

# PROJEKTOWANIE MAGAZYNÓW

## CZ. 2. – UKŁADY REGAŁOWE

W praktyce projektowania magazynów, jak również działalności operacyjnej trudno sobie wyobrazić magazyn bez wyposażenia go w regały służące do składowania towaru. Poza niewielkimi wyjątkami regały służą logistykom w ich codziennej działalności polegającej na magazynowaniu, kompletacji czy też konsolidacji i przygotowania do wysyłki.

W obliczu bardzo dużej ilości rozwiązań technicznych znajdujących się na rynku spróbujemy odpowiedzieć na pytanie: jak prawidłowo zaplanować magazyn, korzystając z asortymentu regałów, aby zapewnić najwłaściwszą ich funkcjonalność?

### Typologia – czyli jak dopasować regał do typu zadania?

Ze względu na rodzaj funkcji, jaką regały mogą spełniać w magazynie, dzielimy je zasadniczo na następujące grupy:

- regały służące do składowania zapasu towarowego;
- regały służące pobraniu (kompletacji) towaru dla realizacji zamówienia;
- regały konsolidacyjne<sup>1</sup>.

Biorąc pod uwagę sposób realizacji zadań we wszystkich wymienionych grupach, regały dzielimy na:

- bez wsparcia innych elementów mechanicznych;
- ze wsparciem dodatkowych elementów mechanicznych<sup>2</sup>.

W kolejnych krokach spróbujemy przybliżyć różne rodzaje regałów ze względu na ich specyficzną konstrukcję i zastosowania.

O ile oczywiste wydaje się zagadnienie sposobu składowania towarów gabarytowych lub też grup zapasu na nośnikach logistycznych takich jak palety, to składowanie towarów drobnych wymaga podejścia operacyjnego. Tak więc z uwagi na sposób realizacji zadań kompletacji regały dzielimy ze względu na funkcjonalność w następujący sposób:

- regały do składowania pojedynczych sztuk towaru lub opakowań<sup>3</sup>;
- regały do składowania pojedynczych sztuk towaru w jednostkach zbiorczych takich jak palety, kartony, zgrzewki lub pojemniki.

### AUTOR: Robert Lubandy

Absolwent Politechniki Śląskiej i Akademii Leona Koźmińskiego. Od prawie 24 lat związany zawodowo z logistyką. Jako dyrektor logistyki w zakładzie produkcyjnym branży metalowej odpowiadał za logistykę magazynową i nadzór nad produkcją. Potem był dyrektorem ds. sprzedaży rozwiązań automatyzacji magazynowej w Europie Wschodniej. W ciągu prawie sześciu lat zaprojektował ponad 200 magazynów i rozwiązań automatyzacji magazynowej w branżach FMCG, części zamiennych, lekarstw i produkcyjnej. Od 2008 r. działa samodzielnie z własną firmą na rynku usług konsultingowych w krajach Europy Wschodniej. Projektowanie i symulacje wspomagane komputerowo oraz projekty, w których bezpośrednio zarządzał dużymi zespołami pracowników, dają mu obszerną wiedzę praktyczną o logistyce. W 2012 i w 2021 r. laureat nagrody CONSTANTINUS AWARD przyznawanej przez Austriacką Izbę Gospodarczą za zajęcie pierwszego miejsca w kategorii Międzynarodowego Projektu Doradczego.



Chciałbym w tym miejscu zaznaczyć, że składowanie zapasu na paletach, na których jednocześnie prowadzone są procesy kompletacji pojedynczych sztuk towaru, stanowią wyjątek stosowany jedynie w kilku branżach, np. w dystrybucji produktów żywnościowych lub drobnego AGD. Rozwiązanie to jednak wymaga ściśle reglamentowanej zasady, według której towar zaliczany jest do zapasu lub do strefy kompletacji. Niejednokrotnie oprogramowanie WMS nie jest dostosowane do tego typu hybrydowego podejścia operacyjnego do towaru, co prowadzi do zakłóceń w procesie kontroli stanu magazynowego i jest przyczyną wielu pomyłek w magazynie.

Wymieniony przykład świadczy o zasadniczej różnicy w działaniu strefy magazynowej wyposażonej w regały i jest istotnym zagadnieniem, które rozwiązujemy podczas procesu projektowania – **funkcjonalność regału!**

<sup>1</sup> Celowo wyznaczono tę grupę regałów, gdyż zasadniczo mogą się różnić od pozostałych grup regałów specyficznym wyposażeniem dodatkowym, co powoduje, że swoje funkcje wypełniają w ściśle określonej strefie magazynu.

<sup>2</sup> Rozwinięcie tego zagadnienia nastąpi w dalszej części tekstu – są to niezależne od konstrukcji regału urządzenia wspierające procesy realizowane za pomocą danego typu regału.

<sup>3</sup> Przy zachowaniu zasady, że opakowanie jest wystarczającym zabezpieczeniem towaru przed zniszczeniem podczas operacji.

Gdybyśmy spojrzeli jeszcze na fizyczne zjawiska zachodzące w układach regałowych, zarówno te wymuszone mechanicznie, jak i naturalne<sup>4</sup>, to regały można podzielić na:

- statyczne, gdzie składowanie towaru odbywa się jedynie dzięki przejęciu sił wynikających z ciężaru składowanego nieruchomo towaru;
- dynamiczne, w których obok sił statycznych występują obciążenia dynamiczne powstałe na skutek przemieszczenia się w nich towaru<sup>5</sup> lub w pojawiających się w wyniku ruchu całego układu regałowego<sup>6</sup>.

Ten podział ma istotne znaczenie dla wyznaczenia obciążenia na posadce magazynowej, czemu poświęcimy jeszcze uwagę w dalszej części artykułu.

Pozostając w zagadnieniach statyki, warto jeszcze wspomnieć o jednej kategorii regałów, które można opisać i podzielić na:

- regały wolnostojące, tj. takie, które w swojej konstrukcji stanowią samodzielne jednostki konstrukcyjne niezwiązane z innymi elementami poza podłożem – regały takie przenoszą zasadniczo jedynie obciążenia wynikające z masy składowanego towaru oraz masy własnej z wyposażeniem;
- regały związane, czyli regały, które stanowią układ statyczny wspierający np. elementy antresoli, gdzie poza obciążeniem towarowym konieczne jest uwzględnienie sił wynikających z obciążenia roboczego platformy lub przemieszczanych na nich innych urządzeń, np. suwnic.

## Zasady planowania układów regałowych

To jeden z najbardziej interesujących procesów planowania całości magazynu i wymaga określonej metodologii, którą tutaj spróbujemy przybliżyć i opisać.

Stojąc w obliczu przygotowania projektu magazynu, którego częścią są regały lub całe układy regałowe<sup>7</sup>, przystępujemy zwyczajowo do określenia grup towarowych, ich zakresów rotacji oraz sposobu realizacji zadań związanych ze składowaniem lub wydaniem danej grupy SKU. Aby wprowadzić transparentność w takiej analizie, najczęściej zaczynamy od określenia grup gabarytowych lub fizycznych właściwości



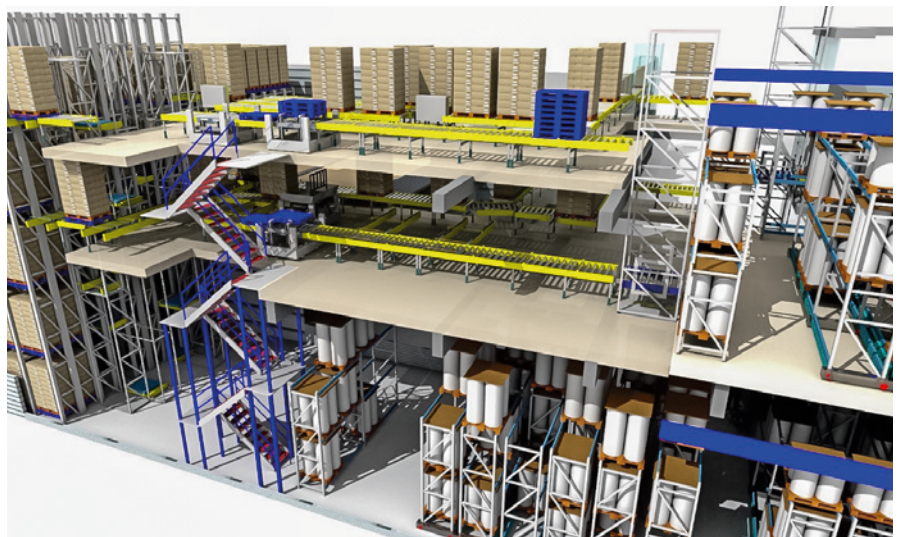
Fot. 1. Regał paletowy przejezdny (źródło: materiały własne LLS)

towaru, który kwalifikuje go do określonej grupy regału.

Na przykładzie branży dystrybucji leków omówimy zasady wynikające z rekomendacji GDP<sup>8</sup>, gdzie jasno określone są grupy SKU mogące znajdować się w bezpośrednim swoim sąsiedztwie, a które grupy należy wyizolować do oddzielnej strefy.

W przypadku branży części zamiennych stosowany będzie czyściej podział ze względu na wymiary, kryterium kruchości, łatwości czy też na produkty gumowe w postaci opon.

W każdej z wyodrębnionych grup towarowych zalecamy przeprowadzenie analizy rotacji towaru z uwzględnieniem tzw. żywotności towaru<sup>9</sup>. Nakładając w kolejnym kroku tzw. długość magazynu, czyli liczbę dni zapasu w danej grupie asortymentowej, pojawi się pierwsza estymacja pozwalająca na wstępne określenie typów i ilości danego rodzaju regału.



Rys. 1. Układ regałów przejezdnych w połączeniu z suwnicą (źródło: materiały własne LLS)

<sup>4</sup> Grawitacja.

<sup>5</sup> Np. w regałach grawitacyjnych lub z wymuszonym przemieszczeniem za pomocą mechanizmów wspomagających, jak np. wózki shuttle.

<sup>6</sup> Regały przesuwne.

<sup>7</sup> W tym znaczeniu rozumiane jako wielozadaniowe systemy regałów połączone funkcjonalnie i/lub fizycznie ze sobą, tworząc całościowe rozwiązanie dla postawionego zadania planistycznego.

<sup>8</sup> Good Distribution Practice.

<sup>9</sup> Kryterium wskazujące, jak trwały jest zakres rotacji danego towaru w przeciągu jednostki czasu.



Zasadniczym jednak pytaniem pozostanie to dotyczące podziału na strefy przechowywania zapasu i strefy kompletacji. To właśnie na tym etapie popełnianych jest najwięcej błędów podczas planowania magazynu. Przeświadczenie o tym, że powinniśmy rozłożyć możliwie największą ilość towaru na możliwie najmniejszej liczbie regałów, jest tylko z pozoru prawidłowe. W praktyce operacyjnej ważne jest, aby zachować maksymalną przepustowość procesów, a co za tym idzie – należy rozdzielić funkcje składowania zapasu od procesów kompletacyjnych. Przecinanie się dróg i procesów operacji zatowarowania i pobrania do zamówienia powoduje wzajemne zakłócenia pracy i stwarza dodatkowo wyzwania podczas porządkowania zapasu lub inwentaryzacji.

Do najczęściej przytaczanych argumentów za takim błędnym podejściem do planowania regałów jest brak odpowiedniej funkcjonalności w oprogramowaniu WMS lub/i przeświadczenie planującego o tym, że posiadanie zapasu towarowego w jednym gnieździe<sup>10</sup> regałowym z jednoczesną możliwością pobrania sztuki towaru do zlecenia ułatwia zarządzanie magazynem. Brak krytycznej oceny i wyliczeń dla efektywności procesowej, strat czasu i operatywności w magazynie (porządkowanie towaru i jego sortowanie przy zmianie sezonu, inwentaryzacja, sprzedaż w ramach promocji itd.) są powodem niepodejmowania starań podczas planowania na rozdzielanie stref funkcjonalnych w magazynie i wyposażenie ich w różne typy regałów – np. zamiast tylko regałów paletowych, stworzenie dodatkowej strefy kompletacji z regałami przepływowymi zasilanymi zapasem z palet.

Tak więc po przeprowadzeniu wstępnej analizy rotacji i zapasu towaru w danej grupie asortymentowej przystępujemy do iteracyjnej analizy przestrzeni w tym drogi potrzebnej do przemieszczenia podczas kompletacji w danej strefie. Tego typu iteracje można prowadzić np. przy pomocy symulacji procesowej lub nanosząc kolejne grupy regałów na schemacie przyszłego magazynu, sprawdzając jednocześnie długości korytarzy. Bardzo pomocne w tym etapie planowania jest także wprowadzenie estymacji wydajności indywidualnej dla danego procesu i wskaźniki wartości<sup>11</sup> zarówno procesu, jak i CAPEX<sup>12</sup>.

Równie często zapominamy w procesie planowania systemów regałowych o uwzględnieniu czasu związanego z częstotliwością ich wypełnienia – uzupełnienia zapasu np. w strefie kompletacyjnej. Na przykładzie procesu kompletacji bezpośrednio z kartonów można prześledzić zależność, z której wynika efektywność procesu uzupełnienia jednego typu SKU w przypadku regału półkowego w porównaniu z regałem przepływowym. W obu przypadkach dostawę realizujemy za pomocą transportu nośnika logistycznego



Fot. 2. Przykład wykorzystania regału paletowego przepływowego do procesu kompletacji często zmieniającego się asortymentu produktów szybkiej rotacji (źródło: materiały własne LLS)

zbiorczego, np. palety. Niemniej uzupełnienie regału przepływowego większą ilością kartonów równocześnie spowoduje wydawnie zmniejszenie drogi przejazdu w relacji do jednej lokalizacji.

Tego typu analizy należy oczywiście prowadzić, mając w zanzardzu analizę częstości pobrań lub ABC rotacji towarowej w jednej strefie. Warto również podczas takiej analizy pokusić się o stworzenie większej liczby przedziałów niż klasyczne trzy grupy. Wynika to często z potrzeby dokładniejszej analizy rotacji przy większej ilości SKU w magazynie, tak aby jeszcze dokładniej dopasować konfigurację regału.



Fot. 3. Przykład konfiguracji regałowej strefy kompletacji z wieloma zakresami rotacji towaru (źródło: materiały własne LLS)

<sup>10</sup> Lokalizacji adresowej w układzie regałowym.

<sup>11</sup> Może to być np. wartość roboczo-godziny wózka lub pracownika w danym procesie i używanych przez niego środków produkcji.

<sup>12</sup> Wartość inwestycji w ujęciu kolejnych lat użytkowania z uwzględnieniem wartości odtworzeniowych.

Przykładem może być konfiguracja klasycznej stacji kompletacji do pojemnika na przenośniku umieszczonym na ramie regału przepływowego. Nie dość, że w takim przypadku różnicujemy głębokość łoża takiego regału, to jeszcze różnicujemy konfigurację półek w regałach półkowych znajdujących się za plecami operatora. Można zatem wydzielić dodatkową grup rotacji, które umieścimy albo na regale czołowym lub też w na półkach o podwójnej głębokości w pierwszych sekcjach regałowych, aby zwiększyć głębokość zapasu i zmniejszyć intensywność uzupełnień.

## Zagadnienia statyki i bezpieczeństwa pracy układów regałowych

Oprócz norm, którymi kierują się dostawcy systemów regałowych, istnieje cały szereg innych uwarunkowań (w tym zasad bezpieczeństwa i budowlanych), które są indywidualnie związane z konkretnym budynkiem.

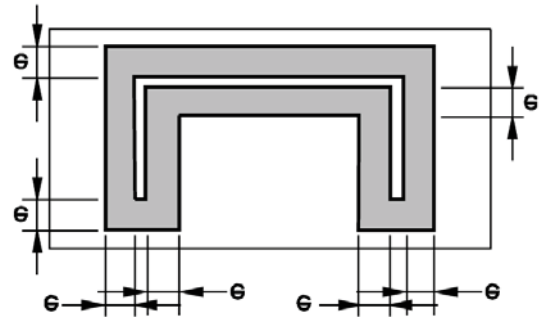
W niniejszym tekście nie będę nakreślał istotnych ograniczeń związanych z ochroną ppoż., gdyż jest to w Polsce bardzo często proces związany z niejednoznaczną interpretacją przepisów i norm oraz oczekiwań ubezpieczyciela. Zarówno planistom, jak i dostawcom pozostaje w takiej sytuacji odpowiednio wczesne prowadzenie konsultacji z przedstawicielami organów decyzyjnych o zabezpieczeniu ppoż.

Osobnym zagadnieniem są kwestie doboru i konfiguracji regałów ze względu na właściwości posadzki w hali magazynowej.

W ten sposób docieramy do na wstępie wymienionego kluczowego parametru nośności posadzki. W przedkładanych nam przez inwestorów dokumentach wykonawczych posadzek jak mantra powtarzane jest podanie równomiernego obciążenia roboczego w zakresie 50–60 kN/m<sup>2</sup> i punktowego (skupionego) w zakresie 50–65 kN na stopę o powierzchni 150 x 150 mm.

O ile 20–30 lat temu występujące konstrukcje słupów nośnych opierały się na masywnych profilach gorąco walcowanych i wymiar podstawy był określony przez wielkość strefy koniecznej dla procesu spawania, o tyle w nowoczesnych konstrukcjach regałowych wymiar stopy słupa regałowego bardzo się różni pomiędzy poszczególnymi dostawcami. W tej sytuacji konieczne jest wydanie na etapie projektowania dopuszczalnych nacisków powierzchniowych na posadzkę betonową hali. Też wielkości jednak brakuje

najczęściej w przytoczonych dokumentacjach wykonawczych. Błędem byłoby także przyjęcie, że możliwe jest wyliczenie tej wartości na podstawie danych o siłach osiowych i wielkości płyty stopy słupa. Na przeszkodzie stoi bowiem tzw. czynna powierzchnia przenoszenia obciążeń słupa na stopę. Zależy ona od kilku parametrów, w tym od grubości materiału użytego do wykonania stopy oraz sam kształt profilu słupa.



Rys. 2. Wyznaczenie strefy aktywnej na stopie regałowej przenoszącej obciążenia na posadzkę (źródło: DIN 15 512)

W praktyce powierzchnia czynna mieści się w granicach pomiędzy 50 a 60% powierzchni całkowitej stopy regałowej i brak danych o rzeczywistych naciskach powierzchniowych dla przygotowanej posadzki prowadzi do jej miejscowych uszkodzeń. I także tutaj potwierdza się zasada projektowania wstępnego systemu regałowego i wydanie właściwych parametrów firmie budowlanej.

Skutecznym sposobem rozkładu obciążeń na posadzkę zabezpieczającym ją przed uszkodzeniami jest tzw. rozproszenie obciążenia na wiele punktów pośrednich. W ten sposób można realizować projekty antresol samonośnych bazujących na konstrukcji regałowej stanowiącej jej szkielet. Ilość zastosowanych oparć słupów regału na posadzce skutecznie rozprasza siły osiowe na wiele punktów. Pamiętajć jednak należy podczas projektowania także o innych parametrach jak koszty w przeliczeniu na powierzchnię czynną składowania, grubości profilu słupa wprost wpływające na cenę instalacji i jednocześnie przyszłe zabezpieczenie ppoż.

Dokonując wstępnych analiz obciążenia posadzki w projekcie systemu regałowego, musimy pamiętać o złożeniu wszystkich składowych przyszłych obciążeń występujących w trybie operacyjnym takiej konstrukcji. W naszej praktyce projektowej dokonujemy oprócz analizy wyznaczenia pojemności antresoli także wstępnej analizy obciążeń uwzględniających m.in.:

- masę własną ładunków składowanych w regałach;
- masę własną konstrukcji regałowej (uwaga: istotne różnice przy porównaniu konstrukcji wielu dostawców należy sprowadzić do wspólnego mianownika w oparciu o powierzchnię aktywną składowania i rozmiary słupa i grubości ścianki profilu);
- obciążenia pochodzące od powierzchni antresoli mocowanej do danej sekcji regałowej;
- masę mocowanych do słupów regałowych rurociągów tryskaczowych, instalacji elektrycznych lub wentylacyjnych.