

**Dane do projektu:**

**Roczny dopływ europaletowych jednostek ładunkowych do systemu [jt /rok]**

$i = 30$

$P_{WE}^R = 102000 + i * 5000$  dla grupy P1

$P_{WE}^R = 252000$  [jt /rok]

$P_{WE}^R = 252000$  [jt /rok]

$n^R$  - ilość dni efektywnej pracy w ciągu roku - 280 dla P1

**Dobowy strumień dostawy:**

$ks$  - współczynnik spiętrzeń dostawy (1 dla dostawy kontenerów)

$\lambda_{WE}^D = P_{WE}^R * ks / n^R$  [jt/d]

$\lambda_{WE}^D = 900$  [jt/d]

$\lambda_{WE}^D = 900$  [jt/d]

**Współczynnik rotacji zespołu ładunku:**

$R_{ZWL} = 24$

$R_{ZWL} = 24$

**Operacyjny zapas czasowy dostaw:**

$N_{LWE} = n^R / R_{ZWL}$  [dni]

$N_{LWE} = 12$  [dni]

$N_{LWE} = 12$  [dni]

**Ilość dostarczanych jt w okresie  $N_{LWE}$ :**

$\lambda_{WE} = \lambda_{WE}^D * N_{LWE}$  [jt]

$\lambda_{WE} = 10800$  [jt]

$\lambda_{WE} = 10800$  [jt]

**Przyjęty rezerwowy (buforowy) zapas jt w systemie:**

$Bz \approx 60\% * \lambda_{WE}^D$  [jt/d]

$Bz \approx 540$  [jt/d]

$Bz \approx 540$  [jt/d]

**Maksymalna pojemność magazynu:**

$Z_{max} = \lambda_{WE}^D * N_{LWE} + Bz$  [jt]

$Z_{max} = 11340$  [jt]

$Z_{max} = 11340$  [jt]

**Dobowy strumień wydań jtj:**

$\lambda_{WYJ}^D = 0,5 * \lambda_{WE}^D$  [jtj/d]

$\lambda_{WYJ}^D = 450$  [jtj/d]

$\lambda_{WYJ}^D = 450$  [jtj/d]

**Dobowy strumień wydań jln (skompletowanych  $kz = 1,5$ )**

$\lambda_{WYN}^D = 0,5 * \lambda_{WE}^D * kz$  [jln/d]

$\lambda_{WYN}^D = 675$  [jln/d]

$\lambda_{WYN}^D = 675$  [jln/d]

**Dobowy wypływ jt:**

$\lambda_{WY}^D = \lambda_{WYN}^D + \lambda_{WYJ}^D$  [jt/d]

$\lambda_{WY}^D = 1125$  [jt/d]

$\lambda_{WY}^D = 1125$  [jt/d]

**Ilość wydanych jednostek paletowych jednorodnych na rok:**

$P_{WYJ}^R = \lambda_{WYJ}^D * n^R$  [jtj/rok]

$P_{WYJ}^R = 126000$  [jtj/rok]

$P_{WYJ}^R = 126000$  [jtj/rok]

**Ilość wydanych jednostek paletowych jednorodnych skompletowanych na rok:**

$$P_{WYN}^R = \lambda_{WYN}^D * n^R \text{ [jtn/rok]}$$

$$P_{WYN}^R = 189000 \text{ [jtn/rok]}$$

$$P_{WYN}^R = 189000 \text{ [jtn/rok]}$$

**Uwarunkowania dla transportu zewnętrznego w systemie:**

**Podsystemy dostaw:**

$$n_{wkn} * 2 * 22 + n_{wkr} * 42 \geq \lambda_{WE}$$

$n_{wkn}$  - liczba wagonów przystosowanych do przewozu kontenerów 1C (na wagonie mieszczą się dwa kontenery) - 111

$n_{wkr}$  - liczba wagonów krytych - 111

**Podsystem wysyłek:**

**Współczynnik spiętrzeń  $ks=1,3$  dla transportu samochodowego**

$$n_{sj} = \lambda_{WYJ}^D * ks / 30 \text{ [jts/d]}$$

$$n_{sj} = 19,5 \text{ [jts/d]}$$

$$n_{sj} = 19,5 \text{ [jts/d]}$$

$$n_{sn} = \lambda_{WYN}^D * ks / 45 \text{ [jts/d]}$$

$$n_{sn} = 19,5 \text{ [jts/d]}$$

$$n_{sn} = 19,5 \text{ [jts/d]}$$

**Moduł magazynowy:**

$$M = (2b_g + m_{sz}) * l_g \text{ [m}^2\text{]}$$

$b_g$  - moduł szerokości gniazda regałowego - 1[m]

$l_g$  - moduł długości gniazda regałowego - 1,4[m]

$m_{sz}$  - szerokość drogi manipulacyjnej - 1,4[m]

$$M = 4,76 \text{ [m}^2 * 2j\text{]}$$

$$M = 4,7 \text{ [m}^2 * 2j\text{]}$$

**Powierzchnia strefy zajmowanej przez regały:**

$$A_R = M * Z_{max} / 2 * n_w \text{ [m}^2\text{]}$$

$n_w = 8$  - ilość warstwy regałów

$$A_R = 3373,65 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_R = 3373,65 \text{ [m}^2\text{]}$$

**Wysokość regałów:**

$h_g$  - wysokość gniazda regałowego brutto - 1,4[m]

$$H_R = n_w * h_g \text{ [m]} = 8 * 1,4 =$$

$$H_R = 11 \text{ [m]}$$

$$H_R = 11 \text{ [m]}$$

**Wysokość strefy składowania:**

$h_o$  - wysokość manipulacyjna nad regałami - 0,8[m]

$$H_s = H_R + h_o \text{ [m]}$$

$$H_s = 12 \text{ [m]}$$

$$H_s = 12 \text{ [m]}$$

**Minimalizacja przejazdów transportowych zachodzi przy proporcji:**

$$L_R \approx 2 * B_R \text{ [m]} \text{ (1)}$$

Gdzie:

$L_R$  - całkowita długość strefy regałów

$B_R$  - całkowita szerokość strefy regałów

**Szerokość strefy regałów:**

$$B_R = (2b_g + m_{sz}) * m_k \text{ [m]} \text{ (2)}$$

Gdzie:

$m_k$  - ilość korytarzy międzyregalowych

$$bg=1[m]$$
$$m_{sz}=1.4[m]$$

$$bg=1[m]$$
$$m_{sz}=1.4[m]$$

**Długość ściany regalowej:**

$$L_R = A_R / B_R [m] \quad (3)$$

Na podstawie wzorów (1),(2),(3) wyznaczamy  $L_R, B_R, m_k$

Mamy zatem:

$$L_R=82,1[m]$$
$$B_R=41,1[m]$$
$$m_k=12,1$$

$$L_R=82,1[m]$$
$$B_R=41,1[m]$$
$$m_k=12,1$$

**Liczba gniazd regalowych:**

$$n_g = L_R / l_g$$
$$n_g=58,6$$

$$n_g=58,6$$

**Operacyjna długość strefy składania;**

$$L_s = L_R + l_{mp} + l_{mt} [m]$$

$l_{mp}$ -długość manipulacyjna z przodu strefy składania-8,4[m]

$l_{mt}$ - długość manipulacyjna z tyłu strefy składania-6,0[m]

$$L_s=96,5[m]$$

$$L_s=96,5[m]$$

**Operacyjna szerokość strefy składowania magazynu:**

$$B_s = B_R + 2b_c [m]$$

$b_c$  - szerokość korytarza przyściennego-1,8[m]

$$B_s=44,7[m]$$

$$B_s=44,7[m]$$

**Powierzchnia operacyjna –szerokość strefy składowania**

$$A_s = L_s * B_s [m^2]$$

$$A_s=4313,5[m^2]$$

$$A_s=4313,5[m^2]$$

**Kubatura operacyjna strefy składowania:**

$$V_s = L_s * B_s * H_s [m^3]$$

$$V_s=51762,6[m^3]$$

$$V_s=51762,6[m^3]$$

**Powierzchnia magazynowa (niska) towarzysząca strefie regalów:**

$$A_o = A_{op} + A_{ow} + A_{ts} [m^2]$$

$$A_{op} = (0,4 \div 0,5) * A_s [m^2]$$

$$A_{op}=1725,4 [m^2]$$

$$A_{op}=1725,4 [m^2]$$

$$A_{ow} = (0,4 \div 0,6) * A_s [m^2]$$

$$A_{ow}=2156,75[m^2]$$

$$A_{ow}=2156,75[m^2]$$

$$A_{ts} = (0,2 \div 0,6) * A_s [m^2]$$

$$A_{ts}=862,7[m^2]$$

$$A_{ts}=862,7[m^2]$$

Mamy, zatem:

$$A_o=4744,85[m^2]$$

$$A_o=4744,85[m^2]$$

**Powierzchnia zewnętrzna frontu przeladunkowego wraz ze stanowiskami przyjmowania i ekspedycja ładunków:**

$$A_{FP}=0,1*(A_s+A_o) [m^2]$$

$$A_{FP}=905,8[m^2]$$

$$A_{FP}=905,8[m^2]$$

**Powierzchnia placu manewrowego w otoczeniu magazynu wraz z drogami dojazdowymi i parkingowymi:**

$$A_{PM}=0,3*(A_s+A_o) [m^2]$$

$$A_{PM}=2717,5[m^2]$$

$$A_{PM}=2717,5[m^2]$$

**Całkowita powierzchnia użytkowa projektowanego LSTM:**

$$A_m=A_s+A_o+A_{FP}+A_{PM}[m^2]$$

$$A_m=12681,65[m^2]$$

$$A_m=12681,65[m^2]$$

**Używana powierzchnia budowli magazynowej**

$$A_b=A_s+A_o=L_b*B_b [m^2]$$

$$A_b=9058,3[m^2]$$

$$A_b=9058,3[m^2]$$

**$L_b$ -długość używanej powierzchni budowli magazynowej**

**$B_b$ -szerokość używanej powierzchni budowli magazynowej**

$$=144,7[m]$$

$$A_{ow}/B_s=L_E$$

$$L_E=2156,75/44,7=48,2$$

$$L_E=48,2[m]$$

$$L_E+L_S=48,2+96,5=144,7[m]$$

$$A_b=A_s+A_o=4313,5+4744,85=9058,3[m]$$

$$B_b=A_b/L_b=9058,3/144,7=62,6[m]$$

$$B_b=62,6[m]$$

**Całkowita kubatura budowli magazynowej:**

**$H_o$ -użytkowa wysokość magazynu w strefie niskiej-4,8[m]**

$$V_m=A_s*H_s+A_o*H_o [m^3]$$

$$V_m=74537,3[m^3]$$

$$V_m=74537,3[m^3]$$

**Stopnie efektywnego wykorzystania powierzchni oraz objętości magazynowania:**

$$\alpha_m=A_m/Z_{max}[m^2/jł]$$

$$\alpha_m=1,1[m^2/jł]$$

$$\alpha_m=1,1[m^2/jł]$$

$$\beta_m=V_m/Z_{max}[m^3/jł]$$

$$\beta_m=6,6[m^3/jł]$$

$$\beta_m=6,6[m^3/jł]$$

**Czasy cykliów  $WW_{WE}$ - $IP$ - $AF_{WE}$  (z ładunkiem)  
i  $AF_{WE}$ - $WW_{WE}$  (bez ładunku)**

$$t_{CTI}=2*t_L+L_{1L}*t_{VL}+L_{1B}*t_{VB}+n_s*t_s+t_o$$

**Aby policzyć czasy cykliów muszą najpierw wyliczyć  $t_L$ -średni czas podjęcia i odłożenia ładunku:**

$$t_L=2*t_{op}+t_d+t_{w\rightarrow}+t_g+t_{zs}+t_{w\leftarrow}$$

$$t_{op}-\text{średnia wartość czasu przyspieszenia i zatrzymania}-0,035[\text{min}]$$

$$t_d(t_g)-\text{średnia wartość czasu podnoszenia (opuszczania) na 1 m}-0,05[\text{min/m}]$$

$$t_{w\rightarrow}(t_{w\leftarrow})-\text{czas wjazdu(wyjazdu) widel w paleta}-0,09(0,08) [\text{min}]$$

$$t_{zs}-\text{czas skrętu z zatrzymaniem}-0,09[\text{min}]$$

$$t_L=0,43[\text{min}]$$

$$t_L=0,43[\text{min}]$$

Następnie obliczamy trasy:

$L_{1L}$ - długość trasy  $WW_{WE}$ - $IP$ - $AF_{WE}$

$$L_{1L}=99,6[m]$$

$$L_{1L}=99,6[m]$$

$L_{1B}$ - długość trasy  $AF_{WE}$ -  $WW_{WE}$

$$L_{1B}=81,2[m]$$

$$L_{1B}=81,2[m]$$

Parametry niezbędne przy obliczaniu  $t_{CT1}$ :

$t_{VL}, t_{VB}$ - czasy przebycia poszczególnych tras z ładunkiem//bez ładunku

$$0,009[min/m]//0,006[min/m]$$

$n_s$ - liczba skrętów w czasie jazdy-10

$$t_s\text{-skręt przy jeździe-0,07[min]}$$

$$t_o\text{-czas operacji ręcznych-0,7[min]}$$

Po podstawieniu mamy zatem:

$$t_{CT1}=3,5[min]$$

$$t_{CT1}=3,5[min]$$

Czasy cykli  $AF_{WE}$ - $K$ - $ZS_{WY}$ (z ładunkiem) i (bez ładunku)

$$t_{CT2}=2*t_L+L_{2L}*t_{VL}+L_{2B}*t_{VB}+n_s*t_s+t_o$$

$$t_L\text{-średni czas podjęcia i odłożenia ładunku-0,43[min]}$$

$L_{2L}$ - długość trasy  $AF_{WE}$ - $K$ - $ZS_{WY}$

$L_{2B}$ - długość trasy  $ZS_{WY}$ -  $AF_{WY}$

$$L_{2L}=L_{2B}=91[m]$$

$$L_{2L}=L_{2B}=91[m]$$

Po podstawieniu mamy, zatem:

$$t_{CT2}=3,5[min]$$

$$t_{CT2}=3,5[min]$$

Pracochłonność dobową procesów przeładunkowych wózków widłowych

$$R_{STU}^D=1/60 * (\lambda_{WE}^D * t_{CT1} + (\lambda_{WYJ}^D + \lambda_{WYN}^D) t_{CT2}) [maszynogodz/d]$$

$$R_{STU}^D=118,12[maszynogodz/d]$$

$$R_{STU}^D=118,12[maszynogodz/d]$$

Liczba wózków widłowych:

$T_{Ci}^D$ - dysponowany czas pracowników(system dwuzmianowy 16 godz./d)

$K_{Si}$ - współczynnik wykorzystania pracy(0,8)

$$n_{stu}^D = R_{STU}^D / T_{Ci}^D * K_{Si}$$

$$n_{stu}^D=9$$

$$n_{stu}^D=9$$

Czasy cykli transportowych wózków podnośnikowych (z widłami czołowo-bocznymi)pracującymi w strefie regałów:

Średnia odległość gniazda regatowego od czoła regałów:

$$L=0,416*L_R[m]$$

$$L=34,1[m]$$

$$L=34,1[m]$$

Średnia wysokość gniazda regatowego:

$$H=0,416*H_R[m]$$

$$H=4,6[m]$$

$$H=4,6[m]$$

Czasy cykli transportowych wózków podnośnikowych pracujących w cyklu transportowym  $AF_{WE}$ - $G_{AF}$ - $AF_{WE}$

$$t_{CKI}=2*t_{op}+L*t_{k\downarrow}+0,5H(t_d+t_g)+6t_w+t_o$$

$t_{op}$ -średnie wartości czasu przyśpieszenia i zatrzymania-0,05[*min*]

$t_{k\downarrow}$  - średni czas jazdy wózka do przodu lub tyłu na 1 m przy opuszczonej kabinie

$t_{k\downarrow}=0,008$  [*min/m*]

$t_{k\uparrow}$ - średni czas jazdy wózka do przodu lub tyłu na 1 m przy podniesionej kabinie-

$t_{k\uparrow}=0,016$  [*min/m*]

$t_d(t_g)$ - średnia wartość czasu podnoszenia (opuszczania) na 1 m-0,069(0,104) [*min/m*]

$t_w$ -czas manipulowania widłami (wsów i obrót)-0,13[*min*]

$t_o$ -czas operacji ręcznych 0,085[*min*]

$t_{CK1}=2,2$ [*min*]

$t_{CK1}=2,2$ [*min*]

Czasy cykli transportowych wózków podnośnikowych pracujących w cyklu kompletacyjnym

$t_{CK2}=t_{op}*(w+1)+L*(t_{k\downarrow}+t_{k\uparrow})+(nrH+h_w)*(t_d+t_g)+6t_w+t_o+w(t_z+p*t_{pl})$

$w$ - ilość rodzajów artykułów do pobrania( $w=4$ )

$p$ - ilość pozycji wybieranego artykułu ( $p=10$ )

$n_r$ -zakres wysokość regału pokonywanej podczas podnoszenia i opuszczania( dla  $w=4,n_r=1,1$ )

$h_w$ -wolny skok wideł1,5 [*m*]

$t_{pl}$ - czas wybierania ładunku-0,12[*min*]

$t_z$  -czas odczytywania zlecenia i jego potwierdzenie-0,15[*min*]

$t_{CK2}=8,4$ [*min*]

$t_{CK2}=8,4$ [*min*]

Pracochłonność dobową procesów przeładunkowych wózków korytarzowych:

-w cyklu transportowym

$R_{str}^D=1/60*(\lambda_{WE}^D+\lambda_{WYJ}^D)*t_{CK1}$ [*maszynogodz/d*]

$R_{str}^D=49,5$ [*maszynogodz/d*]

$R_{str}^D=49,5$ [*maszynogodz/d*]

-w cyklu kompletacyjnym:

$R_{stk}^D=(\lambda_{WYN}^D*t_{CK2})/60$ [*maszynogodz/d*]

$R_{stk}^D=94,5$ [*maszynogodz/d*]

$R_{stk}^D=94,5$ [*maszynogodz/d*]

Liczba wózków

$\eta_{stk}^D=(R_{str}^D+R_{stk}^D)/T_{Ci}^D*K_{Si}$

$\eta_{stk}^D=11$

$\eta_{stk}^D=15$

Wymiarowanie LSTM ze względu na liczbę i rodzaj zatrudnianych pracowników obsługi.

Liczba pracowników –operatorów wózków widłowych

$n_{pu}^D=2*n_{stu}^D$  (dwie zmiany)

$n_{pu}^D=18$

$n_{pu}^D=18$

Liczba pracowników –operatorów wózków korytarzowych

$n_{pk}^D=2*n_{stk}^D$

$n_{pk}^D=22$

$n_{pk}^D=22$

Liczba pracowników obsługi zarządzania przepływem ładunków

$n_{pz}^D=1/60(\lambda_{WE}^D*k_{OWE}+\lambda_{WY}^D*k_{OWY})$

$n_{pz}^D=17$

$n_{pz}^D=17$

$k_{OWE}$  - przeciętny czas potrzebny na obsługę identyfikacji i ewidencje wejścia (0,55 minuty/jł)

$k_{OWY}$  -przeciętny czas potrzebny na obsługę identyfikacji i ewidencji wyjścia (0,5 minuty/jł)

Liczba pracowników nadzoru

$n_{pn}^D=2$ (dwie zmiany)

$n_{pn}^D=2$

Liczba pracowników pomocniczych

$$n_{pp}^D = 2(\text{pracowników fizycznych}) + 3(\text{ochrona}) = 5$$

*Całkowita liczba pracowników magazynu:*

$$n_{pc}^D = n_{pu}^D + n_{pk}^D + n_{pz}^D + n_{pn}^D + n_{pp}^D$$

$$n_{pc}^D = 74$$

$$n_{pc}^D = 74$$