowania o wymiarach 36 m x 17 m wyposażona w regał przepływowy grawitacyjny przelotowy obsługiwany przy pomocy sprzętu mechanicznego mieszczący 1716 paletowe jednostki ładunkowe z zaznaczeniem dróg obsługi przy: pracach załadunkowych, przy pracach wyladunkowych (kompletacyjnych) [23]

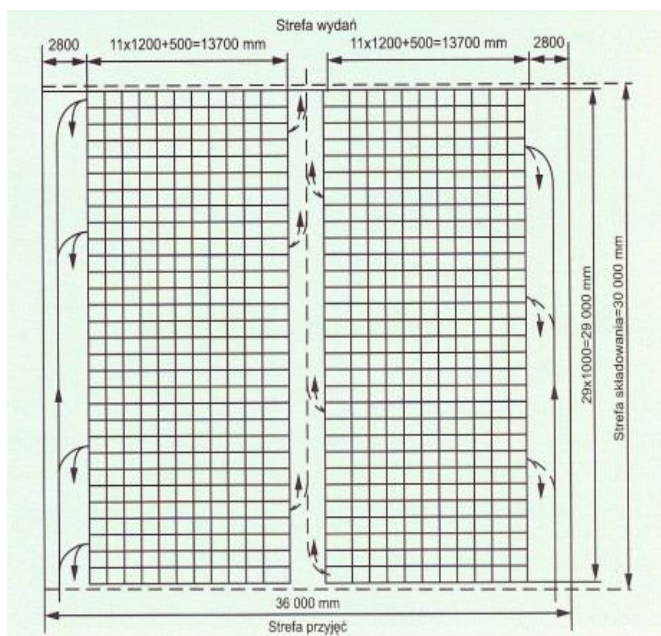
Zastosowanie takiego regału wymaga znacznie mniejszej strefy składowania. Stanowi ona ok. 56,7% strefy zajmowanej przez regały stałe ramowe, przy minimalnie wyższej liczbie składowanych jednostek ładunkowych.

Dla jeszcze lepszego zobrazowania zagadnienia umieszczono regały przepływowe grawitacyjne w strefie o powierzchni identycznej jak dla wcześniej przedstawionych regałów stałych ramowych – rys. 9.5. W takiej sytuacji strefa składowania mieści 2552 paletowe jednostki ładunkowe, tj. ok. 65,8% więcej

niż w przypadku regałów stałych ramowych. Zaletą zastosowania regałów przepływowych grawitacyjnych jest: lepsze wykorzystanie strefy składowania, mała łączna długość dróg transportowych koniecznych do pokonania podczas realizacji czynności związanych ze składowaniem, zachowanie zasady FIFO, możliwość zapełnienia tras nośnych regału w 100%.

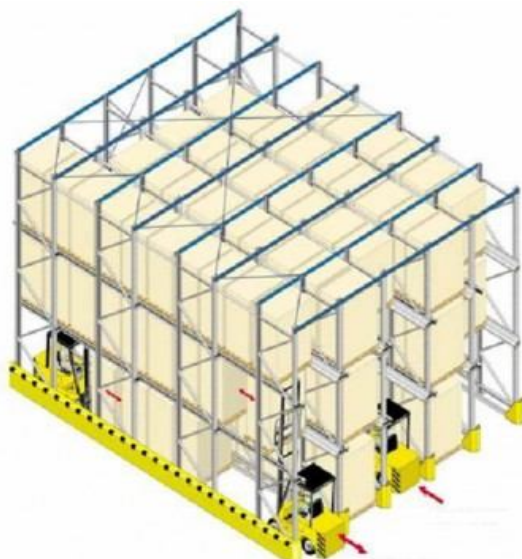
Do wad zaliczyć należy: wysoki koszt regałów, który jest ok. 10 krotnie wyższy niż w przypadku regałów stałych ramowych, brak dostępu do wszystkich składowanych paletowych jednostek ładunkowych.

Innym sposobem na lepsze wykorzystanie strefy składowania jest zastosowanie regałów przepływowych nieprzelotowych. Regały te posiadają się dość istotną wadę albowiem nie pozwalają na zachowanie zasady FIFO. Umożliwiają zachowanie zasady LIFO, tj. „ostatnie weszło – pierwsze wyszło” co ogranicza zastosowania tego typu regałów do składowaniu towarów, dla których nie jest istotny czas ich przechowywania.



Rys. 9.5. Strefa składowania o wymiarach 36 m x 30 m wyposażona w regały przepływowe grawitacyjne przelotowe obsługiwane przy pomocy sprzętu mechanicznego mieszczące łącznie 2552 paletowe jednostki ładunkowe, z zaznaczeniem dróg obsługi: przy pracach załadunkowych, przy pracach wyładunkowych (kompletacyjnych) [23]

Regały stałe wspornikowe zblokowane, podobnie jak wcześniej przedstawione regały stałe przepływowe grawitacyjne, charakteryzują się budową wielkogabarytową pozwalającą na znaczne wykorzystanie powierzchni składowania przy obsłudze sprzętem mechanicznym.



Rys. 9.6. Regał stały wspornikowy zblokowany dwustronny [26]

Regały tego typu występują zasadniczo w dwóch konfiguracjach, jako:

- dwustronne, czyli urządzenia, do których wnętrza wjeżdża się z dwóch stron, pozwalające na zachowanie zasady FIFO – rys. 9.6,
- jednostronne, czyli urządzenia, do których wnętrza wjeżdża się z jednej strony, pozwalające na zachowanie zasady LIFO, co ogranicza ich praktyczne zastosowanie.

Znaczącą wadą obu konfiguracji regałów zblokowanych (zwłaszcza dwustronnych) jest to, że ponowne zapełnianie danej kolumny takiego regału powinno rozpocząć dopiero po jej całkowitym opróżnieniu, a związane jest to z tym, iż w celu pobrania paletowej jednostki ładunkowej wózek podnośnikowy musi wjeżdżać do wnętrza kolumny regałowej. W praktyce oznacza to, że wskaźnik wypełnienia regału paletowymi jednostkami ładunkowymi kształtuje się na poziomie 50 ÷ 75% zwłaszcza, iż w poszczególnych gniazdach powinny znajdować się jednostki z tymi samymi asortymentami towarowymi.

Wada ta nie ma jednak większego znaczenia w sytuacji, gdy:

- regały tego typu wykorzystywane są do składowania towarów o bardzo dużej rotacji,
- poszczególne kolumny regałów napełniane i opróżniane ze składowanych jednostek w całości.

W takich sytuacjach można przyjąć, że regały te będą wypełniane w 100%. Inną istotną wadą regałów zblokowanych jest to, że w celu pobierania kolejnych

jednostek wózek podnośnikowy musi wjeżdżać do jego wnętrza, a to wymaga od operatora dużych umiejętności i zachowania dużej ostrożności. Taka procedura obsługi regałów zablokowanych powoduje, że czas dostępu do składowanych paletowych jednostek ładunkowych jest spowolniony w stosunku do wcześniej zaprezentowanych regałów.

Biorąc pod uwagę relację cenową regałów zablokowanych trzeba zauważyć, że są one ok. 3 – krotnie tańsze od regałów stałych przepływowych, natomiast około 2 – krotnie droższe od regałów stałych ramowych.



Rys. 9.7. Regały przejezdne torowe napędzane ramowe pracujące w układzie równoległym obsługiwane wózkami podnośnikowymi: a – czołowym, b – z wysuwным masztem. [25]

Na efektywniejsze wykorzystanie powierzchni strefy składowania pozwalają również regały przejezdne torowe napędzane. W tym przypadku pod uwagę będą regały przejezdne napędzane ramowe obsługiwane sprzętem mechanicznym. Regały tego typu w praktyce najczęściej eksploatowane są w układzie równoległym, tj. takim, w którym pomiędzy poszczególnymi rzędami regałów tworzone są korytarze o szerokości uzależnionej od rodzaju wózka podnośnikowego wykorzystywanego do ich obsługi – rys. 9.7.

Zastępując regały stałe ramowe obsługiwane wózkami podnośnikowymi czołowymi regałami przejezdnymi obsługiwanymi tego samego rodzaju wózkami (rys. 9.7a) uzyskujemy wzrost pojemności strefy składowania o około 83%. Gdy do obsługi regałów stosowany byłby wózek podnośnikowy z wysuwным masztem (rys. 9.7b) to wzrost pojemności strefy składowania jest większy i kształtuje się na poziomie ok. 110%. Zróżnicowanie uzyskanych efektów wynika z szerokości korytarzy międzyregalowych, jakie wymagane są dla wymienionych wózków podnośnikowych. Wartości te mogą ulegać zmianie w zależności od wielkości strefy składowania oraz liczby korytarzy.

Regały przejezdne torowe mają zastosowanie tam, gdzie jest wysoki koszt utrzymania jednego miejsca składowania. Wadą ich jest ograniczony czas dostępu do składowanych jednostek, co wynika z konieczności tworzenia korytarzy. Z tego też powodu nie jest wskazane składowanie w tego typu regałach towarów w stosunku do których wymagany jest szybki czas dostępu wynikający z dużej rotacji. Biorąc pod uwagę relację cenową regałów przejezdnych torowych do napędzanych ramowych trzeba zauważyć, że są one:

- ok. czterokrotnie droższe od regałów stałych ramowych, droższe około dwukrotnie od regałów wspornikowych zablokowanych,
- ok. 30% tańsze od regałów stałych przepływowych.

O ostatecznym wyborze regałów, które można zastosować podczas budowy lub modernizacji magazynu powinien decydować rachunek ekonomiczny przeprowadzony dla konkretnej sytuacji. Podczas przeprowadzania rachunku należy uwzględnić: koszt budowy lub rozbudowy obiektu magazynowego, koszty zakupu regałów, średni koszt eksploatacji jednego miejsca składowania w regale, średni koszt dostępu do składowanej paletowej jednostki ładunkowej, perspektywę rozwoju działalności.

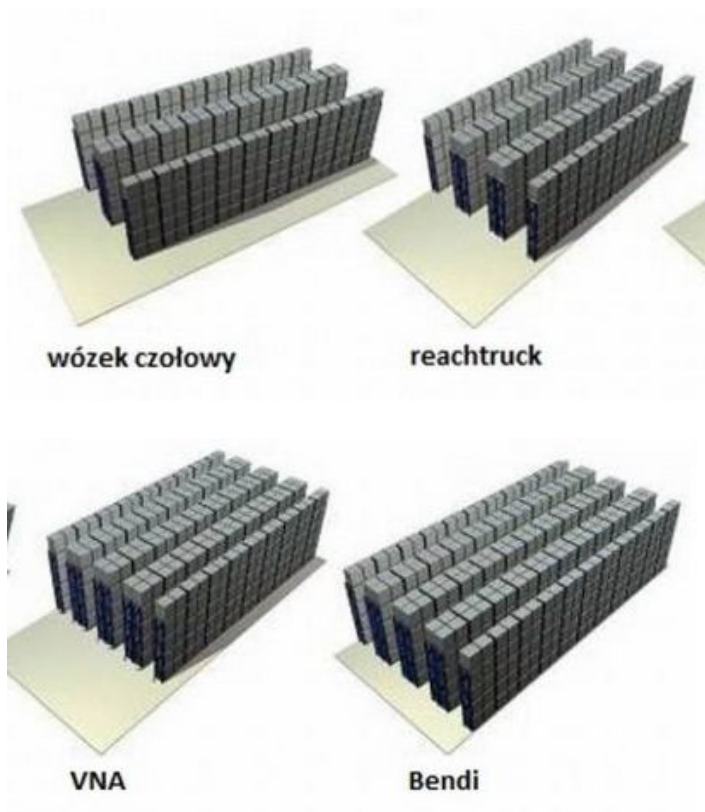
9.2. Wpływ rodzaju wózka widłowego na powierzchnię magazynową

Przyjmijmy magazyn o powierzchni 100x120 m i wysokości 10 m, w którym chcemy składować palety EUR o wysokości 1 m. Przy pełnym, czysto hipotetycznym załadunku przestrzeni takiego magazynu i wykorzystaniu jej w 100% zmieścimy tam 100 000 palet [18]. Zakładając że całkowite koszty ponoszone na uzyskanie powierzchni i obsługę magazynu wynoszą X , koszt jednostkowy składowania wyniesie $X/100\ 000$. Poniżej dokonana zostanie analiza wykorzystania tego przykładowego magazynu w przypadku wykorzystania różnych typów wózków (na podstawie [18]).

Wózek czołowy wymaga najszerszego korytarza, ma też ograniczoną wysokość podnoszenia do ok. 6 m. Zastosowanie wózka czołowego pozwoli na uzyskanie jedynie 10000 miejsc. Wózek reachtruck może być stosowany w pracy na wąskich korytarzach, ma także większą wysokość podnoszenia pozwalającą na pełne wykorzystanie magazynu "wzwyż", umożliwia składowanie dwukrotnie większej liczby palet – ok. 20700. Stosując wózek VNA można zawęzić korytarz do 1,85 m jednakże ok. 30% powierzchni musi pozostać wolne dla umożliwienia przejazdów wózka VNA pomiędzy korytarzami oraz dostarczania i odbioru palet przez inne typy wózków. Należy bowiem pamiętać, że wózek VNA jest bardzo specjalistycznym wózkiem który praktycznie nie ma zastosowań poza swoim korytarzem pracy. Uzyskujemy w tym wypadku 24500 miejsc paletowych. W przypadku wózka przegubowego (tzw. Bendi) można jeszcze bardziej zawęzić korytarz (do 1,7 m) i nie wymagana jest tak duża przestrzeń do manewrów wózka poza korytarzem pracy.

Wózki przegubowe nie potrzebują także „asysty ze strony innych wózków”. Wszystkie operacje, łącznie z załadunkiem mogą być wykonane przez te wózki. Dzięki temu można ograniczyć ruch i zróżnicowanie wózków w magazynie. Zastosowanie wózka przegubowego w przykładowym magazynie pozwoliłoby na uzyskanie 30680 miejsc paletowych, czyli ok. 48% więcej niż wykorzystując wózki typu reachtruck.

Zestawienie ilości składowanych palet w zależności od typu wózka obsługującego przedstawiono w Tab. 9.1



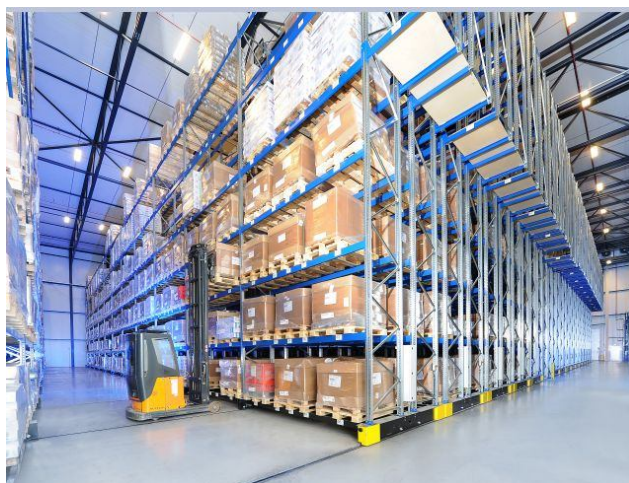
Rys. 9.8. Porównanie szerokości korytarzy pomiędzy regałami przy ich obsłudze przez wybrane typy wózków widlowych [18]

Tab. 9.1 Porównanie ilości miejsc składowania w przykładowym magazynie z wykorzystaniem różnych typów wózków magazynowych [18]

Typ wózka magazynowego	Wózek czolowy	Reachtruck	VNA	Przegubowy
Korytarz pracy [m]	4	2,85	1,85	1,7
Liczba poziomów palet	4	7	7	7
Korytarz transferowy [m]	3	3	7	3
Liczba palet w magazynie	10 500	20 700	24 500	30 680
Koszt jednostkowy składowania palety	X/10 500	X / 20 700	X/ 24 500	X / 30 680

9.3. Automatyzacja czynności składowania

Magazyny automatyczne przeważnie kojarzą się z wysokimi budynkami, tzw. SILO, czyli konstrukcjami samonośnymi (rys. 9.9) opartymi na współpracy regałów z układnicami o wysokościach nawet do 45 m. Pojawiają się też próby wykonania magazynu automatycznego w istniejących, tradycyjnych halach o wysokościach 12-15 m oraz w obiektach nowo projektowanych, gdzie lokalne warunki nie pozwalają na budowę budynków wyższych niż, przykładowo, 20 m.



Rys. 9.9. Hala magazynowa z regałami samonośnymi [50]

Dla tego typu problemów proponuje się kilka niezależnych rozwiązań dostosowywanych do specyfiki pracy, rodzaju towaru, wydajność oraz wyżej wspomnianej dopuszczalnej wysokości zabudowy.

W magazynach o wysokości do 15 metrów istnieje możliwość obsługi typowymi wózkami widłowymi, jak również lekkimi układnicami, w zależności od tego, jaka wymagana jest przepustowość magazynu, liczba SKU, liczba palet przypadających na 1 SKU, można rozróżnić następujące wersje magazynów automatycznych [23]:

- Magazyny o wysokiej liczbie SKU, niskiej lub średniej przepustowości, magazyn oparty na regałach przejezdnych automatycznych współpracujących z bezobsługowymi wózkami VNA sterowanymi za pomocą laserów,
- Magazyny o niskiej lub średniej liczbie SKU, niskiej lub średniej przepustowości – magazyn oparty na regałach przepływowych napędzanych blokowo (typu satelitarnego), współpracujących z bezobsługowymi wózkami VNA sterowanymi za pomocą laserów,
- Magazyny o niskiej lub średniej liczbie SKU, dowolnej przepustowości – magazyn oparty na regałach przepływowych napędzanych blokowo współpracujących z lekkimi układnicami automatycznymi.

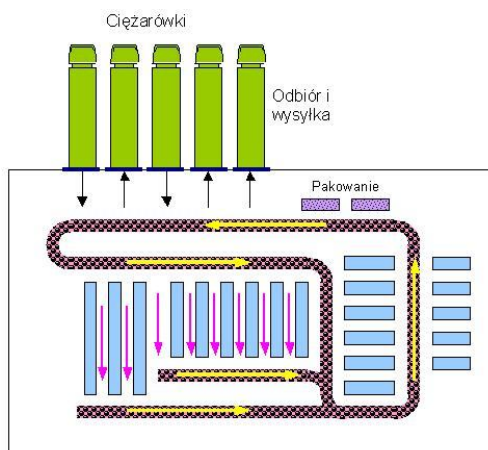
Bezobsługowe wózki systemowe VNA przeznaczone są do bezpośredniej obsługi strefy składowania. Wyposażone są w układ laserowej nawigacji i pozycjonowania wideł, który umożliwia w pełni automatyczną pracę. System transportu wewnętrznego składa się z zespołu przenośników wałkowych i łańcuchowych oraz wózków transferowych odpowiedzialnych za przepływ ładunków pomiędzy częścią wysokiego składowania a strefą wejścia i wyjścia. Obieg towaru w magazynie z regałami przejezdnymi zaczyna się po przejściu palety z samochodu i włożeniu jej do stanowiska odbiorczego. Paleta zostaje sprawdzona pod względem wymaganych parametrów (wymiary, masa, jakość podstawy palety), po czym – w przypadku, gdy je spełnia – zostaje przetransportowana do wózka transferowego, którego zadaniem jest przewiezienie jej na miejsce odkładcze umiejscowione na szczycie rzędu regałów. Stamtąd paletę pobiera automatyczny wózek VNA. W przypadku, jeśli paleta nie spełnia wymaganych parametrów, zostaje odrzucona i odesłana z powrotem celem ponownego sformowania. Miejsca lokowania palet w regałach przypisywane są dynamicznie, możliwe jest stworzenie algorytmów ich wstawiania, jak również wyjmowania zależnych od priorytetowych kryteriów dla danego klienta. Ruch palety z magazynu na zewnątrz odbywa się dokładnie odwrotnie, z pominięciem bramki sprawdzającej. Możliwe jest zastosowanie na wyjściu jedno- lub wielopoziomowych transporterów grawitacyjnych, na których odbywa się przygotowywanie palet do załadunku na samochody.



Rys. 9.10. Regał przepływowy w układzie bloku regalowego z wózkami satelitarnymi, windą wyciągową i wózkiem kondygnacyjnym - System Orbiter firmy SSI Schäfer [26]

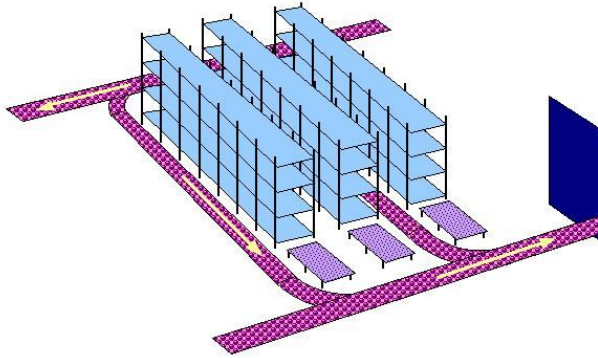
10. Obliczanie układów transportu wewnętrznego

10.1. Przepływ materiału w pomieszczeniu magazynowym



Rys. 10.1. Zagospodarowanie magazynu z dokami kombinowanymi [17]

Schemat układu transportu wewnętrznego przedstawiony na rysunku 10.1 jest typowy dla niewielkiego magazynu. Przenośnik zlokalizowany wzdłuż ściany to typowy przenośnik dwukierunkowy (*ang. two-way conveyor*), łączy regały z dokami załadunkowymi/wyładunkowymi. Przenośnik ten tworzy zamkniętą pętlę. Dodatkowe nitki przenośników jednokierunkowych zapobiegają spiętrzeniu ładunków w chwili dostarczania ich do punktu załadunkowego. Należy zwrócić uwagę na to, że zastosowanie przenośnika głównego w pętli umożliwia jednoczesny transport do regałów towaru wprowadzonego do magazynu czyli rozdzielone zostały punkty dostaw i wysyłki. Plan podobny do powyższego jest w istocie zdeterminowany tym, że magazyn jest stosunkowo niewielki, a jego obroty też nie na tyle wysokie, aby było uzasadnione rozdzielanie stref przyjmowania i wysyłki towaru. Natomiast trzeba sobie zdawać sprawę, że rozwiązanie w postaci nitek transportowych "obejmujących" strefy składowania, jak w tym przykładzie, wymaga dobrze przemyślanych decyzji w sprawie wyposażenia magazynu w takie środki transportu jak wózki widłowe bądź przenośniki. Ciągi transportowe przebiegające wzdłuż regałów przedstawione na rys. 10.2. W rzeczywistości linie transportowe nie muszą w całości być zrealizowane w postaci przenośnika.



Rys. 10.2. Zagospodarowanie magazynu z przepływem „U” [17]

Spotka się np. rozwiązania, w których odnogi przenośnika prowadzące do doku sięgają tylko do końcowej strefy regałów (na rysunku – do tej widocznej na bliższym planie). Należy jednak bezwzględnie przestrzegać zasady ruchu jednokierunkowego. Stoły ustawione na końcu regałów służą jako strefa pakowania bądź jako podręczne bufory obsługiwane przez ludzi. W celu zachowania bezpieczeństwa pracy, ponad ciągiem transportowym należy przerzucić pomost, pełniący rolę kładki, po której ludzie mogą przechodzić od jednego stołu do drugiego (pomost taki nie został uwidoczniony na rysunku, aby nie zaciemniał całości widoku)

Przepływ ładunków może być dokonywany według jednego ze sposobów:

- przepływ przerywany w pojemnikach (seryjny) do stanowisk pracy w celu wykonania kolejnej operacji na danej części; przepływ ten jest zmienny pod względem liczby dostarczonych części i nieregularny w czasie,
- przepływ ciągły, równomierny pod względem ilości przesyłanego ładunku i rytmiczny w czasie,
- przepływ mieszany, występujący w większości zakładów.

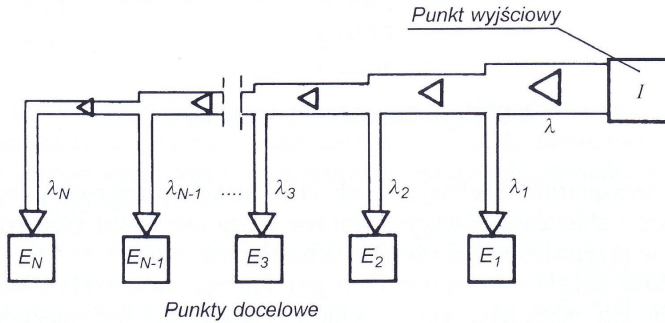
10.2. Rodzaje układów transportowych i ich elementy

Układy transportowe spełniają funkcje przewozowe, buforowe, rozdzielające i zbierające. Wydajność układów transportowych jest funkcją stopnia obciążenia połączonych za ich pośrednictwem systemów produkcyjnych i magazynowych. Układy rozdzielające są przeważnie układami dostawczymi (dowozowymi) do wielu równoległych punktów zużycia lub obsługi np. do miejsc składowania, punktów kontroli i pakowania (rys. 10.3).

Układ dowozowy rozdziela określony strumień materiałów:

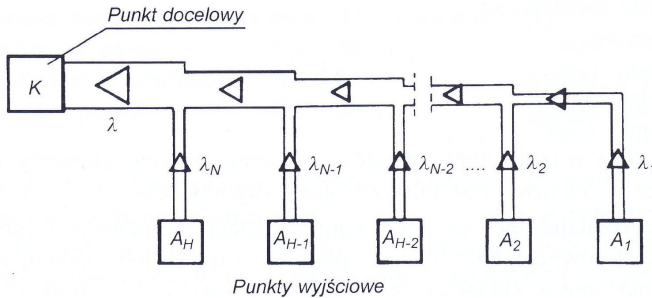
$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N \quad [jm/h] \quad (1)$$

na N pojedynczych gałęzi materiałowych przeznaczonych dla N punktów docelowych E_1, E_2, \dots, E_N . Strumień materiałów może być strumieniem palet, kartonów pojemników lub innych jednostek materiału (jm).



Rys. 10.3. Schemat układu rozdzielającego [5]

Układy zbierające są na ogół układami odbiorczymi (odwozowymi) od wielu, zwykle równoległych, punktów wyjściowych tj. od N miejsc składowania, czyli są układami kompletowania strumienia materiałów (rys. 10.4).



Rys. 10.4. Schemat układu zbierającego [5]

Wychodzące z punktów wyjściowych A_1, A_2, \dots, A_N gałęzie strumieni materiałów $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ łączone są w odwrotnej kolejności w stosunku do układu rozdzielającego.

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N = \lambda \quad [jm/h] \quad (2)$$

W zależności od stopnia powiązania poszczególnych części składowych układów, można wyodrębnić trzy rodzaje powiązań:

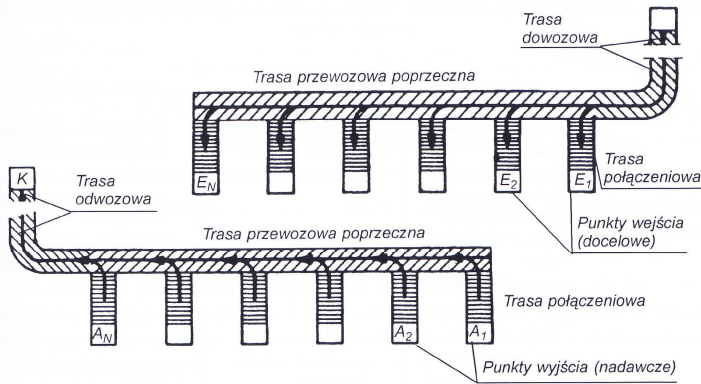
1 – Całkowicie oddzielone układy rozdzielający i zbierający (rys. 10.5). Rozdzielone układy nie mają żadnych wspólnych technicznych części składowych i są pod względem przestrzennym całkowicie od siebie niezależne.

Ich zaletą jest:

- możliwość przedłużenia układów,
- możliwość jednoczesnych i niezależnych dostaw i odbioru,
- małe wymagania odnośnie układu sterującego, prosta organizacja pracy.

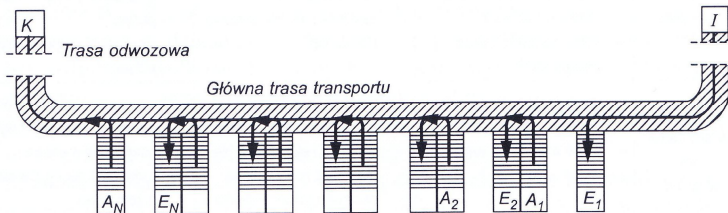
Wady:

- duże nakłady na urządzenia i środki transportu,
- zajmuje dużą powierzchnię.



Rys. 10.5. Schemat całkowicie oddzielonych układów: rozdzielającego i zbierającego [5]

2 – Częściowo połączone układy rozdzielający i zbierający (rys. 10.6). Trasa przewozowa, przebiegająca poprzecznie względem tras łączących, zakończonych oddzielnymi punktami docelowymi E i wyjściowymi A, służy w tym przypadku połączeniu układów dla dostaw i odbioru ładunków. Istnieje więc możliwość jednoczesnej dostawy i odbioru.

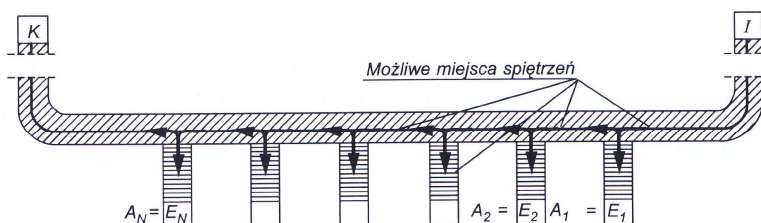


Rys. 10.6. Schemat układów częściowo połączonych [5]

Wadami takiego układu jest:

- ograniczona możliwość przedłużenia,
- wysokie wymagania techniczne i organizacyjne.

3 – Całkowicie połączone układy rozdzielający i zbierający (rys. 10.7). Dostawa i odbiór ładunków połączonych punktów dostawy i odbioru odbywa się po tych samych trasach transportowych tak więc przyjęcie i ekspedycja towaru nie mogą odbywać się w tym samym czasie.



Rys. 10.7. Schemat układów całkowicie połączonych

10.3. Wydajność elementów układu transportowego

Miernikiem wydajności jest maksymalna wydajność transportowa W^{max} , wyrażona liczbą jednostek materiału [jm], jaka może być przewieziona danym środkiem transportu od punktu A do B w jednostce czasu.

10.3.1 Wydajność środków o działaniu ciągłym

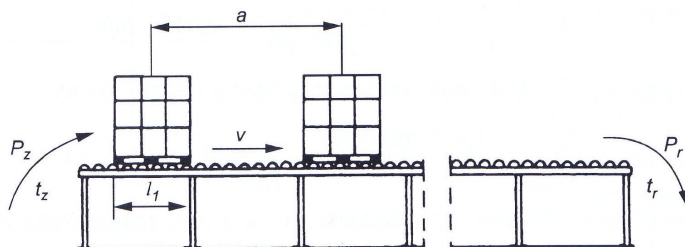
Maksymalna wydajność transportowa dla ładunków tzw. sztukowych zależy od prędkości v [m/s] oraz od minimalnej dopuszczalnej odległości a [m] między punktami środkowymi dwóch kolejnych ładunków:

$$W^{max} = 3600 \frac{v}{a} [jm/h] \quad (3)$$

Prędkość v zależy od masy ładunków i od mocy napędów. Minimalna odległość a określona jest przez wymiar ładunków, podział na odcinki blokowe i przez sposób sterowania. Wydajność przenośnika należy zawsze powiązać z wydajnością urządzeń, które będą dostarczały i odbierały ładunek (najczęściej wózek widłowy).

Przyjmijmy czas cyklu załadunku - t_z [s/jłp], liczba wózków dokonujących załadunku M . Odstęp między jednostkami ładunkowymi będzie zależny od natężenia załadunku i wynosi (rys. 10.8):

$$a = \frac{t_z}{M} v [m] \quad (4)$$



Rys. 10.8. Schemat do obliczania wydajności środków o działaniu ciągłym [5]

Wstawiając wyrażenie (4) do (3) otrzymujemy:

$$W^{\max} = 3600 \frac{M}{t_z} [jm / h] \quad (3)$$

Tak więc, wydajność przenośnika (środków o działaniu ciągłym) zależy nie tylko od jego prędkości lecz i od wydajności załadunku przenośnika. Podobnie jak we wzorze (3) również we wzorze (4) konieczne jest spełnienie warunku ograniczającego:

$$\frac{t_z}{M} v \geq l_1 + b \quad (4)$$

Gdzie: b – minimalna odległość bezpieczeństwa między jłp; w przypadku jednostek ładunkowych paletowych jłp przyjmuje się $b = 0,3 - 0,4$ [m].

10.3.2 Wydajność środków transportowych o działaniu przerywanym

W tym przypadku maksymalna wydajność transportowa zależy od:

- prędkości jazdy v ,
- długości odcinka L ,
- liczby środków transportu M ,
- liczby jednostek ładunkowych m jednocześnie zabieranych przez środek transportu.

Wydajność określana jest wzorem:

$$W^{\max} = 3600 \frac{M \cdot m}{t_0 + \frac{2L}{v}} [jt / h] \quad (5)$$

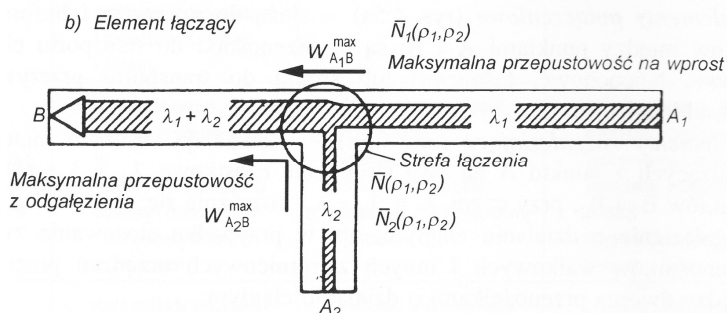
Wyrażenie $t_0 + \frac{2L}{v}$ oznacza czas trwania cyklu transportowego. Jeżeli możliwe jest pominięcie czasu stałego t_0 (tylko dla dużych L , co w transporcie wewnętrznym występuje rzadko) to wyrażenie (5) przechodzi w (1) ponieważ:

$$\frac{2L}{v} = a \quad (6)$$

10.4. Zasady i warunki przepływu materiałów w układach transportowych

Wszystkie układy transportowe składają się z następujących elementów technicznych:

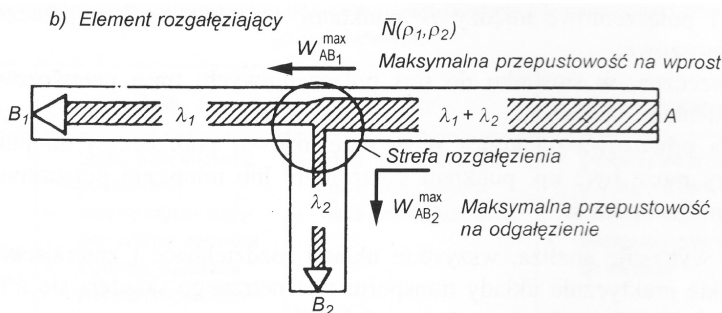
- elementy połączeniowe – służą do przewozu i buforowania ładunków między punktami A i B, są to przenośniki do transportu ciągłego (wałkowe, łańcuchowe, taśmowe) lub środki transportu przerywanego (wózki, układnice),
- elementy łączące (rys. 10.9) – łączą wychodzące z punktów A_1 i A_2 strumienie ładunków λ_1 i λ_2 w jeden strumień $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$, który płynie do punktu B; elementy łączące są więc pracującymi w odwrotnym kierunku elementami rozgałęziającymi i mogą być podobnie rozdzielone na urządzenia o działaniu ciągłym i przerywanym.
- elementy rozgałęziające (rys. 10.10) – rozdzielają strumień materiałów wychodzących z punktu A na dwa strumienie cząstkowe λ_1 i λ_2 , zdatujące do punktów B_1 i B_2 , przy czym $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$.



Rys. 10.9. Schemat układu łączącego [5]

Rozróżnia się:

- rozgałęzienia o działaniu ciągłym, np. w przypadku stosowania zwrotnic przenośników wałkowych i innych zwrotnicowych urządzeń pracujących między dwoma przenośnikami o działaniu ciągłym,
- rozgałęzienie o działaniu przerywanym np. w przypadku stosowania stołów obrotowych pracujących między dwoma przenośnikami wałkowymi.



Rys. 10.10. Schemat układu rozgłębiającego [5]

Warunkiem działania elementu przyłączeniowego jest, aby strumień ładunków λ był w każdej chwili mniejszy od maksymalnej wydajności transportowej W^{\max} .

$$\frac{\lambda}{W^{\max}} \leq 1 \quad (7)$$

Elementy rozdzielające i łączące charakteryzujemy za pomocą wskaźników:

- maksymalna wydajność transportowa W_2^{\max} między punktami A i B₂ na odgałęzienie (rys. 10.10) oraz A₂ i B (rys. 10.9) z odgałęzienia,
- max wydajność transportowa W_1^{\max} między punktami A i B₁ (rys. 10.10) oraz A₁ i B (rys. 10.9) a więc na wprost.

Warunkiem koniecznym funkcjonowania elementów rozdzielających i łączących jest spełnienie zasady przepływu ładunków:

$$\frac{\lambda_1}{W_1^{\max}} + \frac{\lambda_2}{W_2^{\max}} \leq 1 \quad (8)$$

Oznacza to, że możliwość przepływu strumienia głównego przez odgałęzienie jest ograniczona i odwrotnie, możliwość przepływu ładunków z odgałęzienia przez strumień główny jest też ograniczona.

Dla wymiarowania układów transportowych zgodnie z prawami przepływu (7 – 8) zasadnicze znaczenie mają elementy krytyczne. Elementem krytycznym dla układu rozdzielającego jest pierwszy element rozdzielający natomiast dla układu łączącego (odwozowego) – ostatni element łączący. W stosunku do elementów niekrytycznych można obniżyć wymagania. Podane wyżej zasady przepływu ładunków nie zawsze są wystarczającymi warunkami funkcjonowania układu transportowego. Wystarczą one tylko wtedy gdy strumienie materiałów są rytmiczne. Jeżeli strumienie mają charakter stochastyczny, to konieczne jest uwzględnianie, oprócz zasad przepływu również spiętrzenia ładunków.

10.5. Zasady spiętrzenia ładunków

W przypadku nierytmicznego dowożenia ładunków a więc w zmiennych odstępach czasu, przed elementami rozdzielającymi i łączącymi mogą powstawać kolejki ładunków. Dla prawidłowego zaprojektowania układu transportowego i poszczególnych jego elementów technicznych potrzebna jest znajomość:

- długości kolejki (ile ładunków oczekuje przed elementem),
- czynników określających czas spiętrzenia.

Z teorii masowej obsługi (teorii kolejek) wynika, że średnia długość kolejki oczekującej przed danym punktem obsługi zależy od:

- stopnia obciążenia punktu obsługi ρ ,
- rozkładu prawdopodobieństwa czasów nadejścia ładunków,
- rozkładu prawdopodobieństwa czasów trwania obsługi.

Efekty spiętrzenia nie występują tylko wtedy gdy $\rho < 1$ a dopływ i odpływ jest rytmiczny.

Dla najbardziej niekorzystnego przypadku spiętrzenie ładunków obliczamy:

1 – Spiętrzenie przed elementami łączącymi (rys. 10.9).

Średnia długość kolejki oczekującej, składającej się z ładunków nadchodzących ze strumienia λ_2 (rozkładzie Poissona), skierowanych do strumienia λ_1 uprawnionego do korzystania z pierwszeństwa, w najniekorzystniejszym przypadku równa się:

$$\overline{N_{(\rho_1, \rho_2)}} = \rho_1 + \frac{\rho_2}{[1 - (\rho_1 + \rho_2)]^2} \quad (11)$$

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{W_1^{\max}} \quad (12)$$

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{W_2^{\max}} \quad (13)$$

Gdzie: ρ – stopnie obciążenia trasy na wprost i z odgałęzienia.

Przy łączeniu według zasady FIFO (pierwszy wchodzi – pierwszy wychodzi) mogą powstawać w każdym strumieniu kolejki oczekujące. Ich średnie długości w najniekorzystniejszym przypadku:

$$\overline{N_{1(\rho_1, \rho_2)}} = \frac{\rho_1}{1 - (\rho_1 + \rho_2)} \quad (14)$$

$$\overline{N_{2(\rho_1, \rho_2)}} = \frac{\rho_2}{1 - (\rho_1 + \rho_2)} \quad (15)$$

Porównanie wyników obliczeń długości kolejki według wzorów (11 i 14) wskazuje, że w przypadku zastosowania zasady FIFO można osiągnąć większą

przelotowość, przy mniejszych kolejkach oczekiwania, niż w przypadku zasady pierwszeństwa przy jeździe na wprost.

2 – Spiętrzenie przed elementami rozdzielającymi (rys. 10.10)

Średnia długość kolejek ładunków przed elementami rozdzielającymi nadchodzący strumień λ w sposób przerywany na dwa strumienie λ_1, λ_2 w najbardziej niekorzystnym przypadku równa się:

$$\overline{N}_{(\rho_1, \rho_2)} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{1 - (\rho_1 + \rho_2)} \quad (16)$$

W układach transportowych dostawczych stosujemy strategię

1 – Transportowanie cykliczne w układach transportowych rozdzielających (rys. 10.10). Zakładając, że przydział ładunków do różnych punktów docelowych $E_1 \dots E_N$ nie jest z góry ustalony, to pierwszy nadchodzący ładunek kieruje się do miejsca E_N , drugi do miejsca E_{N-1} itp. Po skierowaniu N -tego ładunku do punktu E_1 rozpoczyna się nowa seria, czyli ładunek $N+1$ kierowany jest do N -tego punktu docelowego. Transportowanie cykliczne stosowane jest w przypadku, gdy wymagana jest duża równomierność w rozdziale ładunków z tym samym asortymentem do N punktów docelowych.

2 – Transportowanie partiami w układach transportowych rozdzielających. Dostarcza się każdorazowo w jednej partii tyle ładunków do jednego punktu docelowego, ile może zmieścić trasa połączeniowa dostawcza. Jako pierwszy obsługuje się zawsze ten punkt docelowy, przed który czeka najmniej ładunków. Stosowanie transportu partiami, może obok zwiększenia wydajności układu, zwiększyć również wydajność w punktach docelowych (np. stanowisk ekspedycji, w których poszczególne rodzaje ładunków mają zróżnicowane czasy obsługi, pakowania, kontroli).

3 – Transportowanie cykliczne w układach odbiorczych (rys. 10.9). Poczynając od punktu wyjściowego A_1 , ładunki na trasach połączeniowych są wprowadzane na poprzeczną trasę przewozową i odwożone w odwrotnej kolejności, niż to miało miejsce w układzie rozdzielającym. Odwóz dokonywany jest w sposób programowy, kolejno w czasie lub równocześnie dla wszystkich wyjść. Również wtedy, gdy żaden ładunek nie oczekuje na wprowadzenie do układu, cykl wprowadzania jest realizowany (ruch jałowy).

4 – Transportowanie partiami w układzie odbiorczym. Punkt wyjściowy wprowadza do transportu wszystkie nagromadzone ładunki jako jedną partię. Odwóz partiami stosuje się np. w przypadku buforowania spowodowanego badaniami materiałów przed wejściem do magazynu.

10.6. Pracochłonność procesu przepływu materiałów

Rozróżnia się:

- pracochłonność procesu przepływu materiałów ze względu na pracę ludzi *j-tej* kategorii pracy R^j_L ,
- pracochłonność procesu przepływu materiałów ze względu na pracę urządzeń *j-tego* typu – R^j_U .

Dobowa pracochłonność procesu przepływu materiałów ze względu na pracę *j-tego* typu urządzenia:

$$R^D_U = \sum_{i=1}^{n_r} \frac{\lambda^D_{Ui} t^j_{cUi}}{60 m^j_{Ui}} \quad [\text{urządzeniogodzin/dobę}] \quad (17)$$

Gdzie: $j=1, 2, 3, \dots, r$ – liczba typów urządzeń ze względu na koszt jednostkowy ich utrzymania,

$i=1, 2, 3, \dots, n_r$ – liczba rodzajów cykli transportowych,

m^j_{Ui} – liczba jednostek ładunkowych transportowych w *i* – tym cyklu wykonanych przez *j*-ty typ urządzenia,

λ^D_{Ui} – dobowy przepływ ładunków przemieszczanych według *i-tego* cyklu transportowego (jł/dobę) za pomocą urządzenia *j-tego* typu,

t^j_{cUi} – czas *i-tego* cyklu transportowego zmechanizowanego (min/cykl) realizowanego przez urządzenie *j-tego* typu.

Dobowa pracochłonność procesu przepływu materiałów ze względu na pracę ludzi *j-tej* kategorii pracy:

$$R^D_L = \sum_{i=1}^{n_p} \frac{\lambda^D_{Li} t^j_{cLi}}{60 m^j_{Li}} \quad [\text{roboczegodzin/dobę}] \quad (18)$$

Gdzie: $j=1, 2, 3, \dots, p$ – liczba kategorii pracy ludzkiej ze względu na jej na koszt jednostkowy,

$i=1, 2, 3, \dots, n_p$ – liczba rodzajów cykli transportowych ręcznych,

m^j_{Li} – liczba jednostek ładunkowych transportowych w jednym cyklu,

λ^D_{Li} – dobowy przepływ ładunków przemieszczanych według *i-tego* cyklu transportowego (jł/dobę) za pomocą urządzenia *j-tej* kategorii pracy ludzkiej,

t^j_{cLi} – czas *i-tego* cyklu transportowego (min/cykl) realizowanego przez urządzenie *j-tej* kategorii pracy ludzkiej.

W przypadku stanowisk stacjonarnych pracochłonność czynności, takich jak operacje czy kontrole oblicza się za pomocą wzorów (17, 18) z tym, że czasy cykli transportowych zastępuje się czasami operacji t^j_{oUi} , t^j_{oLi} oraz czasami kontroli t^j_{kUi} , t^j_{kLi} . W szczególnym przypadku, kiedy operacja czy kontrola dokonywane są na ładunkach spoczywających na zatrzymanym środku transportowym (w trakcie cyklu), czasy kontroli i operacji obciążają zarówno cykl transportowy jak i stanowisko stacjonarne.

10.7. Liczba potrzebnych środków transportowych i ludzi

W celu zapewnienia nieprzerwanego funkcjonowania transportu, należy ilość potrzebnych środków, urządzeń i ludzi:

$$n_{U/L}^j = \frac{R_{U/L}^{Dj}}{t_{ZN}^j} \quad (19)$$

Gdzie: R – dobowa pracochłonność procesu ze względu na jednorodną czynności,

t – czas dysponowany netto,

U – typ urządzenia,

L – kategoria pracy ludzkiej,

t – rozkład w czasie realizacji poszczególnych czynności procesu.

Czas dysponowany netto t_{ZN} wynika z następujących czynników organizacyjno – technicznych;

- dobowy czas dysponowany t_z – czas pracy w ciągu doby wyrażony liczbą 8 – godzinnych zmian pracy,
- współczynnik wykorzystania czasu pracy (dysponowanego) – φ_{tz} zależy od organizacji pracy, zawiera się w granicach $\varphi_{tz} = (0,7 - 0,9)$,
- współczynnik gotowości technicznej φ_{gt} środków transportu i urządzeń, zależy od jakości środków transportowych oraz poziomu działania zaplecza obsługowo – technicznego $\varphi_{gt} = (0,5 - 0,95)$,
- współczynnik różnicowania obszarów pracy φ_{zo} jezdniowych środków transportowych o nieograniczonym zasięgu pracy (wózki, ciągniki). Praca w jednym obszarze $\varphi_{zo} = 1$, od trzech do pięciokrotna zmiana obszarów pracy oddalonych od siebie o 100-300 [m] – $\varphi_{zo} = 0,75$,
- harmonogram realizacji procesu transportowego – rozkład w czasie poszczególnych czynności procesu przepływu materiałów z zachowaniem ich sekwencji powoduje niekiedy, że pewne czynności np. poszczególne cykle transportowe, mogą odbywać się tylko w pewnych częściach ogólnego czasu dysponowanego t_z oznaczonych jako t_{ZCi} i zwanym cząstkowym czasem dysponowanym.

Czas dysponowany netto można określić:

$$t_{ZN}^j = t_z^j \varphi_{tz} \varphi_{gt} \varphi_{zo} \quad (20)$$

$$t_{ZCni}^j = t_z^j c_i \varphi_{tz} \varphi_{gt} \varphi_{zo} \quad (21)$$

Wzór (20) stosuje się gdy cykle transportowe lub operacje ręczne mogą być realizowane w całym obszarze czasu dysponowanego, wzór (18) przy realizacji kilku czynności w ciągu dysponowanego czasu.

Ilości środków transportowych i urządzeń n_U^j oraz ludzi n_L^j obliczamy z poniższych wzorów:

$$n_{U_i}^j = \frac{R_{U_i}^{Dj}}{t_{ZcNi}^j} = \frac{\lambda_{U_i}^{Dj} t_{cui}^j}{t_{zci}^j \varphi_{tz} \varphi_{gt} \varphi_{zo}} \quad (22)$$

$$n_U^j = \frac{R_U^{Dj}}{t_Z^j} = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} \lambda_{U_i}^{Dj} t_{cui}^j}{t_{zci}^j \varphi_{tz} \varphi_{gt} \varphi_{zo}} \quad (23)$$

$$n_{L_i}^j = \frac{R_{L_i}^{Dj}}{t_{ZNi}^j} = \frac{\lambda_{L_i}^{Dj} t_{cLi}^j}{t_{zci}^j \varphi_{tz} \varphi_{gt} \varphi_{zo}} \quad (24)$$

$$n_L^j = \frac{R_L^{Dj}}{t_{ZN}^j} = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} \lambda_{L_i}^{Dj} t_{cLi}^j}{t_z^j \varphi_{tz} \varphi_{gt} \varphi_{zo}} \quad (25)$$

Procedura wyznaczania n_U^j oraz n_L^j :

- 1) sporządzenie harmonogramów realizacji procesu dla wszystkich i -tych czynności realizowanych w czasie czasu dysponowanego,
- 2) obliczenie natężenia pracochłonności procesu R dla każdej i -tej czynności,
- 3) sporządzenie wykresów natężenia pracochłonności dla wszystkich i -tych czynności,
- 4) zsumowanie wykresów natężenia pracochłonności i znalezienie godzin, w których natężenia są największe,
- 5) ustalenie wartości współczynników φ ,
- 6) obliczenie n_U^j i n_L^j .

10.8. Nakłady i koszty w transporcie wewnętrznym

10.8.1. Struktura nakładów i kosztów

Nakłady finansowe na transport wewnętrzny N_T dzielimy na:

- nakłady na elementy stałe N_{TB} ,
- na wyposażenie niemechaniczne N_{TW} ,
- na środki transportowe i urządzenia mechaniczne N_{TT} ,
- na środki sterowania N_{TS} .

Roczne koszty eksploatacyjne K_{TE}^R :

$$K_{TE}^R = K_{TU}^R + K_{TL}^R, \quad (26)$$

składają się z:

- rocznych kosztów utrzymania

$$K_{TU}^R = K_{TUB}^R + K_{TUW}^R + K_{TUT}^R + K_{TUS}^R \quad (27)$$

- rocznych kosztów robocizny K_{TL}^R .

Nakłady na elementy stałe wynikają z ich kosztorysów, pozostałe składają się z cen zakupu oraz kosztów transportu i instalacji. Cena zakupu wyposażenia, środków i urządzeń transportowych oraz środków sterowania stanowią podstawę do wyznaczania kosztów ich utrzymania w ciągu roku.

10.8.2. Robocze i godzinowe koszty utrzymania

Koszty utrzymania elementów stałych (budynki, budowle, drogi) oraz wyposażenia niemechanicznego w skali rocznej wyznacza się za pomocą wskaźników nakładów:

$$K_{TUB}^R = \gamma_B N_{TB} \quad (28)$$

$$K_{TUW}^R = \gamma_W N_{TW} \quad (29)$$

Wskaźniki γ_B γ_W zależą min. od:

- wielkości odpisów amortyzacyjnych,
- stopy oprocentowania kapitału,
- warunków eksploatacji,
- sposobu organizacji napraw i przeglądów.

Wartości te powinny być przyjmowane w ramach analiz kosztów budownictwa przemysłowego i rynku kapitałowego.

Koszty utrzymania środków i urządzeń transportowych oraz środków sterowania wyznacza się według wzorów:

$$K_{TUT}^R = \sum_{j=1}^r K_{TUT}^{R_j}, \quad K_{TUT}^{R_j} = b_j + c_j + d_j \quad (30)$$

$$K_{TUS}^R = \sum_{j=1}^s K_{TUS}^{R_j}, \quad K_{TUS}^{R_j} = b'_j + c'_j + d'_j \quad (31)$$

Gdzie: $K_{TUT}^{R_j}$ – roczne koszty utrzymania *j-tego* typu środka transportowego
 $j=(1, 2, 3, \dots, r)$, r – liczba rodzajów środków i urządzeń transportowych,
 $b_j = b_{j1} + b_{j2}$

b_j – koszty zależne od czasu, tzw. koszty stałe

$b_{j1} = \alpha_{j1} N_{TT}^j$ - roczne odpisy amortyzacyjne urządzenia *j-tego* typu,

$b_{j2} = \alpha_{j2} N_{TT}^j$ - oprocentowanie kapitału,

N_{TT}^j - nakłady na *j-ty* typ urządzenia,

α_{j1} - wskaźnik odpisów amortyzacyjnych dla urządzenia *j-tego* typu,

α_{j2} - wskaźnik oprocentowania (zamrożenia kapitału),

c_j - koszty zależne od wydajności, tzw. koszty zmienne,

$c_j = \gamma_{TTj} N_{TT}^j$ [zł/rok]

γ_{TTj} - wskaźnik kosztów przeglądów, napraw, części zamiennych.

Wskaźnik d_j kosztów energii oblicza się z różnych wzorów zależnie od sposobu zasilania wózka widłowego. W przypadku wózków widłowych elektrycznych:

$$d_j = E p_e, \quad (32)$$

Gdzie: d_j - koszty energii elektrycznej

E – roczne zużycie energii na ładowanie akumulatorów

p_e – cena 1 kWh.

$$E = \frac{0.8BP1,5n_1}{1000} \text{ [kWh]} \quad (33)$$

Gdzie: B – napięcie baterii [V],

P – pojemność baterii [Ah]

n_1 – liczba ładowań w roku.

Tab. 10.1. Wskaźniki do obliczania rocznych kosztów przeglądów i napraw oraz części zamiennych wózków widłowych spalinowych i elektrycznych

Kategoria obciążenia	Przeglądy i naprawy wykonywane przez autoryzowany serwis				Przeglądy i naprawy wykonywane przez własny warsztat			
	Silnik				Silnik			
	elektryczny		spalinowy		elektryczny		spalinowy	
Kat. I	Y_{TT}	0,15	Y_{TT}	0,27	Y_{TT}	0,12	Y_{TT}	0,20
Kat. II		0,19		0,30		0,15		0,23
Kat. III		0,22		0,35		0,17		0,26

Źródło: opracowanie własne na podstawie [5]

Opis kategorii obciążenia do Tabeli 10.1.:

Kategoria I – obciążenie lekkie: gładka i równa nawierzchnia bez znacznych wzniesień (do 3%), normalne warunki otoczenia, stopień wykorzystania udźwigu nominalnego do 50%, tj. połowa udźwigu przez 8 godzin lub pełny udźwig przez 4 godziny.

Kategoria II – obciążenie normalne, drogi wewnątrz budynku betonowe oraz dodatkowe jazdy na zewnątrz po nierównych drogach (drobna kostka kamienna, skrzyżowania z torami kolejowymi), wzniesienia do 6 %, stopień wykorzystania udźwigu od 50 do 100 %, utrudnione warunki otoczenia (pył, zmiany temperatury).

Kategoria III – Obciążenia ciężkie, złe drogi, odcinki trudne do przebycia, wzniesienia powyżej 6 %, trudne warunki otoczenia (środowisko kwaśne, promieniowanie cieplne), stopień wykorzystania udźwigu nominalnego 100 % przez całą zmianę.

W przypadku wózków widłowych spalinowych: koszty paliwa d_j obliczane są ze wzoru:

$$d_j = Z_h p_s g \quad [\text{zł/rok}] \quad (34)$$

Gdzie:

Z_h – zużycie paliwa na godzinę [l/h], wartość tą można oszacować:
dla wózka o udźwigu 15kN – 2,4 l/h, 25 kN – 3,0 l/h, 35 kN – 5,0 l/h
 P_s – cena paliwa,
 g – rzeczywista liczba godzin pracy w roku.

Ostatecznie sumaryczne koszty utrzymania j -tego typu urządzenia na godzinę:

$$k_U^j = \frac{b_j + c_j + d_j}{g} \quad [\text{zł/h}] \quad (35)$$

Wytyczne VDI zalecają przyjmować $g = 1470$ h dla pracy jednozmianowej.

10.8.3. Roczne i godzinowe koszty robocizny

Roczne koszty robocizny wyznacza się ze wzoru:

$$K_{TL}^R = \sum_{j=1}^p K_{TL}^{Rj} \quad [\text{zł/rok}] \quad (36)$$

$$K_{TL}^{Rj} = k_{Lo}^j (1 + \gamma_{TL}) g_o^j n_L^j \quad [\text{zł/rok}] \quad (37)$$

Gdzie:

K_{TL}^{Rj} – roczne koszty robocizny j -tej kategorii pracy,

k_{Lo}^j – stawka godzinowa pracownika j -tej kategorii pracy,

γ_{TL} – wskaźnik kosztów zakładowych,

g_o^j – minimalna liczba godzin pracy pracownika j -tej kategorii pracy w ciągu roku,

n_L^j – liczba pracowników j -tej kategorii pracy.

Godzinowy koszt robocizny pracownika j -tej kategorii pracy:

$$k_{TL}^j = \frac{K_{TL}^{Rj}}{g n_{TL}^j} \quad [\text{zł/h}] \quad (38)$$

Gdzie: g – liczba rzeczywistych godzin pracy w roku pracownika j -tej kategorii pracy.

Relacje kosztów k_L pracy ludzkiej do kosztów utrzymania urządzeń k_U są jedną z głównych przesłanek automatyzacji procesów przemieszczania ładunków.

10.9. Outsourcing logistyki

Outsourcing logistyki oznacza, że całokształt czynności związanych z funkcjonowaniem transportu tj. zakupem, konserwacją sprzętu, dozorem technicznym oraz sprawami pracowniczymi, zajmuje się firma zewnętrzna. Istotne jest również to, że podczas jakiegokolwiek reorganizacji transportu wewnętrznego proces ten odbywa się w sposób płynny i nie powodujący zakłóceń pracy. Outsourcing to w tym wypadku: znaczne zyski w postaci zmniejszenia kosztów funkcjonowania przedsiębiorstwa oraz możliwość zamiany kosztów stałych na zmienne. Firma outsourcing'owa posiada zwykle wózki zastępcze, stale gotowe do podjęcia działań w razie awarii pozostałych. Taki system działania gwarantuje wykonanie zadań bez strat czasu i pieniędzy. W ten sposób działa m.in. Delphi Krosno, Pilkington Automotive Poland w Sandomierzu czy w przedsiębiorstwie Federal Mogul Gorzyce S.A.

W wypadku usług związanych z logistyką transportu wewnętrznego z wykorzystaniem wózków widłowych, wewnątrz firmy korzystającej z outsourcingu następuje:

- możliwość koncentracji na działalności podstawowej (core businessie),
- zwiększenie produktywności per capita,
- wzrost efektywności ekonomicznej, polegający na zwiększeniu korzyści płynących z wykorzystania wiedzy specjalistycznej i nowoczesnych technologii,
- redukcja ryzyk biznesowych związanych z samodzielną realizacją czynności transportowej przez firmę,
- zmniejszenie zaangażowania kapitałowego tak po stronie niezbędnych inwestycji, jak i kapitału pracującego,
- redukcja nadzoru i struktury zarządzania w tym obszarze (przejmuje je firma outsourcingowa),
- zwiększenie sprawności organizacyjnej,
- pełna przewidywalność kosztów,
- szybsza reakcja na zmieniające się potrzeby sprzętowo – transportowe.

Istnieje jeszcze jedno określenie: outsourcing magazynowania. Oznacza ono, że firma outsourcingowa realizuje kompleksową obsługę magazynów wyrobów gotowych i zarządza towarem począwszy od jego wejścia, poprzez przyjęcie, ewidencję, konfekcjonowanie, aż do wyjścia i załadunku na środki transportu. Efektem realizacji outsourcingu jest znaczne obniżenie kosztów funkcjonowania magazynów poprzez reorganizację pracy magazynu czy wybór właściwej technologii składowania.

W celu zapewnienia ciągłego dostępu do towarów importowanych realizowane są usługi consignment stock (składy konsygnacyjne). Magazyny lokalizowane są w niewielkiej odległości od zakładu odbiorcy, albo też bezpośrednio na jego terenie a następnie towar jest dostarczany na zamówienie, praktycznie wprost na linię produkcyjną. W zakres usług wchodzi także obsługa

dokumentacyjna dostaw, w tym formalności celne i podatkowe oraz bieżący monitoring każdej operacji magazynowej w systemie informatycznym, zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Zadaniem call-off stock jest natomiast zapewnienie ciągłości dostaw towarów z kraju, przy jednoczesnym obniżeniu poziomu zapasów u nabywcy, a tym samym przyspieszeniu ich rotacji. Zakupy w systemie Just in Time pozwalają nabywcom minimalizować koszty magazynowania towarów i uniknąć zamrażania środków pieniężnych.

11. Nadzór nad przepływem części w magazynie, sterowanie zapasami

11.1. Wybrane narzędzia Lean Manufacturing

W procesie produkcji można wyróżnić działania związane bezpośrednio z wytwarzaniem produktów oraz działania pomocnicze, w tym działania logistyczne umożliwiające realizację procesów wytwórczych. Działania pomocnicze to: zarządzanie zapasami, organizacja i funkcjonowanie systemu zaopatrzenia materiałowego, utrzymanie zapasów produkcji w toku, gospodarka magazynowa półproduktami i transport wewnętrzny. Możemy do nich zaliczyć także elementy niezwiązane z logistyką, takie jak: wybór i rozmieszczenie wyposażenia produkcyjnego, obsługa eksploatacyjna obiektów i wyposażenia produkcyjnego czy lokalizacja zakładu produkcyjnego. Realizacja wszystkich zadań w ramach logistyki pozwala określić: rodzaj, ilość, miejsce i czas użycia materiału, determinując jednocześnie operacje transportowe, manipulacyjne i magazynowe oraz związane z nimi przepływ informacji. W przypadku minimalizacji czasu, logistyka powinna dążyć do stworzenia łańcucha czynności produkcyjnych, aby osiągnąć koordynację wykonania poszczególnych operacji, zapewnić odpowiednią optymalizację przepływu produktów i kolejności operacji jednostkowych w kolejnych etapach produkcji, zmniejszyć łączny czas dostarczenia produktów, średni czas trwania operacji jednostkowych, zapewnić odpowiednią organizację dostępności zapasów z magazynu oraz zminimalizować opóźnienia wykonania operacji lub doprowadzić do minimum liczbę operacji opóźnionych. W drugim przypadku, czyli minimalizacji kosztów, logistyka powinna dążyć do maksymalnego zmniejszenia łącznego zużycia zasobów potrzebnych do zrealizowania operacji lub zmniejszenia, w stopniu największym z możliwych, kosztu wykonania operacji jednostkowych.

Logistyka wewnętrzna odpowiadając za właściwy przepływ, przemieszczanie komponentów, produktów do kolejnych etapów produkcji, a także dostarczenie gotowych wyrobów do magazynu – ma znaczący wpływ na organizację przebiegu poszczególnych procesów. Jej funkcjonowanie jest często uzależnione od stosowanego systemu produkcji: system pchany (push) lub ssący (pull). Produkcja push polega na tym, że wcześniejsze stanowiska pracy produkują tyle, ile możliwe, bez znaczenia, czy jest zapotrzebowanie na wytwarzane wyroby, a zatem jest to typowa produkcja na magazyn. System push związany jest najczęściej z dużymi partiami, długim czasem przejścia, wysokim poziomem utrzymywanych zapasów, brakiem ciągłości przepływu. Produkcja w systemie pull – ssącym oznacza, że wcześniejsze stanowiska pracy produkują tylko tyle wyrobów, ile wykorzysta stanowisko kolejne, a zatem stawia na produkcję tylko tych podzespołów, które są potrzebne w danym momencie. Taki

system produkcji przy użyciu odpowiednich narzędzi Lean Manufacturing, kart Kanban, zastosowania supermarketu czy pociągu logistycznego pozwala na wyeliminowanie nadprodukcji i zapasów. Zastosowanie systemu ssącego umożliwia właściwe zsynchronizowanie produkcji z dostarczeniem odpowiednich komponentów do poszczególnych stanowisk pracy.

System Kanban (z jap. karta, etykieta, naklejka) to system komunikacyjny, który przekazuje informację, co i kiedy produkować, może być w formie kartki, albo pojemnika. Głównym celem jego zastosowania jest minimalizacja kosztów poprzez dążenie do minimalizacji zapasów, w tym zapasów magazynowych, międzyoperacyjnych, zapasów produkcji w toku i wyrobów gotowych, minimalizacja przepływu informacji i dokumentów, obniżenie kosztów jakości, a przede wszystkim przyczynienie się do lepszej kontroli zapasów oraz do poprawy terminowości, niezawodności i płynności dostaw. Głównym zadaniem organizacji produkcji według Kanban jest wprowadzenie hasła „7 razy zero”, to znaczy zero zapasów, zero opóźnień, zero braków, zero kolejek, zero bezczynności, zero zbędnych operacji technologicznych i kontrolnych oraz zero zbędnych pomieszczeń. Ważnym elementem w systemie Kanban jest również ustalenie informacji zawartych na karcie, liczby produktów na jednej karcie oraz liczby kart. Jest to istotne, ponieważ większa ilość przemieszczanych produktów stwarza większe problemy z organizacją transportu, natomiast mniejsza ilość związana jest ze zwiększeniem częstotliwości dostaw i w takim przypadku zasadne staje się zastosowanie Mizusumashi – pociągu logistycznego.

Supermarket to wyznaczone miejsce w pobliżu produkcji, gdzie składowana jest określona ilość komponentów, podzespołów czy wyrobów gotowych przeznaczonych do zaopatrzenia linii produkcyjnych w potrzebne materiały. Supermarkety uzupełniane są przez pracownika magazynowego, każda pozycja zapasu ma swoje miejsce. Działanie supermarketu polega na tym, że kiedy pracownik pobiera wyroby w ilości dokładnie określonej według karty Kanban czy pustego pojemnika są one przemieszczane za pomocą pociągu logistycznego, lub wózka widłowego do właściwego miejsca w procesie produkcji. Puste miejsce musi zostać uzupełnione o takie same pobrane ilości. Dobrze stworzony supermarket zapobiega produkcji nadmiernej liczby części, kontroluje poziom zużywanych zapasów.

Pociąg logistyczny (Mizusumashi) to środek transportu przypominający pociąg (składa się z ciągnika oraz wózków) mający na celu dostarczenie określonych materiałów, komponentów w ustalonej ilości zgodnie z kartą czy pojemnikiem Kanban, z magazynu (najczęściej przy linii produkcyjnej, tzw. supermarket), po ustalonej, ściśle zdefiniowanej trasie dostaw. Dostawy odbywają się w równych stałych odstępach czasu – cyklach, do wyznaczonych stanowisk pracy na linii produkcyjnej (istnieje również możliwość przemieszczenia stałej ilości materiałów w zmiennych cyklach czasu).

Trasa Mizusumashi jest tworzona zgodnie z zasadą „pętli mleczarza”, wszystkie wykonywane operacje powinny być odpowiednio zestandaryzowane,

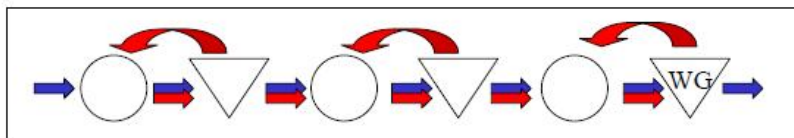
aby uniemożliwić popełnianie błędów i zapewnić sprawny przepływ. Celem zasadniczym Mizusumashi jest zapewnienie odpowiedniego przepływu materiałów i informacji, realizacja zamówień wewnątrz przedsiębiorstwa, dokonywanie wielu za- i rozładunków podczas jednego cyklu. Zastosowanie tego rozwiązania ma wpływ na obniżenie kosztów transportu przy wykorzystaniu pociągu zamiast pojedynczych transportów przy użyciu wózków widłowych, ogranicza ilość utrzymywanych zapasów na stanowiskach pracy, pozwala na lepszą koordynację, zapobiega nadprodukcji.

11.2. System Kanban

System Kanban jest samoregulującym się narzędziem operacyjnego sterowania produkcją. System ten jest sterowany zdarzeniami występującymi bezpośrednio na produkcji (a nie o plan). Zorientowany jest na zapewnienie:

- krótkiego czasu przetwarzania,
- niskich zapasów przy jednoczesnej terminowości realizacji,
- wielkość produkcji dopasowana do liczby zamówień,
- kontrola jakości na wszystkich etapach procesu.

Zastosowanie systemu Kanban pozwala na prawie całkowitą eliminację magazynów, ponieważ dostawy od kooperantów przychodzą dokładnie na czas. Dzięki posiadanym rezerwom zdolności produkcyjnych, znika problem zapasów międzyoperacyjnych. Zlecenia produkcyjne są ściśle zsynchronizowane z zamówieniami klientów, co eliminuje konieczność posiadania magazynów produktów gotowych.



Rys. 11.1. System Kaban. Przepływ części (linie niebieskie) i kanbanów (linie czerwone). Kola symbolizują maszyny, trójkąty oznaczają bufor; ostatni bufor (WG) to bufor wyrobów gotowych [43]

W systemie Kaban zlecenie produkcyjne nie trafia na początek linii, lecz na koniec. Ostatnie stanowisko otrzymuje harmonogram dostaw gotowych wyrobów do odbiorców. Tam pracownik lub załoga gniazda podejmuje zadanie. W miarę potrzeby wyroby do produkcji są pobierane z poprzednich stanowisk, te z kolei ze stanowisk je poprzedzających, uzupełniając w ten sposób wyroby przekazane do stanowiska następnego. Takie rozwiązanie umożliwia zsynchronizowanie przepływu materiałów z tempem pracy ostatniego

stanowiska (rys. 11.1). System sterowania przepływem materiałów wykorzystuje specjalny rodzaj dokumentów, tzw. karty Kanban (rys. 11.2).

nr karty:	PRODUKCJA	data utworzenia:
liczność partii:	nr części:	liczność Kanbana:
	nazwa części:	
m-ce zaopatrzenia:	typ transportera:	
m-ce dostawy:		
uwagi:		

Rys. 11.2. Wzór karty Kanban [43]

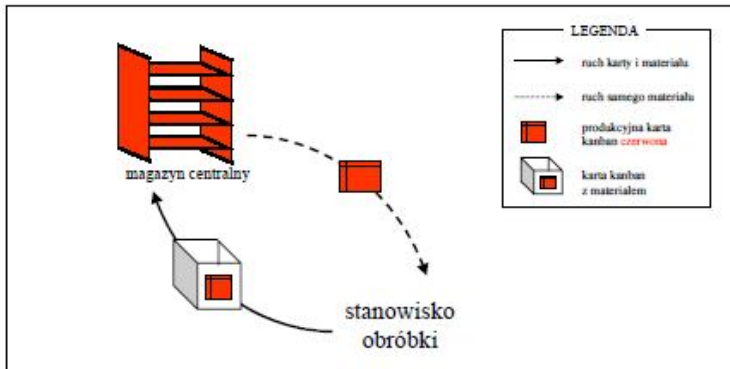
Przedstawiona karta Kanban zawiera informacje takie jak: numer i nazwę części, licznosc całej partii i licznosc Kanbana tj. liczbę materiału dostarczanego na kartę, typ transportera tj. pojemnika w jakim dostarczany jest materiał oraz miejsce pobrania i dostarczenia materiału. Konstrukcja karty ma za zadanie bezbłędne zasygnalizowanie potrzeby dostarczenia części. W przypadku przedstawionej karty sygnalizuje ona potrzebę dostarczenia materiału do produkcji stąd jej nazwa PRODUKCJA. Tę kartę oznacza się kolorem czerwonym. Liczbę kart w obiegu oblicza się jako:

$$\text{ilość kart} = \frac{\{\text{średnie dzienne zapotrzebowanie } x (\text{czas uzupełnienia} + \text{zapas bezpieczeństwa})\}}{\text{liczba sztuk w transporterze}}$$

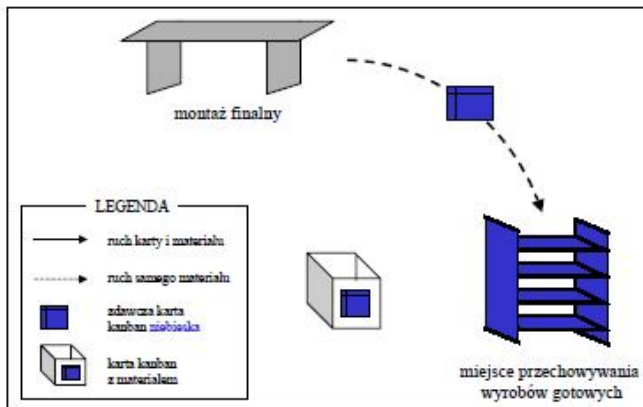
Schematyczny przebieg produkcyjnej karty Kanban przedstawia rys. 11.3.

Oprócz omówionej produkcyjnej karty istnieją jeszcze dwa typy kart Kanban: zdawcza i zamówieniowa.

Zdawcza karta Kanban ma za zadanie przekazanie obsłudze transportu potrzebę przemieszczenia wyrobów gotowych z produkcji na magazyn (lub do innego miejsca przeznaczenia dla wyrobów gotowych). Karta ta oznaczana jest kolorem niebieskim. Jej budowa, podobnie jak budowa karty zamówieniowej, jest identyczna z kartą produkcyjną. Przebieg zdawczej karty Kanban przedstawia rys. 11. 4.

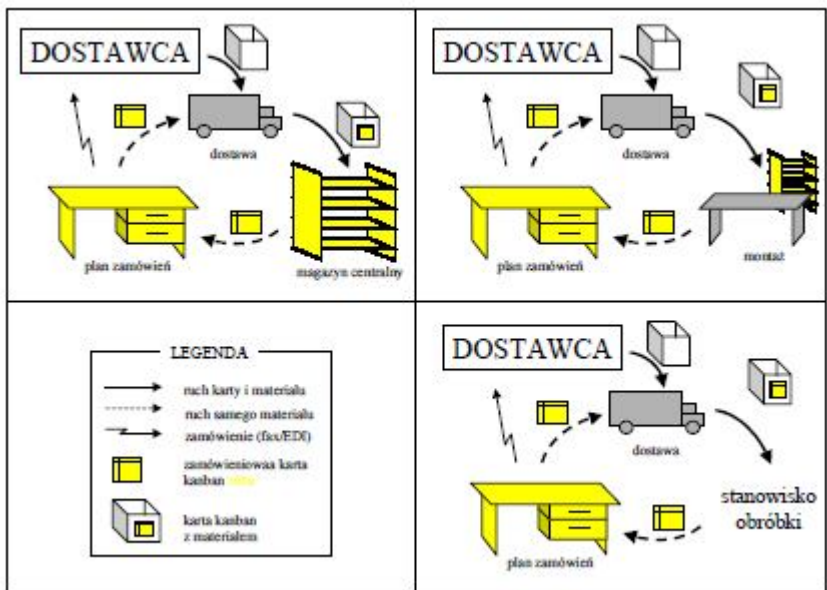


Rys. 11.3. Przebieg produkcyjnej karty kaban [43]



Rys. 11.4. Przebieg zdawczej karty Kaban [43]

Zamówieniowa karta Kanban oznacza potrzebę zamówienia materiału z zewnątrz. Karta ta oznaczana jest kolorem żółtym. Możliwe przebiegi zamówieniowej karty Kanban przedstawia rys. 11.5.



Rys. 11.5. Przebieg zamówieniowej karty Kanban [43]

TABLICA KANBAN dla _____						
Produkt						
<i>nr produktu</i>	A	A	A	A	A	
<i>nr produktu</i>	B	B	B	B	B	B
<i>nr produktu</i>	C	C	C			
<i>nr produktu</i>	D	D	D	D		

nie uruchamiać!
Partia jest zbyt mała

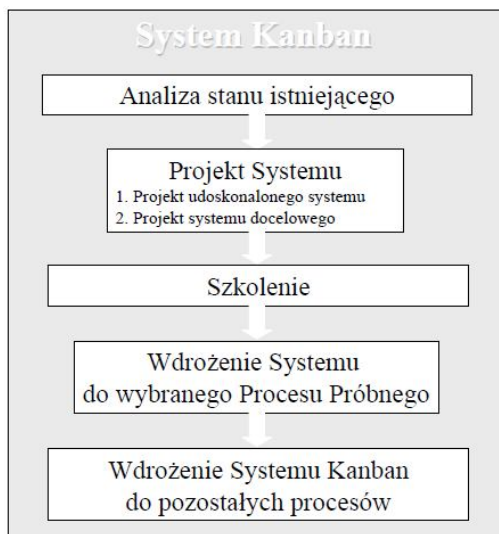
przygotować maszynę
do zmiany.
Uruchomić produkcję
w przypadku gdy wszystkie
pola są wypełnione

uruchomić
na tej zmianie,
koniecznie!

Rys. 11.6. Tablica Kanban [43]

Innym elementem sterowania przepływem produkcji wykorzystywanym w systemie Kanban są tablice Kanban. Tablice są stosowane zazwyczaj do sterowania uruchamianiem produkcji kolejnej partii wyrobów. Informacje

zawarte na tablicy określają sekwencję i wielkość obrabianych partii stanowią zatem harmonogram produkcji. Przykładową tablicę prezentuje rys 11.6.



Rys. 11.7. Przebieg wdrożenia systemu Kaban [43]

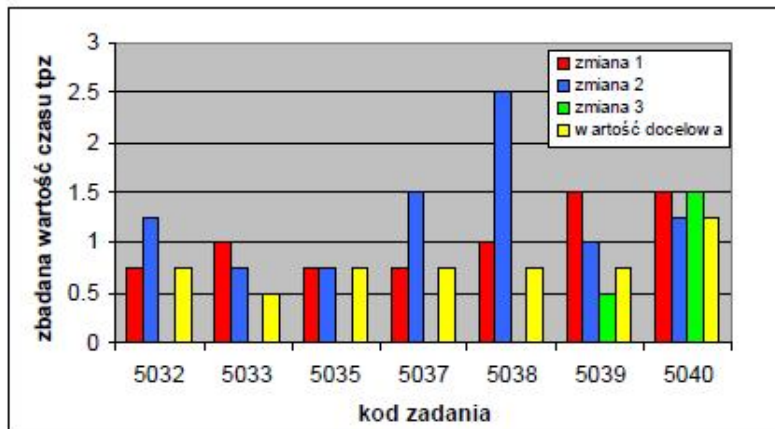
Wdrożenie systemu Kaban obejmuje czynności (rys. 11.7):

1 – Analiza stanu istniejącego:

Zbadanie istniejącego systemu przepływu materiałowego, gospodarki materiałowej i magazynowej oraz metod planowania produkcji:

- kontrola zdolności wytwórczych maszyny pod kątem czasu obsługi i różnorodności produktów,
- określenie wartości kluczowych czynników mających wpływ na poziom wydajności, tj. czasy przebrożeń i nastaw, ustalenie wymaganych wartości dla tych czynników.

Wizualizacja danych w formie wykresu słupkowego pozwoli na zidentyfikowanie wąskich gardeł hamujących efektywny przebieg procesu. Przykładowy wykres (rys. 11.8) porównania czasów przygotowawczo – zakończeniowych dla poszczególnych zadań.

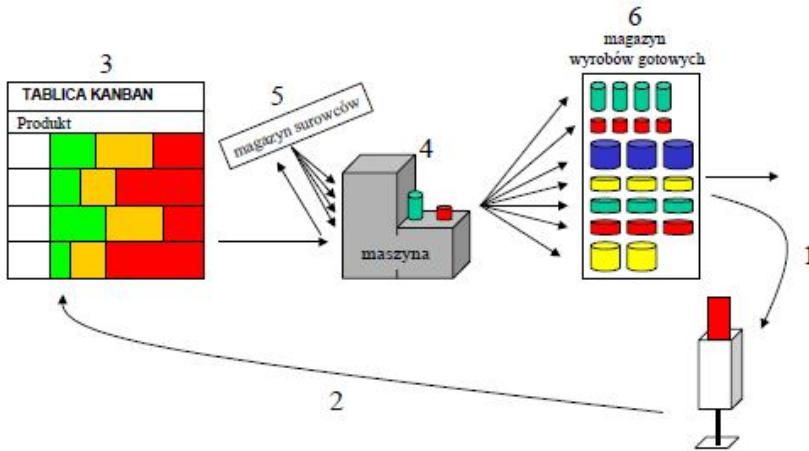


Rys. 11.8. Wykres porównania czasów przygotowawczo – zakończeniowych dla poszczególnych zadań [17]

2 – Projekt systemu:

- Planowanie zdolności systemu dla maszyn:
Do planowania zdolności Systemu Kanban wykorzystuje się Arkusze Planowania Zdolności Systemu (APZS); dane obliczeniowe Arkusza powinny posłużyć zbudowaniu cyklu obiegu kart zamówieniowych, produkcyjnych i zdawczych zgodnie z zasadami przedstawionymi na rys. 11.3 – 11.5.
- Harmonogramowanie produkcji:
Planowanie przepływów Kanban polega na graficznym określeniu obiegu kart zamówieniowych, miejsc umieszczenia tablic Kanban i odwzorowaniu przepływu materiałów; przykładowy plan przepływów Kanban przedstawiono na rys. 11.9.


Cykl obiegu karty Kanban (rys. 11.9) rozpoczyna się wraz z wydaniem odbiorcy gotowego wyrobu (1). Następnie karta jest umieszczona (2) na tablicy Kanban wpływając tym samym na harmonogram produkcji. Kolejność i liczba kart znajdujących się na tablicy (3) determinuje sekwencję obróbki oraz wielkość partii i termin jej uruchomienia. Części są wytwarzane (4) zgodnie z harmonogramem z tablicy Kanban i przekazywane do magazyny wyrobów gotowych (6), którego wielkość oparta jest na nominalnej wielkości zapotrzebowania w wybranym okresie czasu. Przepływ materiałów między maszyną, a magazynem surowców (5) sterowany jest odrębną kartą produkcyjną na zasadzie przedstawionej rysunkiem 3. Obieg karty produkcyjnej rozpoczyna się na maszynie wraz z przekazaniem zlecenia (z tablicy) na produkcję.



Rys. 11.9. Plan przepływów Kanban [43]

Zestaw Arkuszy dla maszyn, cykle obiegu poszczególnych kart i przepływy Kanban przynależące do wybranego procesu pozwolą na zbudowanie całościowego planu przepływów Kanban dla procesu. Na tym etapie dokonuje się określenia położenia wszystkich kart i tablic Kanban oraz zasad ich funkcjonowania. Z uwagi na wielość zmian jakie wprowadzi ze sobą System Kanban, korzystne jest stworzenie tzw. rozwiązania pośredniego polegającego na ulepszeniu stanu istniejącego opartego na bardziej dokładnym prognozowaniu i harmonogramowaniu produkcji, stabilnym i przewidywalnym przebiegu procesu oraz uelastycznieniu systemu przepływu materiałów. Rozwiązanie pośrednie ma pomóc w przeprowadzaniu zmian i kontroli terminowości ich przebiegu. Jednak celem planowania przepływów Kanban będzie projekt rozwiązania idealnego. Rozwiązanie idealne stać się ma wyznacznikiem stanu do którego należy dążyć w drodze kolejnych ulepszeń.

Systemy Kanban we współczesnych przedsiębiorstwach, to systemy z informatyzowane. Daje to systemowi dodatkowe możliwości związane w dużej mierze z kwestiami jakościowymi. Możliwa jest pełna identyfikacja produktu, gromadzenia danych (np. zapisów jakościowych) na ogromną skalę, dokładne odtworzenie przebiegu procesu produkcji na każdym stanowisku, utrzymanie pełnej zgodności z FIFO. Wszelkie materiały zarejestrowane są w systemie informatycznym, a karty Kanban oprócz tradycyjnych informacji zawierają np. kod kreskowy (rys. 11.11), po którego sczytaniu uzyskujemy wszelkie wiadomości o danej partii półproduktu/produktu. Integracja systemu Kanban z systemem informatycznym znacznie przyspiesza przepływ informacji.

Kanban - Produkcja			
nr karty:	nr części:	liczność partii	liczność materiału/kartą
nata ubvorzenia:	nazwa części		
miejsce dostawy		kod kreskowy  <small>011158840680083311001300911702840613780</small>	
rodzaj transportera			
uwagi/zapisy z przebiegu produkcji			

Rys. 11.10. Wygląd współczesnej karty Kaban

11.3. Systemy informatyczne w logistyce

Klasyczna metoda kart Kanban posiada swoje ograniczenia wynikające z braku dostępu do wielu, ważnych danych w tzw. czasie rzeczywistym. Jedną z podstawowych wad jest ograniczenie lub brak możliwości automatycznej rejestracji zdarzeń, ruchów surowców i półproduktów. Całość procesu odbywa się w sposób samosterujący, jednak często brakuje szybkiej informacji o historii wytworzenia wyrobu. Istotne są wówczas takie informacje jak: wykorzystane partie surowców, materiałów, narzędzi, maszyn, a także dane o pracownikach odpowiedzialnych za wytworzenie konkretnej jednostki na poszczególnych stanowiskach produkcyjnych (tzw. *tracability production*). Rejestracja wszystkich zdarzeń mających miejsce na produkcji może odbywać się dzięki usprawnieniu metodologii sterowania zapasami w nowoczesne technologie automatycznej identyfikacji danych.

Wbrew powszechnemu odczuciu, systemy automatycznej identyfikacji to nie tylko urządzenia umożliwiające generowanie, drukowanie, odczytywanie i przetwarzanie danych zawartych w takich nośnikach jak na przykład kody kreskowe. Centrum systemu jest oprogramowanie, które realizuje wiele mobilnych funkcji np. na komputerach przenośnych z wbudowanymi czytnikami kodów kreskowych (terminale radiowe). Terminale tego typu komunikują się z innymi systemami informatycznymi za pomocą sieci radiowej i specjalnie zbudowanymi połączeniami (interface). Tylko dzięki wykorzystaniu mobilnych technologii możliwa jest automatyczna rejestracja danych istotnych dla procesu wytwórczego i magazynowego. Pozwala to na przejrzystość danych, eliminację zbędnych zapasów oraz na usprawnienie komunikacji pomiędzy logistyką i produkcją. Są to istotne założenia wyżej opisanych metodologii sterowania przepływem materiałów.

Celem realizacji tych założeń stosuje się min. mobilne oprogramowanie o nazwie ProTrace. System działa głównie na terminalach radiowych

umożliwiający automatyczną rejestrację wielu zdarzeń i operacji podczas realizacji między innymi następujących procesów:

- rezerwacja surowców lub półproduktów na dane stanowiska produkcyjne,
- wydanie materiałów na produkcję zgodnie z listą zapotrzebowania,
- traceability production and logistics – śledzenie historii przepływu jednostek logistycznych i procesu wytworzenia dla konkretnego wyrobu gotowego m.in. rejestracja zmian pracowników na długich liniach produkcyjnych lub pojedynczych maszynach, zmian narzędzi, surowców, półproduktów, maszyn,
- zgłaszanie surowców/półproduktów/wyrobów gotowych z wadami (traceability quality),
- zgłoszenia produkcyjne.

Jednym z wielu obszarów funkcjonalnych mobilnego oprogramowania ProTrace jest rezerwowanie materiałów przez pracowników produkcyjnych na stanowiska produkcyjne, a następnie ich pobranie z magazynu przedprodukcyjnego (np. strefa Picking Zone) i rozwiezienie przez dyspozytora na dane miejsca wraz ze zmianą stanów magazynowych.

Sytuacja bez wykorzystania mobilnych technologii w oparciu o ProTrace przebiegałaby w następujący sposób:

- Pracownik magazynu Picking Zone odpowiedzialny jest za dowożenie na poszczególne stanowiska produkcyjne brakujących materiałów. Przy rozwożeniu wcześniej odręcznie spisanych materiałów, na każdym stanowisku spisuje jakie materiały będą potrzebne wkrótce i następnie wraca załadować materiały zgodnie z odręcznym spisem, po czym ponownie wykonuje rozwożenie spisanych materiałów (nowa runda).
- Inny pracownik Picking Zone odręcznie spisuje na bieżąco, które materiały trzeba uzupełnić i przekazuje tę informację do magazynu głównego za pośrednictwem systemu magazynowego. W ten sposób pracownicy są odpowiedzialni za stałe uzupełnianie materiałów zarówno na magazynie w ramach wydań na produkcję jak i na poszczególnych stanowiskach produkcyjnych.

Celem usprawnienia opisanego wyżej procesu następuje wdrożenie mobilnego systemu ProTrace. Dzięki niemu można automatycznie zgłaszać brakujące surowce lub półprodukty na stanowiskach produkcyjnych. Za pośrednictwem systemu ProTrace następuje aktualizacja stanów magazynowych w czasie rzeczywistym. Wybór rozwiązania wspomaga pracowników odpowiedzialnych za uzupełnianie stanów magazynowych i przekazywanie materiałów na produkcję.

System obejmuje dwa poziomy dla tego procesu:

1. Poziom obsługi zgłoszeń zapotrzebowania na materiały i realizacji list pobrania – w tym procesie system ProTrace eliminuje między innymi następujące problemy:

- odręczne spisywanie materiałów przez dyspozytora, które trzeba dowieźć w kolejnej rundzie na dane stanowisko produkcyjne,
- odręcznie spisywanie ilości i referencji pobranego materiału i przepisywanie tych informacji do systemu MRP/EPR/WMS,
- liczne błędy, które mogą powstać przy pobieraniu ilości i referencji danego materiału oraz wprowadzaniu tych danych do systemu komputerowego,
- możliwość występowania nieaktualnych informacji odnośnie stanów magazynowych,
- możliwość błędnych informacji o zapotrzebowaniu na poszczególnych stanowiskach produkcyjnych.

Odręczne czynności zastąpiono funkcjami automatycznego zgłaszania zapotrzebowania materiałowego na poszczególnych stanowiskach produkcyjnych i realizacją automatycznych przesunięć danych referencji materiałowych i ich ilości z różnych typów magazynów lub strefy Picking Zone na produkcję. Wszystkie funkcje są wykonywana na terminalu radiowym z kodów kreskowych, dzięki temu:

- dyspozytor posiada zawsze aktualną informację jakie referencje materiałowe i ich ilości są potrzebne na danych stanowiskach produkcyjnych,
- system ProTrace może podpowiadać domyślne ilości w opakowaniu dla danej referencji; istnieje możliwość zdefiniowania wielu podpowiedzi, które mogą stanowić dodatkową ochronę przed np. pobraniem błędnej referencji lub ilości,
- następuje automatyczna aktualizacja zmiany stanów magazynowych dla danej referencji materiałowej,
- z poziomu terminala lub PC można automatycznie wygenerować i wydrukować na zdefiniowaną drukarkę raport np. o przesunięciach na produkcję i inne istotne dla klienta zestawienia,
- automatycznie można również wykonać zwrot z produkcji lub przesunięcia bezpośrednie z magazynów na produkcję z pominięciem strefy Picking Zone.

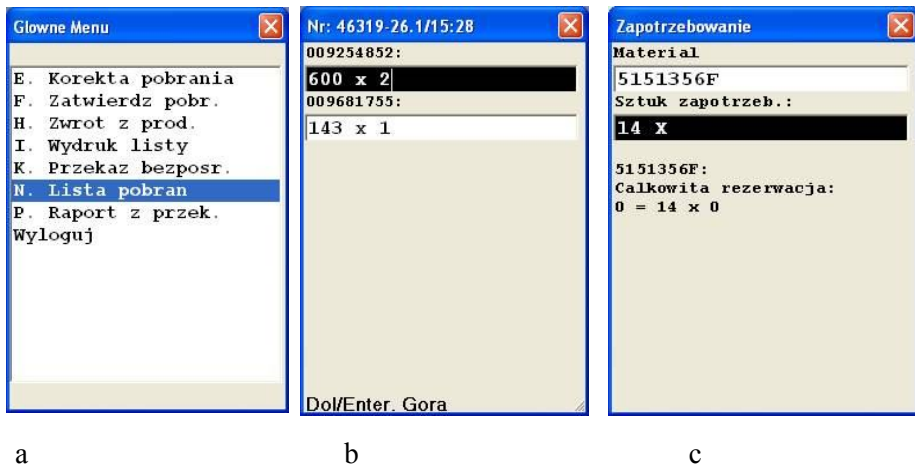
2. Poziom zgłoszenia zapotrzebowania na materiały w strefie Picking Zone do magazynu głównego.

ProTrace automatycznie komunikuje się z głównym systemem informatycznym.

Dzięki temu eliminowane jest:

- odpowiedzialność pracownika, który wcześniej odręcznie wprowadzał w strefie Picking Zone do systemu informatycznego informacje o zapotrzebowaniu na dane referencje materiałów i ich ilości,
- liczne błędy, które mogą powstać przy przepisywaniu numerów referencji i ich ilości do systemu;

Zalety te powodują, że w magazynie głównym widoczna jest informacja o zapotrzebowaniu np. w strefie Picking Zone (lub w innym magazynie) oraz w czasie rzeczywistym następują zmiany stanów w ramach przesunięć magazynowych. Przykładowe ekrany ProTrace (rys. 11.11) w opisanych wyżej procesach widoczne na terminalu np. marki Symbol*



Rys. 11.11. Zrzuty ekranów: a – ogólny obraz menu głównego ekranu terminala. Z tego poziomu można między innymi zatwierdzić pobranie materiałów, dokonać ich zwrotu z produkcji, przekazać bezpośrednio na produkcję z pominięciem strefy Picking Zone; lista pobrań umożliwia wgląd materiałów, które należy pobrać na poszczególne stanowiska produkcyjne, b – moment dokonywania zapotrzebowania na daną referencję materiałową i jej ilości na stanowisku produkcyjnym, ProTrace może podpowiadać ilość w opakowaniu, wówczas użytkownik tylko wpisuje ilość pobranych pełnych opakowań bez konieczności zliczania, c – moment pobrania z PickingZone danej referencji w wyznaczonej ilości

Zalety stosowania systemu:

- całkowita eliminacja błędów, które występują podczas wprowadzania numerów referencji materiałów i ich ilości w sposób odręczny,
- lepszy proces komunikacji pomiędzy logistyką i produkcją,
- przyspieszenie procesów uzupełniania i dostarczania materiałów zgodnie z zapotrzebowaniem na danych stanowiskach produkcyjnych,
- zawsze aktualne zmiany stanów magazynowych,

- skuteczniejsze sterowanie gospodarką magazynową i przepływem materiałów w całym cyklu wytworzenia,
- możliwość rejestracji czasu pracy i wydajności pracowników,
- minimalizacja niepotrzebnych zapasów, znaczna pomoc dla likwidacji braków, opóźnień, bezczynności, zbędnych operacji technologicznych i kontrolnych,
- łatwość analizy i szybki dostęp do danych w czasie rzeczywistym.



Rys. 11.12. Terminal systemu ProTrace [43]

11.4. Systemy WMS

Podstawowym zadaniem systemów klasy WMS (Warehouse Management System) jest wspomaganie zarządzania sferą operacyjną związaną z przepływami towarowymi w obrębie obiektów magazynowych (takich jak centra dystrybucyjne i logistyczne, magazyny przy zakładach produkcyjnych, magazyny dystrybucyjne), a także często zakładów produkcyjnych. Funkcja ta może być realizowana m.in. poprzez planowanie pracy w magazynie, kontrolę i nadzór nad wykonywanymi zadaniami, a także sterowanie pracą magazynu i motywowanie pracowników. Modelowy system klasy WMS obejmuje obsługę kompleksowo ogół strumieni przepływu materiałów – od wejścia towaru do magazynu, poprzez składowanie, po wyjście towaru z magazynu. Dla każdego obiektu magazynowego szkielet procesów jest zasadniczo taki sam, tj. wejście – składowanie – wyjście. W większości magazynów można w ramach tych trzech głównych funkcji wydzielić funkcje bardziej szczegółowe, jednak w dalszym ciągu dotyczące wszystkich. Są to takie funkcje, jak: rozładunek, kontrola ładunku na wejściu, transporty wewnątrzmagazynowe, formowanie jednostek magazynowych, przesunięcia międzymagazynowe, kompletacja, kontrola wyjściowa i załadunek na zewnętrzne środki transportu.

Zarządzanie jest pojęciem szerokim, obejmującym sekwencję działań, mających dać firmie jak najlepszą informację o stanie organizacji. Funkcja wspomagania zarządzania przepływem materiałowym systemu WMS może być realizowana m.in. poprzez planowanie pracy w magazynie, kontrolę pracy i możliwie dokładny nadzór nad poprawnością wykonywanych zadań, a także sterowanie pracą magazynu i w finale – motywowanie pracowników (głównie do zwiększania ich wydajności).

Planowanie pracy z poziomu systemu WMS ma na celu optymalizację i usprawnienie zadań związanych przede wszystkim z realizacją wysyłek dla odbiorców (może być też stosowany do planowania pracy na wejściu do magazynu i w trakcie realizacji większości procesów). System, po odpowiednim sparametryzowaniu i zaprogramowaniu, daje możliwość planowania jednostek wysyłkowych i transportowych. O ile w niewielkich magazynach (tj. takich, z którego na dobę ekspediowanych jest kilkadziesiąt jednostek wysyłkowych – najczęściej palet, ale również kartonów i innych) zazwyczaj nie ma takich potrzeb, o tyle przy zwiększonym ruchu, umiejętność zaplanowania odpowiedniej ilości jednostek wysyłkowych to duży problem. Ma to szczególnie znaczenie dla organizacji transportu dystrybuowanych towarów.

Przykładowe zagadnienie [27]: odbiorca zamawia 10 sztuk produktu A, 50 sztuk produktu B, 100 sztuk produktu C, 200 sztuk produktu D i 300 sztuk produktu E. Przy okazji, wymagania klienta są takie, że palety mają być nie wyższe niż 150 cm, na jednej palecie nie wolno łączyć produktu A z produktem B, a produkt E ma być dostarczany na osobnych paletach. Ponadto produkty C i D są produktami drobnymi, które pakuje się do kartonów. Jeśli ilość odbiorców jest niewielka, ilość dziennych wysyłek również, to człowiek jest sobie w stanie poradzić bez dodatkowego wsparcia. W przypadku, gdy dziennie realizowanych jest kilkaset zleceń wysyłkowych, a ilość linii zleceń to rząd kilkudziesięciu tysięcy – wymagane jest zastosowanie rozwiązania, które zastąpi człowieka w tych zadaniach lub przynajmniej go wesprze. WMS powinien przejąć na siebie właśnie ciężar tego planowania decydując w jaki sposób spakować towar (do kartonu czy na paletę), ile sztuk i jakiego asortymentu znajdzie się w/na jednostce wysyłkowej, z których obszarów magazynu towar należy zdjąć, aby jego przygotowanie było optymalnie szybkie. Zaplanowane jednostki wysyłkowe są w systemie przydzielane do zewnętrznych środków transportu i tak utworzone wyjazdy zwalniane są do realizacji.

Podczas realizacji procesu przyjęcia towaru oraz wydania towaru z magazynu system na bieżąco przydziela zadania operatorom wózków widłowych oraz osobom kompletującym. Inaczej mówiąc – steruje ich pracą, wydając polecenia pobrania odpowiednich towarów lub jednostek z konkretnej lokacji i odłożenia ich w konkretne miejsce. Jedną z głównych korzyści wynikających z przejęcia przez WMS (w pewnym tylko zakresie) dotychczasowej roli człowieka, jest „niezależnienie” magazynu od ludzi, którzy w nim pracują. Efektem może być np. znaczne skrócenie czasu szkolenia nowych operatorów wózków oraz

pracowników kompletujących. Należy jednak pamiętać, że sterowanie pracą to tylko wynik całości złożonych operacji, które wykonują się wewnątrz systemu. Najistotniejszym elementem prawidłowego sterowania pracą jest odpowiedni wybór adresatów zadania przesłanego w odpowiednim czasie i w odpowiedniej kolejności. Dużym błędem obecnie popełnianym przez część dostawców systemów WMS jest przekonywanie klientów o tym, że system powinien przydzielać zadania wybranym pracownikom. Otóż tak nie jest. Z punktu widzenia wydajności pracy magazynu system powinien jedynie wysyłać zadanie „w eter”, aby osoby uprawnione do jego realizacji mogły takie oczekujące zadanie podejmować. System WMS powinien dać użytkownikom możliwość elastycznej i dynamicznej zmiany całego układu sieci transportowej w magazynie lub zakładzie produkcyjnym, włączając w to strefy i podstrefy transportowe, połączenia między nimi i przydzielone do nich, odpowiednio zdefiniowane, środki transportu [27].

Przez cały czas trwania procesów logistycznych w magazynach system WMS powinien kontrolować poprawność wykonywanych zadań. Głównymi miejscami, w których powstają pomyłki, są: identyfikacja towaru oraz błędne odstawianie jednostek magazynowych lub towaru do lokacji. W obydwu przypadkach najpowszechniej używanym „zabezpieczeniem” i narzędziem kontrolnym jest stosowanie oznakowania w kodach kreskowych. Funkcja kontrolna systemu WMS jest spełniana również poprzez pełną rejestrację historii zdarzeń w przepływach logistycznych. System rejestruje: historię pracy zalogowanych użytkowników systemu, historię przepływu towaru przez lokacje magazynowe oraz historię towarów będących w obrocie. Są to informacje szczególnie cenne ze względu na możliwość wyjaśniania wszelkich niezgodności, głównie ilościowych, w magazynie oraz możliwość śledzenia każdego produktu z dokładnością do numerów partii produkcyjnej, serii, dostawcy etc. W świetle przepisów oraz zdarzających się sporadycznie sytuacji wyjątkowych (np. cofanie określonych partii towaru z rynku) – taka funkcja systemu wydaje się nieoceniona.

11.5. Identyfikacja i kody kreskowe

Na opakowaniach występują następujące znaki (rys. 11.13):

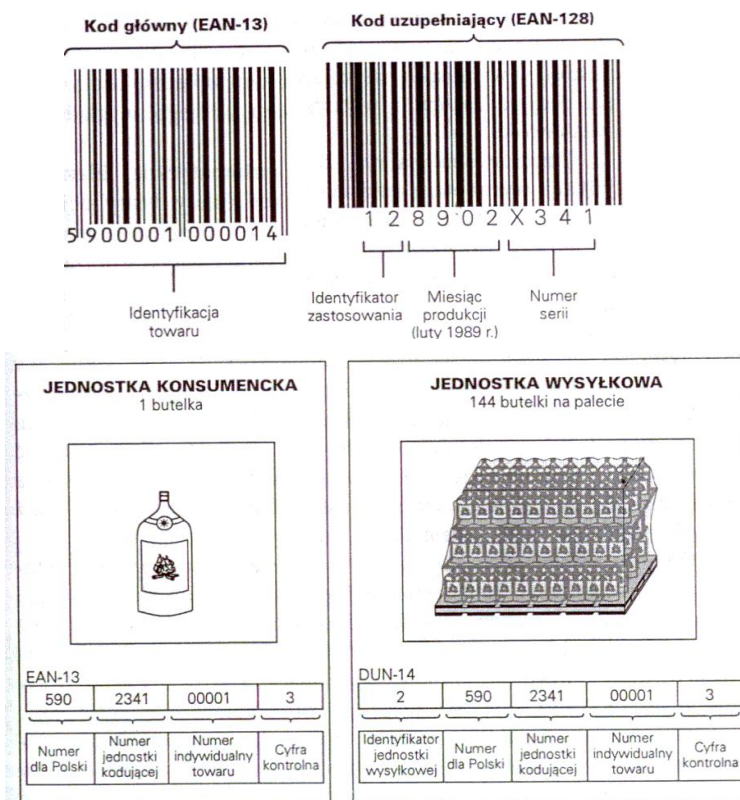
- zasadnicze (identyfikacji, odbiorcy, miejsca przeznaczenia),
- informacyjne (dane o masie, wymiarach, nadawcy),
- niebezpieczeństwa (ostrzeżenie o niebezpieczeństwie ładunku),
- manipulacyjne (określenie sposobu obchodzenia się z ładunkiem).

Automatyczna identyfikacja towarów w łańcuchach logistycznych następuje przy zastosowaniu metod: kodowania kreskowego, ścieżki magnetycznej, fal radiowych, rozpoznawania obrazu. Najczęściej stosowany współcześnie sposób to kod kreskowy, który jest kombinacją liniowo ułożonych jasnych i ciemnych kresek o zróżnicowanej szerokości, odwzorowujących w usystematyzowany

sposób ciąg ściśle określonych znaków. Stosowane w ramach logistyki globalnej standardy kodów kreskowych to [4]:

- UPC (*Universal Product Code*), który obowiązuje w USA i Kanadzie w wersjach: pełnej UPC-A (12 znaków), skróconej UPC-E (6 znaków), o charakterze ciągłym z odwzorowaniem tylko cyfr,
- EAN (*European Article Numbering*), który obowiązuje w Europie i stosowany jest także poza Europą w wersjach: pełnej EAN-13 (13 znaków), skróconej EAN-8 (8 znaków), uzupełniającej EAN-128, wysyłkowej DUN-14 (EAN-14), z ciągłym odwzorowaniem cyfr (EAN-13, EAN-8), innych znaków (EAN-128).

Występują także inne rodzaje kodów kreskowych, np. kody przeplatane (ITF, ITF-14, ITF-16), Kodabar (Kodabar 18, Kodabar 2, Kodabar ABC), kody alfanumeryczne (Kod 39, Kod 32, Kod 128, Kod 93) oraz kody dwuwymiarowe (Kod 49, Kod 16K, PDF 417).



Rys. 11.13. Struktura kodu kreskowego na jednostkach konsumenckich i jednostkach wysyłkowych [4]

Struktura standardowego kodu kreskowego EAN-13 (rys. 11.14):

- 1-3 nr kraju (prefiks),
- 4-7 nr jednostki kodującej (producenta),
- 8-12 nr indywidualny towaru,
- 13 cyfra kontrolna.

Miejsca cyfr	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Struktura numeru	Numer kraju			Numer jednostki kodującej				Numer indywidualny towaru					Cyfra kontrolna



Rys. 11.14. Struktura kodu kreskowego EAN-13 [4]

11.6. Systemy informatyczne w zarządzaniu magazynem [15]

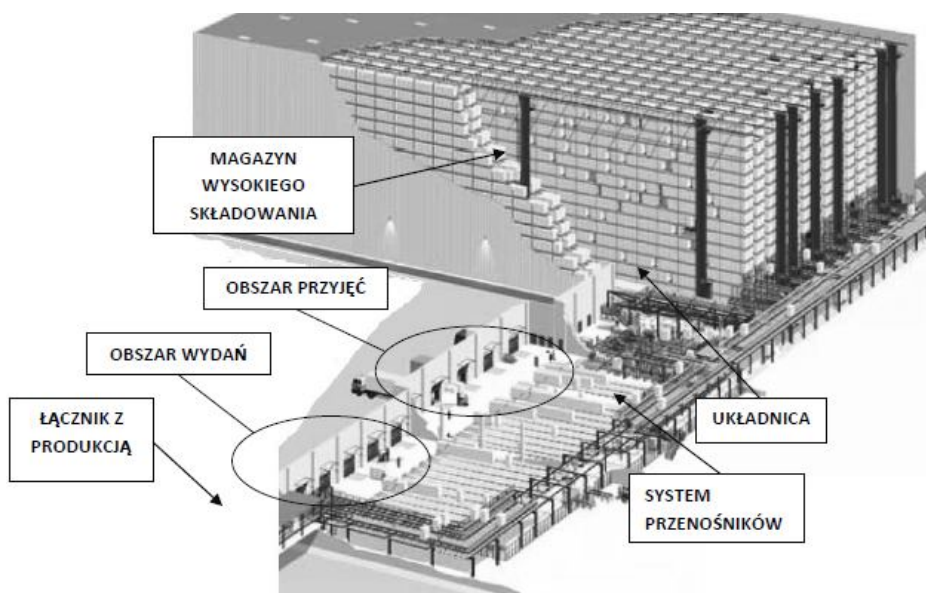
Automatyzacja magazynu polega nie tylko na zastąpieniu ludzi maszynami, ale przede wszystkim na skonstruowaniu takiego systemu nadzoru, który pozwoli realizować płynnie wszystkie procesy objęte przedsięwzięciem. Aby zapewnić nadzór nad czynnościami wykonywanymi wewnątrz magazynu, jego kierownictwo decyduje się na zakup i wdrożenie systemu informatycznego. W zależności od możliwości finansowych przedsiębiorstwa bądź też celów wynikających ze strategii firmy wybiera się jedno z dwóch rozwiązań: albo system ERP (*Enterprise Resource Planning*), integrujący dane przetwarzane w całym przedsiębiorstwie, albo system WMS (*Warehouse Management System*), obsługujący szczegółowo procesy magazynowe. Każdy z tych systemów ma swoje słabe strony. WMS obsługuje wąski obszar związany z magazynowaniem, wymuszając realizację wszystkich pozostałych procesów w innym systemie informatycznym, np. w ERP. Idealnym rozwiązaniem jest więc współpraca WMS z ERP. Przekazywanie pewnych uniwersalnych informacji pomiędzy ogniwami łańcucha dostaw usprawnia funkcjonowanie automatycznego magazynu. Automatyczna identyfikacja oparta o standardy możliwa jest bowiem wtedy, gdy wszyscy dostawcy w ten sam sposób oznaczają

swoje wyroby. Standardy związane z oznaczaniem jednostek handlowych – GTIN, czy logistycznych – SSCC, stały się integralną częścią wyrobu bądź jednostki logistycznej. Ich wykorzystywanie pozwala na pełną identyfikację wyrobów i jednostek logistycznych z tymi wyrobami w każdym miejscu łańcucha dostaw. Przez automatyzację magazynu należy rozumieć wprowadzenie nowej technologii. W zależności od stopnia zautomatyzowania magazynu wykorzystywane są różne rozwiązania przyspieszające procesy magazynowe.

11.6.1. Wykorzystanie technologii high-tech

Najbardziej zaawansowaną formą automatyzacji jest wykorzystanie technologii high-tech, czego przykłady można znaleźć w automatycznych magazynach wysokiego składowania, w których rolę operatorów wózków widłowych przejmują układnice magazynowe, obsługujące palety na regałach o wysokości wynoszącej nawet do 40 metrów. Lokalizacją ładunków zarządza system informatyczny obsługiwany często przez jedną osobę. Tego typu rozwiązanie pozwala na bieżąco śledzić ruchy surowców, opakowań i wyrobów gotowych. Wszelkie przesunięcia magazynowe są generowane przez system i są pełni przez niego nadzorowane, co oznacza, że jeśli paleta nie dotrze we właściwe miejsce, system zasygnalizuje ten fakt obsługującemu go użytkownikowi. System zarządza też kompleksowo wprowadzonymi danymi (terminy ważności surowców i wyrobów, okresy ważności świadectw jakości, terminy realizacji zleceń produkcyjnych czy zamówień klienta). W ten sposób czas konieczny do załadowania pojazdów dostawczych znacznie się skraca, ponieważ system, znając terminy poszczególnych zamówień klientów, generuje zlecenia transportowe i organizuje przygotowanie wszystkich pozycji zamówienia, doprowadzając do sytuacji, w której zadaniem operatora jest jedynie przewiezienie przygotowanych palet do pojazdu, co – w porównaniu z tradycyjnymi metodami działania – znacznie skraca czas kompletacji zamówienia i załadunku.

Na rys. 11.15 przedstawiono schemat magazynu wysokiego składowania. Można go podzielić na dwa kluczowe obszary: pierwszy to obszar obsługiwany przez człowieka, drugi jest w pełni zautomatyzowany. W momencie dostarczenia surowca bądź materiału do magazynu paleta trafia do obszaru przyjęć. Paleta może być wyposażona w etykietę logistyczną (SSCC), a jeśli nie jest (zależy to od polityki firmy), zostaje oznakowana wygenerowanym w magazynie numerem referencyjnym, który znajduje odzwierciedlenie w kodzie kreskowym. Niezależnie od sposobu identyfikacji ważne jest, aby informacje o ich przyjęciu znalazły się w systemie zarządzającym magazynem.



Rys. 11.15. Schemat magazynu wysokiego składowania obsługiwane przez automatyczne układnice [15]

Po ich zaktualizowaniu towar jest gotowy do przetransportowania do obszaru składowania. Pracownik magazynu przewozi paletę (np. wózkiem widłowym) i ustawia ją w punkcie wejściowym układu przenośników. Zeskanowanie kodu kreskowego znajdującego się na palecie rozpoczyna ciąg dalszych czynności. W pierwszej kolejności system zapamiętuje, która paleta i z jakim towarem zostaje wprowadzona do zautomatyzowanej części magazynu. W wyniku zeskanowania kodu pracownik otrzymuje informację, jaki towar wprowadza do magazynu (informacja ta przedstawiona jest zazwyczaj w postaci numeru referencyjnego lub nazwy surowca czy materiału), a następnie potwierdza zgodność opisu z rzeczywistym towarem. W tym momencie paleta zostaje zwolniona, czyli wprowadzona na układ przenośników. W drodze do obszaru składowania system śledzi ruch palety, jednocześnie sprawdzając rozłożenie tego samego asortymentu na regałach magazynowych. Wybrany zostaje ten korytarz, w którym towaru jest najmniej (taki przydział pozwala wyeliminować ryzyko braku dostępu do towaru w przypadku awarii którejś z obsługujących magazyn układnic). Po wyborze korytarza system przydziela miejsce magazynowe, w którym towar zostanie ulokowany, generując jednocześnie dla układnicy zadanie przewiezienia palety w zarezerwowane wcześniej miejsce magazynowe. Cały ten proces nadzorowany jest przez system WMS. Rola człowieka ogranicza się do obsługi systemu. System informuje np. o niedotarciu jakiejś palety lub wskazuje korytarz, w którym doszło do jakiejś niezgodności.

W takim przypadku zadaniem pracowników obsługujących system informatyczny i system mechaniczny jest sprawdzenie, co się stało, i podjęcie działań mających na celu wyeliminowanie błędu. Powyżej opisany został proces przyjęcia towaru do magazynu. Podobnie przebiega wydawanie palet z magazynu na produkcję bądź zgodnie z zamówieniem klienta.

Informacja związana z zamówieniem (produkcyjnym lub sprzedażowym) trafia do systemu informatycznego. W zależności od przyjętych zasad obsługi towary mogą być wydawane zgodnie z JIT – wówczas system kolejkuje zamówienia i obsługuje je według listy – lub zgodnie z FIFO, FEFO czy LIFO. Główna zasada jest jednak zawsze taka sama: wyszukana zostaje właściwa paleta z towarem i wygenerowane zostaje zadanie dla układnicy, polegające na podjęciu palety i przewiezieniu jej na układ przenośników. W zależności od tego, czy paleta ma trafić na produkcję, czy do obszaru wydań, system zleca odpowiednie zadania. Na końcu układu przenośników (np. w obszarze wydań), gdy znajdzie się w nim nośnik, pracownik magazynu skanuje go, dzięki czemu system dostaje sygnał, że paleta opuszcza właśnie obszar zautomatyzowany. Po zatwierdzeniu odbioru pracownik przewozi paletę w miejsce kompletacji bądź też bezpośrednio na pojazd.

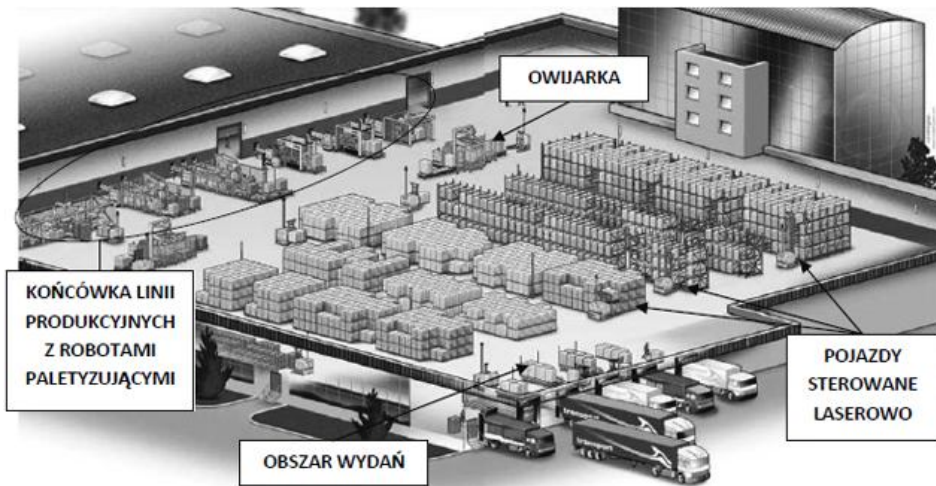
Reasumując, praca człowieka w tego typu magazynach ogranicza się do wprowadzania do systemu informacji o towarze i umieszczeniu go w układzie przenośników oraz do pobrania i załadunku towaru. Resztą zajmuje się system informatyczny.

11.6.2. Automatyizacja procesów kompletacji

Innowacyjnym rozwiązaniem jest zautomatyzowanie końcowych etapów procesów produkcyjnych. Rozwiązanie polega na zastąpieniu pracownika maszynami podczas kompletacji palety, jej owijania, etykietowania i przewożenia do właściwego magazynu. Opracowany został zautomatyzowany system oparty na paletyzacji przez roboty wyrobu, który znalazł się na końcu linii produkcyjnej, a następnie na jego przetransportowaniu do urządzeń owijających i etykietujących za pomocą sterowanych laserowo pojazdów. Cały proces może być nadzorowany za pomocą systemu WMS. Możliwe jest także tworzenie rozwiązań umożliwiających współpracę urządzeń z wózkami widłowymi w otoczeniu regałów magazynowych.

Działanie przykładowego systemu (rys. 11.16): na końcach linii produkcyjnej człowieka zastępuje robot, który odbiera z niej gotowy wyrób i układa go, zgodnie ze strukturą opakowania, na palecie. Skompletowana paleta przewożona jest za pomocą pojazdu sterowanego laserowo do owijarki. Paleta zostaje zabezpieczona, a na końcu tego procesu zostaje do niej dołączona etykieta. Następnie pojazd sterowany laserowo przewozi paletę z gotowym wyrobem do magazynu. Podobnie wygląda kwestia kompletacji palet do wysyłki. Na podstawie zamówienia pojazdy pobierają paletę i przewożą ją do miejsca

kompletacji, skąd pracownik magazynu przewozi ją dalej do właściwego pojazdu. Cały ten proces może być nadzorowany przez system zarządzania magazynem, co zwiększa atrakcyjność tego rozwiązania. W tym systemie można zautomatyzować czynności związane z przemieszczaniem palet pomiędzy działem produkcji a magazynem oraz zastąpić pracowników maszynami podczas przygotowywania palet zgodnie z zamówieniami klientów. Usprawnienie procesów magazynowych nie musi sprowadzać się tylko do pełnego zautomatyzowania magazynu. Może ono dotyczyć wybranych procesów magazynowania i kompletacji .



Rys. 11.16. Schemat zautomatyzowania magazynu [15]

12. Infrastruktura magazynowa

W skład infrastruktury magazynowej wchodzi zespół środków wyposażenia materialnego i informatycznego, które są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania magazynu. Wyróżniamy tu następujące elementy:

- budowle magazynowe,
- place manewrowe,
- techniczne wyposażenie magazynu i środki transportowe (wózki jezdniowe, dźwignice, przenośniki, manipulatory, roboty przemysłowe),
- urządzenia do składowania (legary, klamry, podstawki, stojaki, regały),
- urządzenia pomocnicze wagowe i składowania (rampy, pomosty),
- hardware i software, środki łączności.

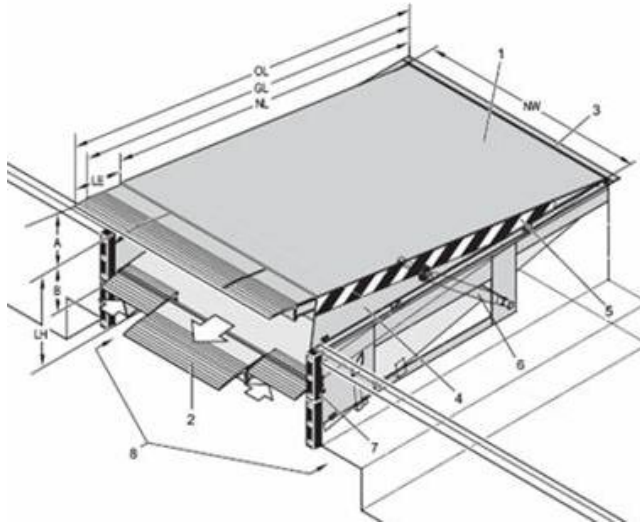
Zawartość powyższych punktów została opisana we wcześniejszych rozdziałach. W ramach uzupełnienia należy dołączyć informacje odnośnie urządzeń pomocniczych, które działają na styku magazynu i transportu zewnętrznego.

12.1. Elementy magazynowych frontów przeładunkowych

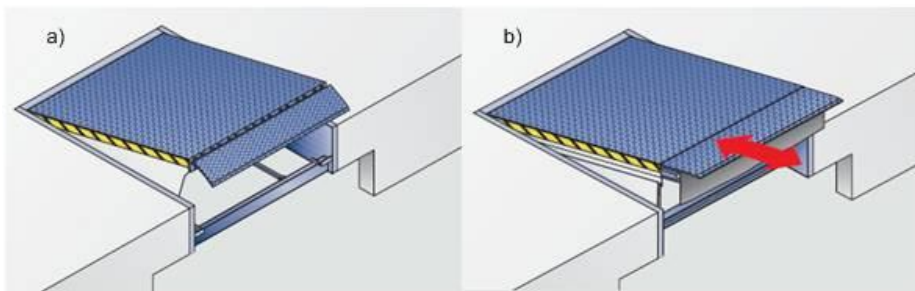
Front przeładunkowy to obszar na którym prowadzone są prace związane z załadunkiem lub wyładunkiem jednostek ładunkowych ze środków transportu zewnętrznego przy użyciu środków transportu wewnętrznego. Przyjmowanie i wydawanie towarów z magazynu wiąże się z koniecznością wyeliminowania charakterystycznych dla tych operacji problemów. Najważniejszy z nich to występująca zazwyczaj różnica wysokości pomiędzy podłogą skrzyni ładunkowej pojazdu dostarczającego (lub pobierającego) towar. Innym ważnym i często występującym problemem jest potrzeba zapewnienia odpowiednich warunków klimatycznych do prowadzenia czynności ładunkowych, co wynikać może zarówno z własności samych towarów jak i niekorzystnego wpływu występujących warunków atmosferycznych.

Kompensacja różnicy wysokości podłogi skrzyni ładunkowej pojazdu oraz podłogi magazynu realizowana jest zazwyczaj przez zastosowanie mostków ładunkowych, które definiowane są jako urządzenia służące do wypełniania przestrzeni między rampą załadowczą lub powierzchniami przeładunkowymi i powierzchnią ładunkową pojazdu, która może znajdować się na różnych poziomach. Typowy mostek ładunkowy z wyszczególnieniem jego parametrów eksploatacyjnych pokazano na rys. 12.1. W konstrukcji mostka ładunkowego elementami krytycznymi są elementy bezpośrednio przenoszące obciążenia wynikające z poruszających się po nich środków transportowych (najczęściej są to wózki unoszące i podnośnikowe). Częścią mostka, która stanowi przedłużenie drogi transportowej dla osób i/lub wózków jest płyta pomostowa. Może być ona dodatkowo wzmocniona podporą, która w postaci belki lub kształtownika montowana jest pod płytą, na skutek czego zwiększona zostaje nośność

konstrukcji. Płyta współpracuje z najazdem, czyli częścią mostka odpowiedzialną za połączenie podłogi magazynu i podłogi skrzyni ładunkowej pojazdu, na której jest wsparta w położeniu pracy. Najazd łączony jest z płytą pomostową obrotowo (nazywa się go wtedy najazdem uchylnym – rys. 12.2a) lub tak ażeby umożliwić jego teleskopowe wysuwanie (najazd teleskopowy – rys. 12.2b).



Rys. 12.1. Schemat mostka ładunkowego [4]: 1 - płyta pomostowa, 2 - najazd uchylny lub teleskopowy, 3 - rama mostka, 4 - podpora, 5 - pasy ostrzegawcze, 6 - siłowniki unoszące, 7 - odbojnice, 8 - wnęka na windę pojazdu. Parametry: NL - długość nominalna, GL - długość pochylni, OL - długość całkowita, NW - szerokość nominalna, LE - długość krawędzi, LH - wysokość mostka, A - poziom podnoszenia, B - poziom opuszczania



Rys. 12.2. Mostki ładunkowe [4]: a- z najazdem uchylnym obrotowym (na zawiasie), b- z najazdem uchylnym teleskopowym.

Przedstawione dotychczas rozwiązania mostków ładunkowych zaliczane są do konstrukcji, które osadzone są w specjalnym gnieździe (kanale) przygotowanym w nawierzchni stanowiska przeładunkowego. Innym rozwiązaniem są mostki montowane na krawędzi frontu przeładunkowego (są to najczęściej fronty posiadające rampę). Elementy składowe takiego mostka (przede wszystkim płyta pomostowa i najazd) niemal w komplecie znajdują się poza konstrukcją stanowiska przeładunkowego. Montaż mostka ładunkowego na krawędzi rampy wpływa także na to, że nośność jaką się charakteryzuje jest niższa od tych rozwiązań, które osadza się w przygotowanych gniazdach. Wynika to z tego, że płyta pomostowa nie jest wzmacniana żadną ramą oraz dodatkowymi podporami, które mogłyby poprawić jej własności wytrzymałościowe.

Bez względu na to jakie rozwiązanie konstrukcyjne mostka ładunkowego zostanie wykorzystane, musi być zastosowany tzw. układu płynnego dostosowania, czyli tryb pracy, w którym mostek oparty na podłodze pojazdu może automatycznie dostosowywać się do jego pionowych przemieszczeń podczas prowadzenia załadunku i wyładunku. Podczas projektowania, wytwarzania i użytkowania mostków należy przestrzegać zasad zestawionych w normie PN-EN 1398 - „Mostki ładunkowe”, a w szczególności:

- Mostki ładunkowe należy zaprojektować w taki sposób, aby ich nachylenie w położeniu roboczym nie przekraczało $\pm 12,5\%$ (ok. $\pm 7^\circ$).
- Szerokość płyty pomostowej mostka powinna być większa o nie mniej niż 0,7 m od rozstawu kół środka transportu przemieszczającego się po niej, ale też nie węższy niż 1,25 m. Wyjątkiem od tej reguły są sytuacje, w których mostki są stosowane w budynkach o otworach drzwiowych węższych niż 1,25 m. Wymaga to wykorzystania mostka o szerokości płyty mniejszej od tego wymiaru. Przy takim rozwiązaniu należy jednak przedsięwziąć dodatkowe kroki minimalizujące niebezpieczeństwo spadnięcia wózka, co uzyskać można np. przez ustalenie niewielkiej odległości między krawędzią stanowiska a pojazdem (rzędu 0,2 m).
- Szerokość płyty pomostowej determinuje sposób określania efektów dynamicznych wywołanych obciążeniem nominalnym. Obciążenie nominalne powiększa się do tego celu o 40 % i wyraża jako obciążenie skupione dla szerokości płyty mniejszej lub równej od 1,25 m lub jako nacisk na jedną oś dla szerokości płyty większej od 1,25 m. Obciążenie skupione przyjmowane jest jako działające na powierzchnię 150 x 150 mm, natomiast nacisk na oś jako obciążenie działające na dwie powierzchnie o wymiarach 150 x 150 mm, których środki rozstawione są w odległości 1 m.
- Powierzchnia płyty pomostowej powinna charakteryzować się własnościami przeciwoślizgowymi, realizowane jest to przez wykonanie

płyty z blachy perforowanej lub pokrycie jej wykładziną zwiększającą współczynnik tarcia.

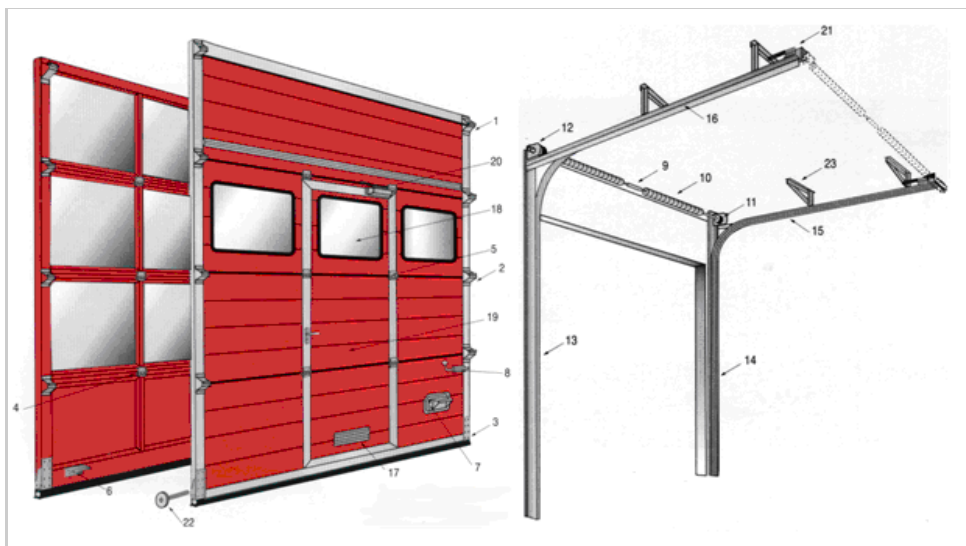
- Pozycją spoczynkową mostków ładunkowych montowanych na krawędzi rampy jest ustawienie płyty pomostowej w pionie, co stwarza niebezpieczeństwo samoczynnego jej opadnięcia. Aby temu zapobiec mostki wyposaża się w blokady mechaniczne uniemożliwiające ewentualne opadnięcie.
- Ustawienie płyty pomostowej do góry, powoduje także zagrożenia wynikające z oddziaływania siły wiatru, która może spowodować opadnięcie płyty. Dlatego mostek powinien zostać zaprojektowany w taki sposób, aby ciśnienie wiatru rzędu 1 kPa nie powodowało opadnięcia płyty, bez względu na to czy dzieje się to od jej czoła czy tyłu.
- Ustawienie płyty pomostowej w położeniu górnym, generuje także niebezpieczeństwo opadnięcia w wyniku uderzenia wózkami lub innym urządzeniem transportowym. W związku z tym konstrukcję mostka należy zaprojektować w taki sposób, żeby była odporna na uderzenia poziome równe 1 kN/m, rozłożone równomiernie liniowo wzdłuż szerokości urządzenia na wysokości 1m powyżej górnej linii zawiasów i skierowane prostopadłe do płyty pomostowej. Definiowane w ten sposób obciążenie odpowiada uderzeniu przez człowieka lub ręczne środki transportowe.

12.2. Bramy

W ogólnym ujęciu bramy zdefiniować można jako urządzenia służące do zamykania otworów, które przeznaczone są dla ruchu pojazdów i pieszych. W praktyce magazynowej, stanowiska przeładunkowe najczęściej wyposażane są w bramy segmentowe, charakteryzowane jako bramy otwierające się pionowo ze skrzydłem składającym się z pewnej liczby poziomych wzajemnie połączonych segmentów. Przykład takiej bramy wraz wyróżnieniem najważniejszych elementów pokazano na rys. 12.3. W zależności od tego ile miejsca znajduje się w obrębie otworu bramowego oraz jak wysokie jest pomieszczenie, do którego prowadzi ten otwór skrzydła bram segmentowych w położeniu otwarcia mogą przyjmować następujące pozycje: pionową, poziomą, nachyloną pod kątem, z segmentami spiętrzonymi lub złożonymi w pozycji pionowej bądź poziomej (rys. 12.4).

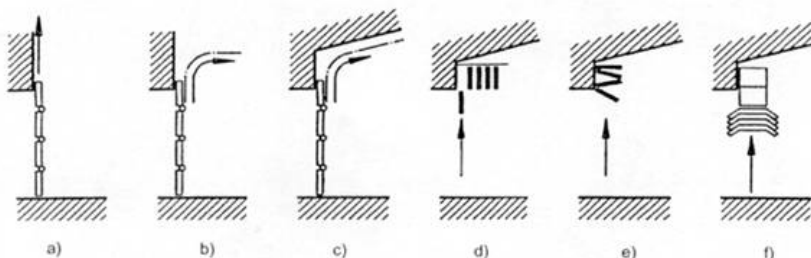
Budowa poszczególnych segmentów oparta być może na różnych materiałach, wśród których spotyka się często blachę aluminiową, blachę stalową galwanizowaną lub nierdzewną, w pełnej, jednolitej postaci lub z wbudowanymi oknami ze szkła lub tworzywa sztucznego. W celu zapewnienia dużej przenikalności światła do wnętrza pomieszczenia stosuje się przezroczyste segmenty tworzywa sztucznego osadzone w przygotowanych do tego celu ramach aluminiowych. Innym, charakterystycznym przypadkiem są

bramy, które spełniać muszą wysokie wymagania dotyczące izolacyjności w stosunku do otaczającej budynek atmosfery. Wysoka izolacyjność jest w tym przypadku uzyskiwana przez wtryskiwanie pomiędzy blachy z wymienionych wcześniej materiałów pianki poliuretanowej (na szerokość nawet 40÷50 mm) zapewniającej efektywne powstrzymanie przenikania ciepła lub zimna do magazynu.



Rys. 12.3. Przykład bramy segmentowej [41]: 1-zawias górny, 2-zawias boczny, 3-zawias dolny, 4-zawias środkowy, 5-zawias drzwi przejściowych, 6- stopka dociskająca, 7-uchwyt, 8-zamek, 9-łącznik wałka, 10-sprężyna skrętna, 11-bęben, 12-podpora wałka z łożyskiem, 13-kątownik prowadnicy pionowej, 14, prowadnica pionowa, 15-kątownik prowadnicy poziomej, 16-prowadnica pozioma, 17-kratka wentylacyjna, 18-okno z uszczelką, 19-drzwi przejściowe, 20-samozamykacz drzwi przejściowych, 21-ogranicznik, 22-rolki prowadzące, 23-podwieszenia prowadnic poziomych.

W sytuacjach, w których do dyspozycji jest ograniczona ilość miejsca wokół otworu bramowego oraz pod dachem wewnątrz budynku magazynowego, zastosowane mogą zostać bramy składane (zwane także rozsuwanymi). Bramy tego typu definiowane są jako bramy wyposażone w dwa (lub więcej) rozwierane skrzydła osadzone na zawiasach, prowadzone i/lub podparte na górze i/lub na dole. Zastosowanie bramy tego typu pokazano na rys. 12.5.



Rys. 12.4. Schematy pozycji skrzydeł bramy segmentowej podczas zamykania: a– pionowa, b – pozioma, c– nachylona pod kątem, d– z segmentami spiętrzonymi lub złożonymi pionowo, e,f – z segmentami spiętrzonymi lub złożonymi poziomo [4].



Rys. 12.5. Przykład zastosowania bramy składanej [41]

Alternatywą dla obu przedstawionych rozwiązań konstrukcyjnych bram mogą być tzw. bramy rolowane (rys. 12.6), montowane przede wszystkim wtedy, gdy brak jest miejsca na składanie elementów w okolicach otworu bramowego i na manewrowanie środkami transportu wewnętrznego. Zasada działania bramy rolowanej polega na nawijaniu specjalnie profilowanych elementów aluminiowych lub stalowych, z których składa się skrzydło, na wałek umiejscowiony ponad otworem bramowym budynku.

Konstrukcją, której funkcjonowanie oparte jest o te same założenia co bramy rolowane jest tzw. brama szybkiebieżna (rys. 12.7), przy czym jest to rozwiązanie częściej stosowane wewnątrz budynków, np. do oddzielenia poszczególnych stref magazynu lub hali produkcyjnej. Podstawową zaletą tej konstrukcji jest wykonanie skrzydła z elastycznego tworzywa sztucznego (np. polichlorek winylu - PCV), dzięki czemu niewielkie uderzenia, chociażby ręcznych środków transportu, powodują sprężyste odkształcenie bramy, bez jakichkolwiek trwałych uszkodzeń.



Rys. 12.6. Przykład zastosowania bramy rolowanej [41]



Rys. 12.7. Przykład zastosowania bramy szybkobieżnej [41]

Uzupełnieniem stanowiska przeładunkowego wyposażonego w bramę może być zamontowanie wokół niej kurtyny uszczelniającej, której zadaniem jest uszczelnienie przestrzeni między ustawionym na stanowisku przeładunkowym pojazdem a budynkiem magazynowym. Uzyskiwane jest przez dociśnięcie elementów kurtyny do boków i dachu skrzyni ładunkowej pojazdu.

W praktyce stosowane są trzy główne rodzaje kurtyń uszczelniających:

- mechaniczne – składające się z trzech fartuchów z tworzywa sztucznego, montowanych wokół otworu bramy pod odpowiedni kątem, takim aby podczas ustawiania pojazdu przylegały do boków i dachu jego skrzyni ładunkowej,
- pneumatyczne – po ustawieniu pojazdu na stanowisku przeładunkowym, zamontowane wokół bramy specjalne poduszki wypełniane są sprężonym powietrzem, które w konsekwencji dokładnie przylegają do boków i dachu skrzyni ładunkowej.

- piankowe – zbudowanych z kształtek z pianki charakteryzującej się dobrymi własnościami izolacyjnymi (np. pianka poliuretanowa) zamontowanych wokół otworu bramowego. Elementy tych kurtyń z reguły nie dostosowują swojego kształtu do ścianek skrzyni pojazdu a jedynie ją obejmują. W związku z tym największą skuteczność działania uzyskuje się, gdy szczeliny jakie powstają między elementami kurtyń a ściankami skrzyni są stosunkowo niewielkie.

Przedstawione urządzenia pracujące w obrębie frontów przeładunkowych stanowią nieodzowne współcześnie elementy wyposażenia budynków magazynowych. Obok nich, na stanowiskach przeładunkowych montuje się także urządzenia ułatwiające dokowanie pojazdu, jak np. naprowadzacz kół, sygnalizację świetlną czy też mechaniczne blokady kół.

13. Normy techniczne w transporcie

Ogólne

- PN-EN 12507:2005 (U) Usługi transportowe. Wytyczne stosowania EN ISO 9001:2000 w transporcie drogowym i kolejowym, magazynowaniu i dystrybucji towarów przemysłowych.
- PN-EN 60721-3-2:2002 Klasyfikacja warunków środowiskowych. Część 3: Klasyfikacja grup czynników środowiskowych i ich ostrości – Transport.
- PN-ISO 8035:1994 Samochody ciężarowe i autobusy powyżej 3,5 t. Zaczepy holownicze przednie.
- PN-90/S-47013 Samochody ciężarowe, autobusy i trolejbusy. Miejsce pracy kierowcy. Wymagania.
PN-68/M78010 Transport wewnętrzny. Drogi i otwory drzwiowe. Wytyczne projektowania.

Opakowania materiałów transportowanych

- PN-EN 13054:2003 Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością. Metody badań wyznaczania środka ciężkości opakowania
- PN-EN 13117-1:2003 Opakowania transportowe. Skrzynki dystrybucyjne wielokrotnego użytku ze sztywnych tworzyw sztucznych. Część 1: Zastosowanie ogólne.
- PN-EN 13117-2:2002 Opakowania transportowe. Skrzynki dystrybucyjne wielokrotnego użytku ze sztywnych tworzyw sztucznych. Część 2: Wymagania ogólne dotyczące badań.
- PN-EN 13199-1:2003 Opakowania. Systemy opakowań do transportu małych ładunków. Część 1: Wymagania wspólne i metody badań.
- PN-EN 13199-2:2003 Opakowania. Systemy opakowań do transportu małych ładunków. Część 2: System piętrzenia w kolumnach (CSS).
- PN-EN 13199-3:2002 Opakowania. Systemy opakowań do transportu małych ładunków. Część 3: System piętrzenia krzyżowego (BSS).
- PN-EN 14149:2005 Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością i jednostki ładunkowe - Badanie na uderzenia przy przewracaniu.
- PN-EN 22206:1997 Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością. Oznaczenie elementów przed badaniami.

- PN-EN 22206/Ak:1997 Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością. Oznaczenie elementów przed badaniami, pobieranie i przygotowanie opakowań (wyłącznie dla potrzeb krajowych).
- PN-EN 22248:2001 Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością. Metoda badania odporności na uderzenia przy swobodnym spadku.
- PN-EN 24178:2002 (U) Opakowania transportowe z zawartością. Badania systemów dystrybucji. Rejestr informacji.
- PN-EN 24180-1:2002 (U) Opakowania transportowe z zawartością. Postanowienia ogólne dotyczące opracowania programów badań właściwości użytkowych. Część 1: Ogólne zasady.
- PN-EN 24180-2:2002 (U) Opakowania transportowe z zawartością. Postanowienia ogólne dotyczące opracowania programów badań właściwości użytkowych. Część 2: Dane liczbowe.
- PN-EN 28474:2002 (U) Opakowania transportowe z zawartością. Metoda badania odporności przez zanurzenie w wodzie
- PN-EN 28768:2002 (U) Opakowania transportowe z zawartością. Metoda badania odporności na uderzenia przy przewracaniu.
- PN-EN ISO 2233:2002 (U) Opakowania transportowe z zawartością i jednostki ładunkowe. Klimatyzowanie przed badaniami.
- PN-EN ISO 2234:2003 (U) Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością. Metody badania odporności na piętrzenie przy obciążeniu statycznym.
- PN-EN ISO 2244:2003 (U) Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością. Metody badania odporności na uderzenia w płaszczyźnie poziomej.
- PN-EN ISO 2247:2003 (U) Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością. Metoda badania odporności na drgania o stałej niskiej częstotliwości.
- PN-EN ISO 2873:2003 (U) Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością. Metoda badania odporności na niskie ciśnienie.
- PN-EN ISO 2875:2003 (U) Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością. Badanie odporności na natrysk wodą.
- PN-EN ISO 8318:2003 (U) Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością. Metody badania odporności na drgania sinusoidalne o zmiennej częstotliwości.

- PN-EN ISO 13355:2005 (U) Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością i jednostki ładunkowe. Metody badań odporności na drgania pionowe o zmiennej częstotliwości.
- PN-EN ISO 12048:2002 (U) Opakowania. Opakowania transportowe z zawartością. Metody badania odporności na nacisk statyczny.
- PN-EN ISO 16101:2005 (U) Opakowania. Opakowania do transportu materiałów niebezpiecznych. Badanie przydatności tworzyw sztucznych.
- PN-EN ISO 16103:2005 (U) Opakowania. Opakowania do transportu materiałów niebezpiecznych. Tworzywa sztuczne do recyklingu.
- PN-EN ISO 16104:2005 (U) Opakowania. Opakowania do transportu materiałów niebezpiecznych. Metody badań.
- PN-EN ISO 16467:2005 (U) Opakowania. Opakowania do transportu materiałów niebezpiecznych. Metody badań pojemników dużych do przewozu luzem (IBC).

Sprzęt do przemieszczania i podnoszenia ładunków

- PN-EN 1459:2001 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe napędzane ze zmiennym wysięgiem.
- PN-EN 1525:1999 Wózki jezdniowe. Bezpieczeństwo. Wózki bez operatora i ich układy.
- PN-EN 1526:2000 Wózki jezdniowe. Bezpieczeństwo. Dodatkowe wymagania dotyczące funkcji automatycznych w wózkach.
- PN-EN 1551:2002 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe napędzane o udźwigu powyżej 10000 kg.
- PN-EN 1726-1:2001 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe napędzane o udźwigu do 10000 kg oraz ciągniki o sile uciągu do 20000 N włącznie. Część 1: Wymagania ogólne.
- PN-EN 1726-1:2001/A1:2004 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe napędzane o udźwigu do 10000 kg oraz ciągniki o sile uciągu do 20000 N włącznie. Część 1: Wymagania ogólne (Zmiana A1).
- PN-EN 1726-2:2002 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe napędzane o udźwigu do 10000 kg oraz ciągniki o sile uciągu do 20000 N włącznie. Część 2: Dodatkowe wymagania dla wózków z operatorem podnoszonym wraz z ładunkiem oraz dla wózków specjalnie zaprojektowanych do jazdy z podniesionym ładunkiem.
- PN-EN 1755:2002 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Praca w atmosferach potencjalnie wybuchowych. Użytkowanie w gazie palnym, oparach, mgłę i pyle.

- PN-EN 1756-1:2003 Podesty ruchome załadowcze. Platformy podnoszące instalowane na pojazdach kołowych. Wymagania bezpieczeństwa. Część 1: Podesty ruchome załadowcze towarowe
- PN-EN 1757-1:2003 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe ręczne. Część 1: Wózki podnośnikowe
- PN-EN 1757-2:2003 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe ręczne. Część 2: Wózki unoszące widłowe
- PN-EN 1757-3:2004 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe ręczne. Część 3: Wózki platformowe
- PN-EN 1757-4:2004 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe ręczne. Część 4: Wózki nożycowe unoszące
- PN-EN 12999:2005 Dźwignice. Żurawie przeładunkowe
- PN-EN 528: Układnice regałowe. Układ szyn jezdnych dla układnic poruszających się w korytarzach międzyregalowych
- PN-91/M-06503 Dźwignice. Sposoby określania natężenia pracy dźwignic

Rozmieszczenie i zamocowanie ładunków

- PN-EN 29367-1:2000 Rozmieszczenie zamocowań i zabezpieczeń na pojazdach drogowych przeznaczonych do transportu morskiego na statkach typu Ro-Ro - Wymagania ogólne dotyczące samochodów ciężarowych i zespołów pojazdów z wyłączeniem naczep
- PN-EN 29367-2:2000 Rozmieszczenie zamocowań i zabezpieczeń na pojazdach drogowych przeznaczonych do transportu morskiego na statkach typu Ro-Ro - Wymagania ogólne dotyczące naczep

Literatura

- [1] Ambroziak T., Lewczuk K.: Miara poziomu dopasowania kanału dystrybucji do strumienia materiałów. Prace naukowe politechniki Warszawskiej, zeszyt 9, OWPW 2009.
- [2] Aresztyłowski I., Dylewski A.: Środki transportu wewnątrzzakładowego w przemyśle maszynowym. PWN, Warszawa 2001
- [3] Ciesielski K.: Organizacja pomocniczych procesów produkcji. Skrypt Politechniki Poznańskiej
- [4] Dudziński Z., Kizyn M.: Vademecum gospodarki magazynowej. ODDK, Gdańsk 2002.
- [5] Fijałkowski J.: Transport wewnętrzny w systemach logistycznych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003
- [6] Frazelle E.H.: World-class warehousing and material handling, Logistics Management Library, McGraw-Hill Companies, 2002;
- [7] Gęsiarz Z.: Kontenery i urządzenia do ich przeladunku. WKiŁ, Warszawa 2004.
- [8] Gubał M., Popielas J.: Podstawy zarządzania magazynem w przykładach. Biblioteka Logistyka, Poznań 2002
- [9] Janiak M., Kalinkowski A.: Normalnotorowe wagony PKP. WKiŁ Warszawa 2002
- [10] Jakubowski L.: Technologia prac ładunkowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003
- [11] Korzeń. Z.: Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania. Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 1999
- [12] Kosikowski A., Zwierzchowski S.: Analiza organizacji gospodarki towarowej. PWE Warszawa 1998
- [13] Lewczuk K.: Metoda projektowania obiektów logistycznych w aspekcie harmonogramowania procesów transportu wewnętrznego. Rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska, Warszawa 2010
- [14] Lewczuk K.: Zagadnienie logistyczne – pierwszy etap projektowania systemu logistycznego. Zeszyt Logistyczny nr 1, Poznań 2004
- [15] Malanowska I., Fajfer P.: Zastosowanie nowoczesnych technologii mających na celu zwiększenie efektywności zarządzania magazynem. <https://www.ssi-haefer.pl/fileadmin>
- [16] Müller K.: Windhoff CargoSprinter-samochód ciężarowy na szynach. Technika kolejowa w systemach logistycznych. Seria Navigator, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001.
- [17] Nieoczym A.: Transport wewnętrzny i zewnętrzny – wybrane problemy. Monografia, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zarządzania i Administracji Lublin 2011, str. 186, ISBN:978-83-60617-22-9

- [18] Podnieśniński A.: Przestrzeń lepiej wykorzystana, www.logistyczny.com
- [19] Rydzikowski W., Wojewódzka-Król K.: Współczesne problemy polityki transportowej, PWE Warszawa 1997
- [20] Wojciechowski Ł. Punkt krytyczny, www.logistyczny.com
- [21] Wojciechowski Ł.: Idea kompletacji, www.logistyczny.com
- [22] Wojciechowski Ł.: Ręcznie czy automatycznie – kompletacja a warianty wyposażenia magazynu. *Magazynowanie i Dystrybucja*, nr 2/2008;
- [23] Wojciechowski A.: Efektywny proces, www.logistyczny.com
- [24] Wojtasik P.: Systemy sterowania produkcją. Kaban. Warszawa 2000.
- [25] Materiały informacyjne firmy Dexion
- [26] Materiały informacyjne firmy SSI Schäfer
- [27] <http://logifact.pl>
- [28] <http://lwplogistics.pl>
- [29] www.amsort.pl
- [30] www.aporter.pl
- [31] www.crawford.pl
- [32] www.demag.pl
- [33] www.denipro.pl
- [34] www.electric80.com/products-applications
- [35] www.empro.pl
- [36] www.erowa.com
- [37] www.elkom.pl
- [38] www.alog.pl
- [39] www.isl.pl
- [40] www.jungheinrich.pl
- [41] www.hormann.pl
- [42] www.logismarket.pl
- [43] www.logistyczny.com
- [44] www.lke-group.com
- [45] www.mag-ias.com
- [46] www.mecalux.pl
- [47] www.mzpack.pl
- [48] www.nassau.pl
- [49] www.plastech.pl
- [50] www.promag.pl
- [51] www.regalit.pl
- [52] www.techprim.pl
- [53] www.totnet.com.pl
- [54] www.wandalex.pl
- [55] PN 84/N 01800. Gospodarka magazynowa. Terminologia podstawowa.
- [56] PN-91/M-06503 Natężenie pracy dźwignic
- [57] PN-EN 528 Szyny jezdne układnic regałowych