

Janusz Fijałkowski¹
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

Racjonalizacja potencjału magazynowego w systemach logistycznych – procedury analityczne i projektowe z przykładem

1. WPROWADZENIE

Pojęcie **potencjału logistycznego (PL)** związane jest ściśle z przekształcaniem strumieni ładunków i związanych z nimi strumieni informacji, ze względu na przestrzeń (transport), czas (magazynowanie) oraz postać (przeładunki, rozdział, kompletacja, konsolidacja itp.). W pojęciu potencjał logistyczny można rozróżnić:

- PL przedsiębiorstwa produkcyjnego czy dystrybucyjnego, zorganizowany w ramach zakładowego systemu logistycznego, który będzie się składać z potencjału magazynowego PM, potencjału transportu wewnętrznego i przeładunkowego PTWP oraz w niektórych przypadkach potencjału transportu zewnętrznego PTZ,
- PL koncernu czy branży, zorganizowany w ramach międzyzakładowych systemów logistycznych, będzie miał strukturę podobną, lecz PTZ będzie występował zawsze,
- PL kraju, zorganizowany w ramach krajowego systemu logistycznego, będzie obejmował wymienione wyżej elementy, tj. PM, PTWP, PTZ wraz z pełną ich infrastrukturą i centralnym zarządzaniem lub tylko koordynacją.

Potencjał magazynowy (PM) można podzielić na:

- potencjał magazynowy statyczny (PMS), który odniesiony jest do funkcji buforowych realizowanych głównie w strefach składowania magazynu, mierzony pojemnością tej strefy,
- potencjał magazynowy dynamiczny (PMD) odniesiony do przepływu strumieni ładunków przez magazyn, a w szczególności do funkcji: wyładunkowych, przyjęcia, przemieszczania międzystrefowego, przemieszczania w strefach, rozdzielania, kompletowania, konsolidacji oraz wydawania i załadunku; miarą PMD jest natężenie przepływu strumienia ładunków liczone w jednostkach ładunkowych na zmianę, dobę czy rok.

2. JAK OKREŚLANY JEST DZISIAJ POTENCJAŁ MAGAZYNOWYM W POLSCE?

Wg publikacji Instytutu Logistyki i Magazynowania pt. *Logistyka w Polsce Raport 2011*, dysponuje się w Polsce około 70 mln. m² powierzchni magazynowych. Po okresowym zahamowaniu, rysuje się intensyfikacja tego potencjału.

Jest to oczywiście potencjał statyczny - PMS. Problematiczna jest jednak miara tego potencjału, wyrażona wielkością powierzchni magazynowej liczonej w m² gdyż:

- nie podaje ona pełnych rzeczywistych zdolności **magazynowania**², co zostanie uzasadnione w p. 3.,
- nie podaje nawet możliwych zdolności **składowania**, co uzasadnia poniższy wywód.

Wielkość powierzchni magazynowej wyrażonej w m², jako parametr wskazujący potencjalną pojemność strefy składowania magazynu, była miarodajna, gdy magazyny jako budowle przemysłowe miały w Polsce

¹ hsjf@poczta.onet.pl

² Magazynowanie obejmuje cały proces przejścia strumienia ładunków przez obiekt, począwszy od rampy wejściowej do rampy wyjściowej. Składowanie jest tylko częścią tego procesu.

znormalizowane wysokości (2,4-3,6 m w budynkach wielokondygnacyjnych, 3,6-4,2 w budynkach parterowych oraz do 6,0 m w budynkach halowych). Te wysokościowe moduły budowlane już nie obowiązują, a formy budowlane magazynów są mocno zróżnicowane. Już w roku 1975 firma DEMAG zaprojektowała i wybudowała, a raczej skonstruowała, 2 wysokoprzestrzenne struktury magazynowe o wysokościach około 16 i 20 m. Od połowy lat dziewięćdziesiątych nie buduje się już w Polsce magazynów niższych od 9,0-12,0 m. Nowe urządzenia magazynowe pozwalają od lat na tzw. wysokie składowanie regałowe oraz na znaczne zwężenie korytarzy międzyregalowych, co zwiększa wykorzystanie obudowanych przestrzeni magazynowych. Najlepsze wykorzystanie powierzchni zabudowy i kubatury uzyskuje się w tzw. magazynach wysokoregalowych, w których regały stanowią konstrukcję nośną dla dachu i ścian. Są to tzw. silosy paletowe, których wysokości sięgają w Europie 33,0 m. W tej sytuacji wielkość powierzchni przestała informować o pojemności magazynu.

Od lat siedemdziesiątych w literaturze przedmiotu (m.in. autora) oraz niekiedy w praktyce projektowej, analitycznej (audyt logistyczny) i doradczej używa się określenia: **kubatura magazynu „V”**, jako iloczyn powierzchni „F” i wysokości „H”.

Te trzy miary są dostateczną informacją dla użytkownika (najemcy), który będzie wyposażał magazyn w urządzenia technologiczne we własnym zakresie. Dla obiektów z wyposażeniem technologicznym, informacja zawierająca powierzchnię i wysokość magazynu nie jest już wystarczająca. Bowiem w tej samej kubaturze można uzyskać mniejszą lub większą pojemność strefy składowania. Zależy to od zastosowanej technologii składowania, a ściślej od urządzeń obsługujących regały. Dlatego w tym przypadku potrzebne jest podanie **pojemności magazynu**, liczonej w miejscach paletowych „mp” lub w określonych jednostkach ładunkowych „jł”, czy jednostkach magazynowych „jm”.

Wracając do owej informacji o wielkości powierzchni magazynowych w Polsce, można spróbować określić szacunkowo rozbieżność w pojmowaniu podanej wartości 70 mln m².

Jeżeli przyjmie się niekorzystny, z punktu widzenia użytkownika, przypadek, że średnia wysokość budynków magazynowych wynosi 7,20 m, a średni wskaźnik wykorzystania kubatury obiektu wynosi 11,4 m³/jednostkę ładunkową (tradycyjna technologia i duże powierzchnie stref przyjęcia, wydania i komisjonowania), to uzyska się pojemność magazynu równą: $(70000000 \cdot 7,20) / 11,4 = 44210526$ miejsc paletowych.

Jeżeli przyjmie się korzystny przypadek, że średnia wysokość budynków magazynowych wynosi 9,60 m, a średni wskaźnik wykorzystania kubatury obiektu wynosi 6,8 m³/jednostkę ładunkową (racjonalna technologia oraz antresole nad strefami przyjęć, wydań i komisjonowania), to uzyska się pojemność magazynu równą: $(70000000 \cdot 9,6) / 6,8 = 98.823529$ miejsc paletowych.

Zważywszy, że we współczesnych magazynach spotyka się już coraz częściej ten długi przypadek technologii, to przedstawione wyżej wyniki obliczeń przemawiają za zaniechaniem mierzenia statycznego potencjału magazynowego w m² powierzchni magazynu.

Przykład dużych kłopotów spowodowanych mierzaniem PMS magazynów w m² miał miejsce kilka lat temu. Poważny operator logistyczny wynajmował firmie handlowo-dystrybucyjnej magazyn o powierzchni X m², na której można było w trzypoziomowym składowaniu umieścić „Z” jednostek ładunkowych. W umowie ustalono zapłatę liczoną od wielkości wynajmowanej powierzchni. Po kilku latach operator wybudował nowoczesny wysoki magazyn (6 poziomów składowania i wąskie korytarze międzyregalowe), w którym zmieścił zapas Z na powierzchni 0,35 X m². Firma handlowa długo nie mogła zrozumieć dlaczego operator chciał podwyższyć stawkę na 1 m² trzykrotnie. Nowa umowa dotyczyła nie X m² lecz Z miejsc paletowych ze stawką liczoną od miejsca paletowego.

3. JAK POWINIEN BYĆ MIERZONY POTENCJAŁ MAGAZYNOWY W FIRMIE, W BRANŻY, W POLSCE?

Struktura potencjału magazynowego obejmuje: a/ w zakresie potencjału statycznego - pojemności stref składowania (zdolności buforowe), b/ w zakresie potencjału dynamicznego - wydajności operacyjne w strefach przyjęcia, składowania, komisjonowania, konsolidacji i wydania.

Miary dla poszczególnych elementów w/w struktury są zróżnicowane.

Ad a/. Potencjał statyczny, czyli zdolności buforowe stref składowania mogą być mierzone dwojako:

- dla obudowanych przestrzeni bez wyposażenia technologicznego miarą jest kubatura V_S [m³], wynikająca z powierzchni F_S [m²] i wysokości H_S [m],
- dla obudowanych przestrzeni z wyposażeniem technologicznym (np. z regałami i urządzeniami do ich obsługi) miarą jest pojemność Z_p liczona w miejscach paletowych [mp], którą można uzyskać w kubaturze V_S ; miernikiem efektu rozwiązania przestrzenno–technologicznego jest wartość wskaźnika wykorzystania kubatury $\beta = V_S / Z_p$.

Ad b/. Potencjał dynamiczny mierzony może być wydajnościami:

- strefy składowania przepływami na wejściu $\lambda_{WE_S}^D$ jłpj/dobę i na wyjściu $\lambda_{WY_S}^D$ jłpj³/dobę,
- stref operacyjnych przepływami w procesów przekształcających strumienie ładunków ze względu na postać (rozdział, kompletowanie, konsolidacja) na wyjściu $\lambda_{WY_K}^D$ jłpk⁴/dobę roboczą, oraz niezbędnymi do dokonywania operacji powierzchniami odpowiednio F_M i F_{WZ} .

Wydajności procesów, określających potencjał magazynowy dynamiczny, uwarunkowane są od przyjętego w projekcie magazynu wyposażenia technologicznego i organizacji pracy (harmonogramy realizacji poszczególnych rodzajów czynności przez dobrane środki, tj. urządzenia i kategorie pracy ludzkiej).

PMD może być osiągnięty różnym kosztem, w znaczeniu użytkowym i finansowym. Dla mierzenia tego kosztu służy, sprawdzony w praktyce projektowej i analitycznej (np. w audycie logistycznym) zestaw kryteriów. Zestaw ten obejmuje kryteria wymierne, tj. techniczne (użytkowe) i ekonomiczne (kosztowe) oraz trudnomierzalne (subiektywne).

Kryteria techniczne obejmują [1],[2]:

- pracochłonność sprowadzoną⁵ procesów przepływu ładunków i informacji ze względu na pracę ludzi \bar{R}_L^D i pracę urządzeń \bar{R}_U^D , służących do oceny głównie rozwiązania projektowych technologicznych,
- sprowadzoną liczbę, potrzebnych do realizacji procesów, pracowników \bar{n}_L i potrzebnych urządzeń \bar{n}_U , służących do oceny rozwiązań organizacyjny (harmonogramy).

Kryteria ekonomiczne (kosztowe) obejmują [1], [2]:

- mierniki statyczny i dynamiczny nakładów $\gamma_{N_s} = N / Z_p$; $\gamma_{N_d} = N / P_{WE}^R$, oceniające rozwiązanie technologiczne i organizacyjne ze względu na nakłady na jedno miejsce paletowe i przepływ palety przez obiekt,
- miernik rocznych kosztów przejścia jednostki paletowej przez obiekt $\gamma_{kp} = K_E^R / P_{WE}^R$, oceniający rozwiązanie ze względu na koszt,

- miernik kosztowy organizacyjny $\gamma_{org} = \frac{K^{R_0}}{K_{UT}^R + K_{US}^R + K_{UL}^R}$, oceniający rozwiązanie ze względu na rozłożenie czynności procesu w dobie roboczej (harmonogram).

Kryteria trudnomierzalne (subiektywne) obejmują:

- niezawodność funkcjonalną NF , oceniające ograniczenia czasowe w realizacji procesów,
- zmianę obszarów pracy ZO , oceniającą rozłożenie w przestrzeni miejsc pracy,
- możliwości rozbudowy MR , oceniające możliwości rozbudowy przestrzennej i funkcjonalnej.

³ Jednostka ładunkowa paletowa jednorodna (jłpj)

⁴ Jednostka ładunkowa paletowa skompletowana (jłpk)

⁵ Pracochłonność sprowadzona, do wartości porównywalnych, kosztami poszczególnych kategorii pracy ludzkiej i typami urządzeń.

Znajomość i stosowanie w/w miar i ocen PM jest niezbędne zarówno w stadiach planowania i projektowania jak i w okresie użytkowania, np. dla ustalenia kryteriów oceny wyników audytu logistycznego.

Racjonalizacja omówiona dalszym ciągu artykułu dotyczy głównie potencjału statycznego, tj. zdolności buforowania i odniesiona jest do stadium projektowego (obecnie już zrealizowanego i eksploatowanego) dużego magazynu paletowego, u jednego z większych operatorów logistycznych w Polsce. Potencjał dynamiczny został w przykładzie tylko zasygnalizowany.

4. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA PROCEDURY ANALITYCZNO-PROJEKTOWEJ DLA RACJONALIZACJI TECHNOLOGII MAGAZYNOWANIA ZE WZGLĘDU NA POTENCJAŁ STATYCZNY (POJEMNOŚĆ STREFY SKŁADOWANIA)

W ramach procedury wykonano:

1. zidentyfikowano zadanie logistyczne dla magazynu, w zakresie pojemności strefy składowania,
2. rozwiązano zadanie logistyczne wg projektu pierwotnego,
3. rozwiązano zadanie logistyczne wg projektu racjonalizatorskiego,
4. porównano rozwiązania i dokonano oceny efektów rzeczowych i kosztowych racjonalizacji, sformułowano wnioski.

4.1. Zadanie logistyczne dla magazynu (w wersji skróconej)

Dla celów tego studium potrzebne są:

- ustalenie w ramach zadania logistycznego potrzebnej pojemności strefy składowania, liczonej w zwymiarowanych miejscach paletowych mp; w rozpatrywanym przykładzie pojemność ta powinna wynosić $Z_p = 38\ 000 - 40\ 000$ mp,
- sprawdzenie czy układ strefy regałowej spełnia warunek:

$$m_R \geq n_R^{uj}, \quad (1)$$

gdzie:

m_R - liczba korytarzy międzyregalowych,

n_R^{uj} - liczba potrzebnych do realizacji procesu magazynowego urządzeń (np. wózków), przemieszczających palety w strefie regałowej.

Liczbę tę można obliczyć, dla każdego j-tego typu urządzenia i każdego sprawdzanego układu regałowego, w ramach wymiarowania procesu magazynowego ze wzoru⁶:

$$n_R^{uj} = \frac{2 \cdot Z_p \cdot \varphi \cdot t_c^j}{N_z \cdot t_{l_z} \cdot l_z \cdot \varphi_g^j} \quad (2)$$

gdzie:

φ - średni dobowy współczynnik spiętrzeń dla dostaw i dla wysyłek,

t_c^j - średni czas cyklu transportowego międzyregalowego,

N_z - normatyw zapasu liczony w dobach,

t_{l_z} - czas jednej zmiany;

l_z - liczba zmian pracy,

⁶ Wyprowadzenie wzoru w załączniku.

φ_g - współczynnik zmniejszający z tytułu wykorzystania czasu pracy, gotowości technicznej urządzeń i zmiany obszaru pracy.

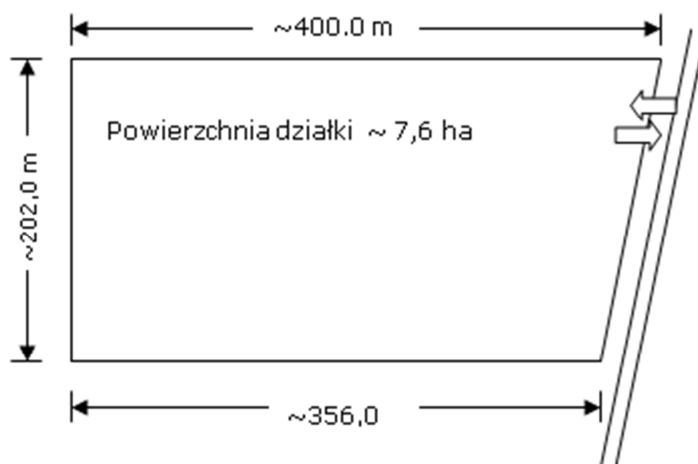
Niespełnienie warunku 1. wymaga do przekonstruowania układu strefy składowania. Wartości liczbowe w/w parametrów przyjęto w rozwiązaniach zadania logistycznego.

4.2. Rozwiązanie zadania logistycznego wg projektu pierwotnego

Podstawowymi ustaleniami projektowymi rozwiązania technologicznego strefy składowania obiektu magazynowego, przewidzianego do zlokalizowania na działce o powierzchni około 76 000 m² (rys. 1), są:

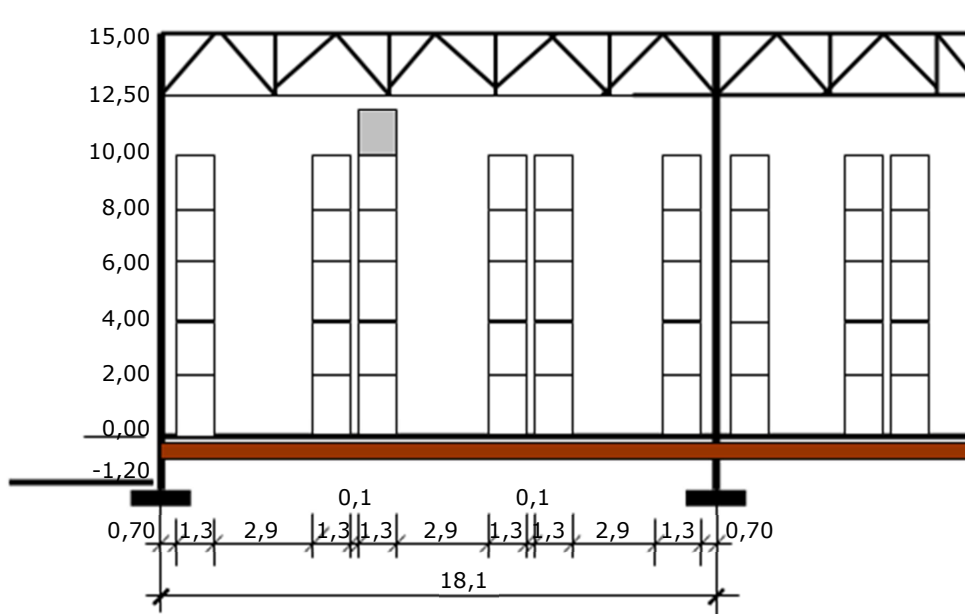
- wybrany wózek podnośnikowy czołowy z wysuwnym masztem typu MF, umożliwiający uzyskanie składowania w sześciu poziomach do wysokości 10,0 m. i wymagający korytarza międzyregałowego o szerokości 2,9 m.; wynik ustaleń pokazano na przekroju poprzecznym modułu magazynu (rys. 2.),
- zlokalizowany na działce obiekt magazynowy o wymiarach 254,0x96,0x15,0 m. i powierzchni zabudowy około 25.000 m², co daje kubaturę magazynu $V_M = 254 \cdot 96 \cdot 15 = 365760 \text{ m}^3$ i pozostawia wolną powierzchnię działki około 16000 m²; wynik ustaleń pokazano w postaci szkicu na rys. 3,
- ustalony schemat konstrukcyjny i funkcjonalno-przestrzenny magazynu z wymiarami osiowymi, w którym uzyskano 14 podłużnych modułów konstrukcyjnych., po 3 korytarze międzyregałowe w każdym module ($m_R = 14 \cdot 3 = 42$) oraz po 25 trzy- paletowych gniazd regałowych w każdym z dwóch sześciopoziomowych rzędów w korytarzu; wynik ustaleń to schemat konstrukcyjny na rys. 4 oraz obliczona pojemność strefy składowania magazynu: $Z_p = 14 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 25 \cdot 3 \cdot 6 = 37.800$ miejsc paletowych,
- średni czas regałowego cyklu transportowego, obliczony dla ustalonej długości korytarza międzyregałowych i parametrów urządzenia typu MF - $t_c^{jp} = 0,045h$,
- dane do wymiarowania magazynu: $N_z = 30$ dni, $l_z = 2$, $t_{l_z} = 8h$, $\varphi = 1,45$, $\varphi_g = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,765$, nakłady na 1 m³ hali $k_B = 100$ zł/m³, nakłady na jedno urządzenie $k_T = 115000$ zł/szt.,
- mierniki rzeczowy oceny rozwiązania projektowego w postaci wskaźnika kubaturowego $\beta_M = V_M : Z_p$,
- miernik nakładów na jedno miejsce paletowe $\gamma_N = (V_M \cdot k_B + n_{R_g}^{U_j} \cdot k_T) : Z_p$,
- sprawdzony warunek (1): $n_R^{jp} = \frac{2 \cdot 37800 \cdot 1,45 \cdot 0,045}{30 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,765} \cong 14 < m_R = 42$.

Wyniki powyższych ustaleń oraz obliczenia wskaźników 1 w tablicy 1, w wierszu 1.



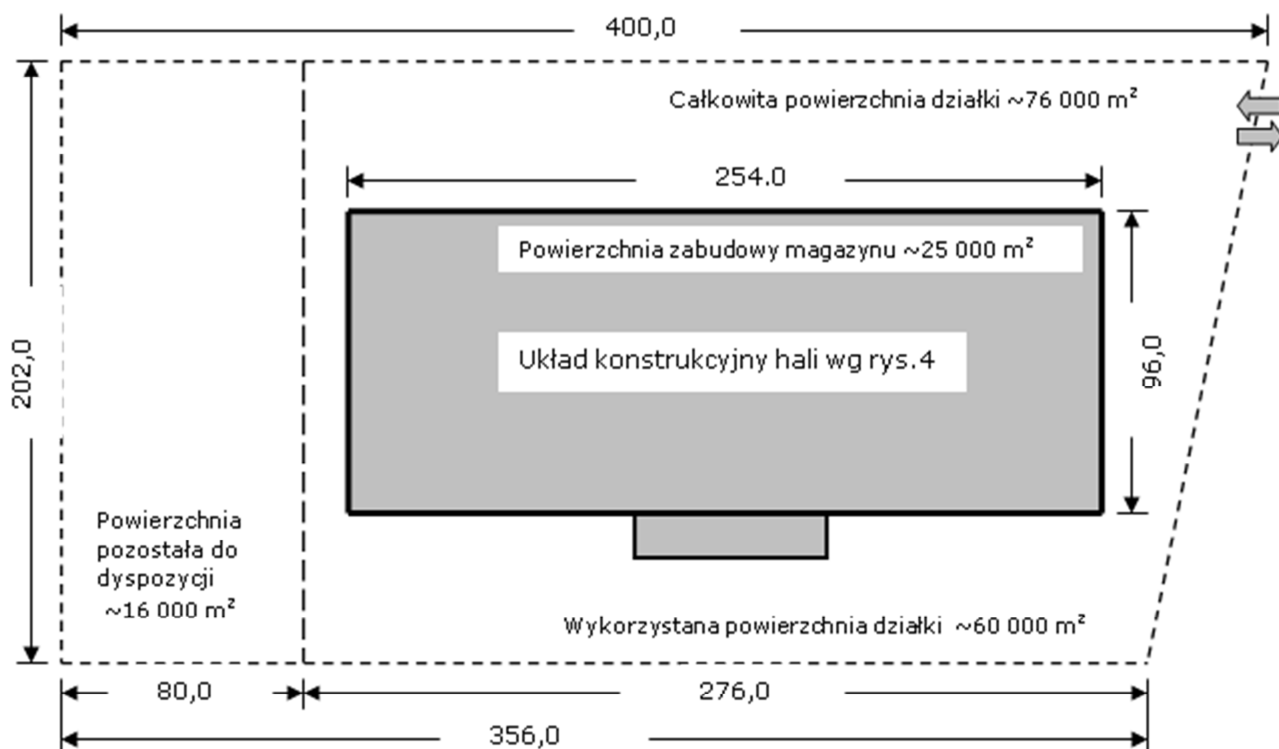
Rys. 1. Kształt i wymiary działki pod zabudowę

Źródło: opracowanie własne.



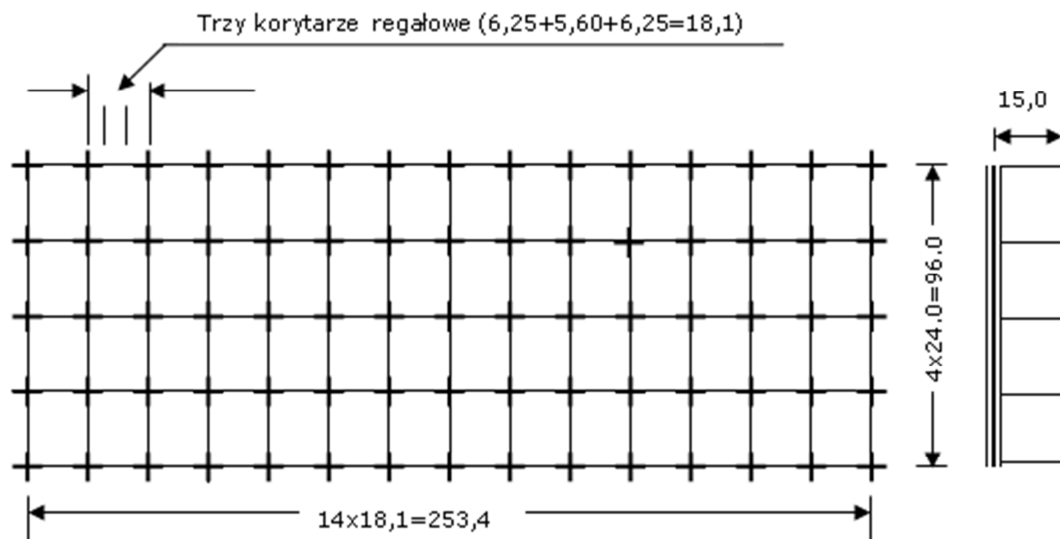
Rys. 2. Przekrój poprzeczny modułu magazynu w wersji pierwotnej (253,4x96,0 m)

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3. Szkic sytuacyjny obiektu magazynowego w wersji pierwotnej

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Szkic konstrukcyjny magazynu w wersji pierwotnej

Źródło: opracowanie własne.

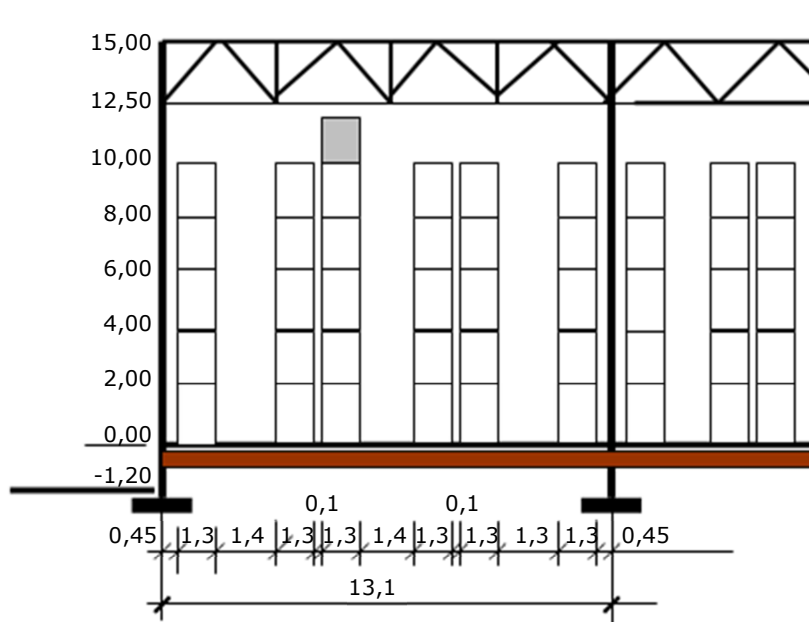
4.3. Racjonalizacji projektu pierwotnego⁷

Podstawowymi ustaleniami projektowymi racjonalizacji projektu podstawowego są:

- wybrany wózek podnośnikowy boczny z widłami teleskopowymi typ MQ, umożliwiający uzyskanie składowania w sześciu poziomach do wysokości 10,0 m. i wymagający szerokości korytarza międzyregalowego 1,4 m; wynik ustaleń racjonalizatorskich w postaci zamiennego przekroju poprzecznego modułu magazynu przedstawiono na rys. 5; wyraźny jest na nim zmniejszony wymiar modułu konstrukcyjnego z 18,1 m do 13,1 m, (czyli o około 28%), w którym mieszczą się również 3 korytarze regałowe, o pojemności jak w rozwiązaniu pierwotnym,
- ustalony schemat konstrukcyjny i funkcjonalno-przestrzenny magazynu (rys. 6), w którym uzyskano podobnie jak w wersji pierwotnej $Z_p = 37800$ miejsc paletowych,
- zlokalizowany na działce obiekt magazynowy o wymiarach w planie 184,0x96,0x15,0 m i powierzchni zabudowy około 17 700 m² (rys. 7), o kubaturze magazynu $V_M = 184 \cdot 96 \cdot 15 = 264960$ m³, z pozostawioną wolną powierzchnią działki około 38000 m²,
- średni czas cyklu transportowego $t_c^{jr} = 0,0375 h$, obliczony dla parametrów urządzenia typu MQ,
- dane o nakładach na urządzenie typu MQ $k_{Tr} = 300000$ zł/szt.
- pozostałe ustalenia jak w p. 4.2.

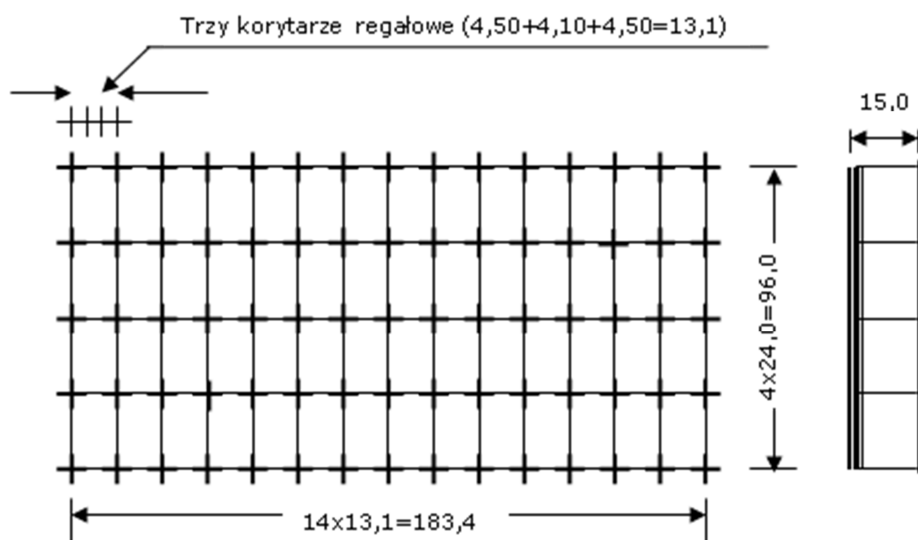
Wyniki powyższych ustaleń wraz z obliczonymi w p 4.4 wskaźnikami zestawiono w tablicy 1, w wierszu 2.

⁷ Przykład pochodzi z własnej praktyki projektowej autora i dotyczy zrealizowanego obiektu.



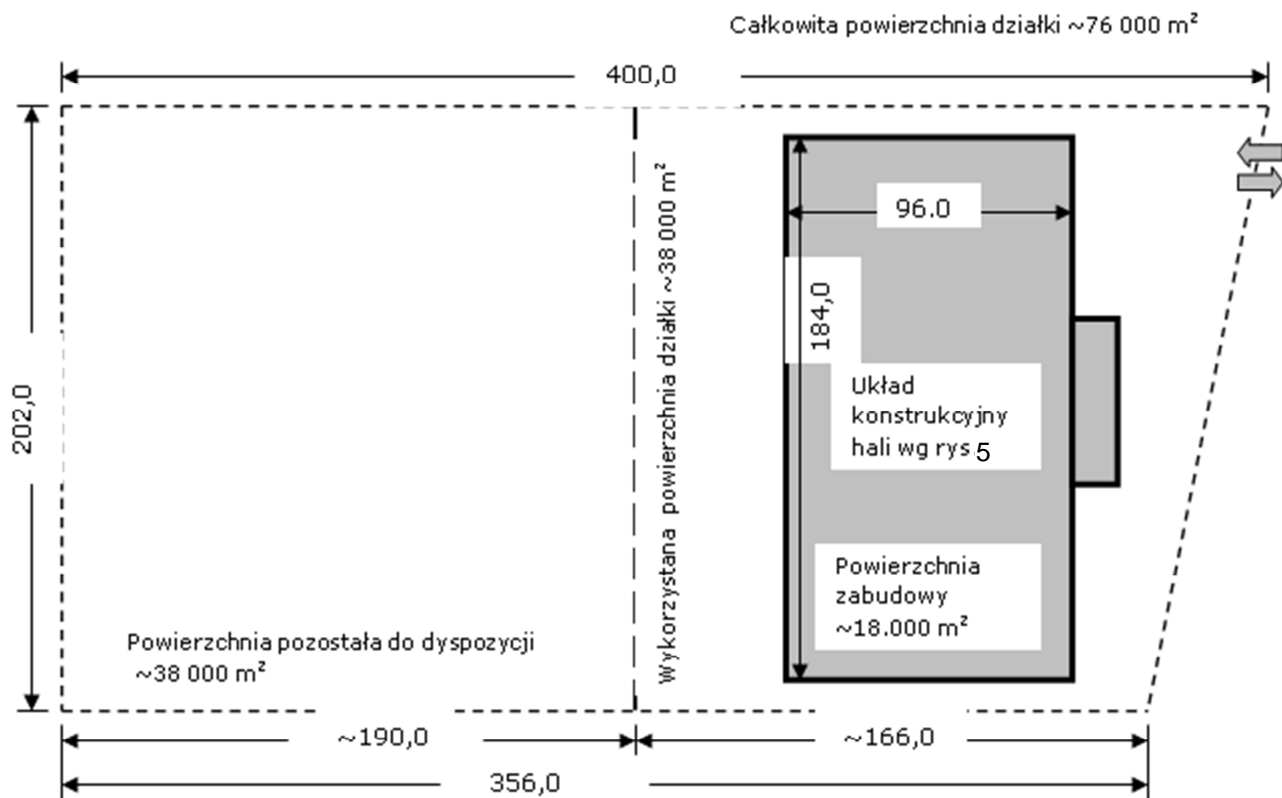
Rys. 5. Przekrój podłużny magazynu w wersji po racjonalizacji (184,0x96,0 m)

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6. Szkic konstrukcyjny magazynu w wersji po racjonalizacji

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 7. Szkic sytuacyjny obiektu magazynowego wg wariantu po racjonalizacji

Źródło: opracowanie własne.

Tablica 1. Zestawienie wyników dla oceny efektów racjonalizacji projektu magazynu dotyczącej rozwiązań przestrzennych i technologicznych strefy składowania, w zakresie potencjału statycznego

Warianty rozwiązania	Szerokość korytarza regałowego m	Kubatura magazynu V_M m^3	Liczba miejsc paletowych Z_p szt.	Wskaźnik kubaturowy β m^3/mp	Nakłady budowlane na:		Liczba urządzeń szt.	Nakłady na urządzenia			Nakłady razem na 1 mp. zł/mp
					1 m^3 hali zł/ m^3	1 mp zł/mp		Na jedno urządzenie zł/szt.	Nakłady na wszystkie urządzenia mln zł	Wskaźnik nakładów γ_N zł/mp	
					6	7 (5x6)		9	10 (8x9)	11 (10:4)	
1	2	3	4	5 (3:4)	6	7 (5x6)	8	9	10 (8x9)	11 (10:4)	12 (7+11)
Rozwiązanie projektowe	2,9	365760	37800	9,68	100	968	14	115000	1,61	43	1011
pierwotne	„	„	„	„	„	„	21	„	2,415	64	1032
	„	„	„	„	„	„	42 (max)	„	4,83	128	1096
Rozwiązanie po racjonalizacji	1,4	264960	37800	7,00	100	700	12	300000	3,6	96	796
	„	„	„	„	„	„	18	„	5,4	143	843
	„	„	„	„	„	„	36	„	10,8	286	986
	„	„	„	„	„	„	42 (max)	„	12,6	333	1033

Źródło: opracowanie własne.

Efekt racjonalizacji maleje przy zwiększającej się dynamice procesu magazynowego i wynosi odpowiednio dla: $N_z = 30$ (rotacja 10) $(1011 - 796) / 1011 \cdot 100 = 21,3\%$; $N_z = 20$ (rotacja 15) $(1032 - 843) / 1032 \cdot 100 = 18\%$; $N_z = 10$ (rotacja 30) $(1096 - 986) / 1096 \cdot 100 = 10\%$; $N_z = 8$ (rotacja 37,5) $(1096 - 1033) / 1096 = 5,8\%$.

Dla rozpatrywanego przykładu efekt racjonalizacji w zakresie potencjału statycznego będzie zawsze dodatni, nawet w przypadku maksymalnej wydajności (wózek w każdym korytarzu regałowym).

4.4. Ocena efektów racjonalizacji

Efekt procentowy ze względu na kryterium wykorzystania kubatury magazynu, wyniesie (indeks p oznacza rozwiązanie pierwotne, indeks r rozwiązanie po racjonalizacji):

$$\frac{\beta_{Mp} - \beta_{Mr}}{\beta_{Mp}} \cdot 100 = \frac{9,68 - 7,00}{9,68} \cdot 100 \cong 28\%$$

Efekt uzyskany z oszczędności w powierzchni działki – na podstawie danych z rysunków 3 i 7 wynika, że oszczędności procentowe w powierzchni działki wynoszą: $(38000 - 16000) / 76000 \cdot 100 = 29\%$

Pozostałe efekty racjonalizacji obliczono w tabelicy 1. I tak ze względu na wskaźnik nakładów na miejsce paletowe efekty procentowe wyniosą:

- dla normatywu zapasu 30 dni – 21,3%,
- dla normatywu zapasu 20 dni – 18,0%,
- dla normatywu zapasu 10 dni – 10%,
- dla normatywu zapasu 8 dni – 5,8%⁸.

4.5. Oszacowanie kosztowe efektów

Oszacowanie efektów w jednej firmie przy powierzchni magazynowej równej 25000 m²

Oszczędności w nakładach na kubaturę magazynu wyniosą wg danych z tabelicy 1: $(1.011 - 796) \cdot 37.800 = 8.127.000$ zł. Oszczędności w nakładach na działkę wyniosą wg danych z p. 3.2 i 3.3 wyniosą: $(38.000 - 16.000) \cdot 430^x = 9.460.000$ zł.

x/ Cena jednego metra kwadratowego gruntu na działce rozpatrywanego obiektu (w widłach Alej Jerozolimskich i Szosy Krakowskiej w Warszawie).

Łączne oszczędności w nakładach wynoszą około 17.587.000 zł., tj. 465 zł na jednym miejscu paletowym.

Oszczędności w rocznych kosztach utrzymania elementów stałych, tj. budowli oszacowane przy wskaźniku dla elementów stałych równym 0,08⁹ wyniosą: $8.127.000 \cdot 0,08 = 650.160$ zł/rok.

Przedstawione w tabelicy 2 sprawdzenie efektów w zakresie potencjału dynamicznego zawiera ocenę ze względu na kryterium kosztów utrzymania budowli i środków transportowych.

Oszacowanie efektów racjonalizacji w ogólnopolskim potencjale magazynowym (wymienionym w p. 2)

Zakładając, że tylko 20% użytkowników powierzchni magazynowych (z wymienionych w p.2) będzie zainteresowanych racjonalizacją swoich zasobów magazynowych, to można szacunkowo uzyskać, tylko z oszczędności kubaturowych: $(0,2 \cdot 70000000) / 25000 \cdot 8127000 = 451120000$ zł w nakładach oraz $(0,2 \cdot 70000000) / 25000 \cdot 650160 = 364089600$ zł/rok w kosztach.

5. UOGÓLNIENIA I WNIOSKI

1. Znaczenie wyników podkreśla fakt, że przedstawiona procedura racjonalizacji rozwiązania projektowego magazynu oraz jego parametry zostały zaczerpnięte ze zrealizowanego i funkcjonującego od kilku lat obiektu. Taka racjonalizacja miała miejsce po raz pierwszy w tak dużym obiekcie magazynowym.

2. Wydawać się może, że omówione w artykule zagadnienie racjonalizacji jest tak proste, że aż banalne. Biorąc jednak pod uwagę fakt, że 95% z tych 70.000.000 m² potencjału magazynowego w Polsce wyposażonych jest wg technologii pierwotnej, to nabiera ono poważnego znaczenia.

⁸ Skrajny przypadek w rozpatrywanym projekcie, gdyż we wszystkich korytarzach regałowych są zainstalowane wózki.

⁹ Za praktyką niemiecką z upustem 20% z uwagi na tańszą pracę ludzką.

3. Konieczne są badania, np. audyt logistyczny, wskazując stopień wykorzystania obudowanych przestrzeni magazynowych oraz możliwości rekonstrukcji układów składowania w obudowanych przestrzeniach.

4. Biorąc pod uwagę skalę zagadnienia potrzebna jest duża liczba wykształconych w zakresie sporządzania audytów inżynierów logistyków, którzy z jednej strony potrafią, w ramach audytu logistycznego, zbadać i ocenić układ technologiczno-przestrzenny strefy składowania w magazynie jak również zaprojektować jego rekonstrukcję i wyliczyć efekty. Uruchomienie profilu kształcenia AUDYT LOGISTYCZNY jest bardzo na czasie.

5. Wyniki prac wymienionych w p.4 mogą znacząco wpłynąć na dalszy rozwój inwestycji w statyczny potencjał magazynowy. Można będzie zastąpić, na jakiś czas, budowę nowych kubatur magazynowych intensyfikacją potencjału statycznego w istniejących budowlach. Dopiero po wyczerpaniu się tych rezerw można planować, w miarę potrzeb rozbudowę nowych, już racjonalnych obiektów.

Tablica 2. Zestawienie wyników dla oceny efektów racjonalizacji projektu magazynu dotyczącej rozwiązań przestrzennych i technologicznych strefy składowania, w zakresie potencjału dynamicznego (c.d. tabl. 1)

Warianty rozwiązania	Dane w tablicy 1, pozycje 1 - 12	Normatyw zapasu (rotacja) $N_z (S_0)$	Liczba dni roboczych w roku d_r	Roczny przepływ jł przez magazyn PR	Liczba urządzeń wg wzoru 2	Wskaźniki rocznych kosztów utrzymania		
						$\gamma_{K/bud}$	$\gamma_{K/urz}$	$\gamma_{K/mag}$
						$\gamma_{UB} = 0,08$	$\gamma_{UT} = 0,24$	
						(7x4x0,08:15)	(11x4x0,24:15)	(17+18)
	13	14	15 (4x14:13)	16	17	18	19	
	[dni] (1/rok)	[dni/rok]	[jł/rok]		[zł/jł]	[zł/jł]	[zł/jł]	
Rozwiązanie projektowe pierwotne		30 (10)	300	378 000	14	7,74	1,03	8,77
		20 (15)	„	567 000	21	5,16	„	6,19
		10 (30)	„	1134000	42 (max)	2,58	„	3,61
Rozwiązanie po racjonalizacji		30 (10)	300	378 000	12	5,60	2,30	7,90
		20 (15)	„	567 000	18	3,74	„	6,04
		10 (30)	„	1134 000	36	1,87	„	4,17

Źródło: opracowanie własne.

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości i procedury racjonalizacji potencjału magazynowego PM, stanowiącego dominujący udział w punktowych ogniach potencjału transportowo-magazynowego systemów logistycznych. Określono PM oraz potencjał logistyczny PL w sensie infrastrukturalno-wyposażeniowym. Możliwości i procedury racjonalizacji przedstawiono na przykładzie projektowym zrealizowanego dużego magazynu u operatora logistycznego o zasięgu globalnym. Obliczone w przykładzie efekty racjonalizacji uogólniono szacunkowo na potencjał magazynowy w skali kraju. Problematyka artykułu leży na pograniczu projektowania i analizy obiektów logistycznych. Może być interesująca zarówno dla projektantów jak i inwestorów oraz użytkowników tego typu obiektów.

Słowa kluczowe: potencjał logistyczny, potencjał magazynowy, racjonalizacja, efektywność.

Rationalization of warehousing potential in logistics systems – analytical procedures with example

Abstract

The paper presents the possibilities and procedures of warehousing potential, as the part of logistics system potential. Author discriminates and defines the static and dynamic warehousing potential. The procedures of static potential rationalization have been done on the example of the real warehouse project for about forty thousand pallet places. The results of the rationalization can be useful as well for designers as for audit-advocates.

Key wards: warehousing potential, storage, designing.

LITERATURA

- [1] Fijałkowski J., Transport wewnętrzny w systemach logistycznych. Wybrane zagadnienie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [2] Fijałkowski J., Technologia Magazynowania. Wybrane zagadnienia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 1995.
- [3] Fijałkowski J., Czynniki Kosztów w Racjonalizacji Procesu Magazynowego. Materiały Konferencji „Systemy Logistyczne Teoria i Praktyka, Spała 2008”
- [4] Fijałkowski J., Projekt Technologiczny Magazynu wysokiego składowania o pojemności 40 000 miejsc paletowych dla międzynarodowego operatora logistycznego w Warszawie.
- [5] Fijałkowski J., Struktura kosztów w łańcuchach dystrybucyjnych krajowego systemu logistycznego. Materiały konferencyjne TLM, Zakopane 2010.
- [6] Fijałkowski J., Wyniki racjonalizacji projektu magazynu przemysłowego. Materiały konferencyjne Systemy Logistyczne. Teoria i Praktyka, Spała 2009.