

## 1. RADNI CIKLUSI SKLADIŠNIH UREĐAJA

Uređaji koji se koriste za izvođenje skladišnih operacija (viljuškar, visoko regalna dizalica za skladištenje i/ili komisioniranje, paletna kolica, komisioni viljuškar itd.) spadaju u kategoriju tzv. jednopozicionih (transportnih) mašina tj. uređaja sa prekidnim načinom rada. Jednopozicione mašine su takve mašine kod kojih se jednovremeno obrađuje samo jedan deo - proizvod i on je sve vreme na mašini. \*1

Vreme trajanja radnog ciklusa, predstavlja jedan od glavnih parametara performansi radnih mašina sa prekidnim načinom rada. \*2

Pri projektovanju skladišnih transportnih sistema, mogu se dogoditi dva karakteristična slučaja uzimajući u obzir vreme trajanja radnog ciklusa uređaja:

1. Ulaz u izbor i dimenzionisanje sa većim računskim vremenom radnog ciklusa, ima za posledice: \*3
  - veće investicije u opremu (transportne uređaje); dobija se veći broj uređaja ili uređaj većeg kapaciteta (teži, snažniji uređaj, itd.),
  - povećan broj rukovalaca i radnika na transportu,
  - manji stepen iskorišćenja uređaja i rada.
2. Ulaz u izbor i dimenzionisanje sistema sa manjim računskim vremenom radnog ciklusa za posledicu može imati: \*4
  - podcenjeno potrebno ulaganje u potrebnu opremu (transportne uređaje),
  - formiranje uskih grla,
  - teškoće u planiranju korišćenja sistema,
  - potreba za naknadnim (do)investiranjem,
  - produžavanje ukupnog vremena proizvodnog ciklusa, zbog zastoja u procesu, gubitaka vremena zbog čekanja na pojedine operacije itd.

Radni kapacitet transportnih uređaja za izvođenje skladišnih operacija, u (za)datom vremenu i uslovima rada zavise od **veliĉine transportne jedinice – jediniĉnog tereta i vremena trajanja radnog ciklusa**. Prema izabranoj transportnoj jedinici određuje se nosivost uređaja (mašine), dok se prema položajima taĉaka uzimanja materijala (pojedinih transportnih jedinica) i mestima odlaganja tog materijala, definišu operacije radnih ciklusa. \*5

Kod uređaja koji se koriste u skladišnim sistemima, za različite taĉke odlaganja materijala u odnosu na jednu taĉku (ili više razliĉitih taĉaka) uzimanja materijala, putanje premeštanja materijala su različite dužine, a i razliĉitog su oblika. Ovde se radi o skupu radnih ciklusa razliĉitog trajanja, koji se u određenom periodu rada - ĉasu, smeni, mesecu itd., ređaju po nekom sluĉajnom zakonu promene. Prema tome rad transportnih uređaja je stohastiĉke prirode.

Broj potrebnih mašina (transportnih uređaja) se određuje na osnovu: \*6

- ukupnog transportnog zadatka za određeni period vremena, tj. ukupne količine materijala koju treba premestiti sa polaznih tačaka na zadata mesta odlaganja,
- kapaciteta (radna moć) jedne mašine.

## 1.1. Radni ciklus viljuškara

Radni ciklus viljuškara na unošenju/iznošenju paleta u/iz skladišta sastoji se iz sledećih aktivnosti:

- vreme pozicioniranja viljuškara na mesto za zahvatanje palete  $t_1$ ,
- vreme podizanja viljušaka do palete  $t_2$ ,
- vreme zahvatanja palete (iz regala, kamiona itd.)  $t_3$ ,
- vreme spuštanja palete u transportni položaj  $t_4$ ,
- vreme okretanja viljuškara za  $90^\circ$  ( $180^\circ$ )  $t_5$ ,
- vreme transporta do mesta odlaganja palete  $t_6$ ,
- vreme pozicioniranja viljuškara na mesto za odlaganje palete  $t_7$ ,
- vreme podizanja palete do mesta odlaganje  $t_8$ ,
- vreme odlaganja palete (u regal, kamion itd.)  $t_9$ ,
- vreme spuštanja viljušaka u transportni položaj  $t_{10}$ ,
- vreme okretanja viljuškara za  $90^\circ$  ( $180^\circ$ )  $t_{11}$ ,
- vreme povratka viljuškara do mesta za zahvatanje paleta  $t_{12}$ .

Trajanje radnog ciklusa viljuškara se sastoji iz zbira vremena trajanja karakterističnih aktivnosti:

$$T_c = \sum_{i=1}^{12} t_i$$

gde se karakteristična vremena određuju na sledeći način:

- vreme pozicioniranja viljuškara na mesto za zahvatanje palete  $t_1$ ,

$$t_1 = 5 \text{ s,}$$

- vreme podizanja viljušaka do palete  $t_2$ ,

$$t_2 = \frac{H_1}{V_{d1}} + t_{gd}, \text{ s}$$

gde je:

$H_1$  – srednja visina dizanja pri zahvatanju palete,  $m$ ,

$V_{d1}$  – brzina podizanja viljušaka bez tereta,  $m/s$  ( $V_{d1} = 0.42 \text{ m/s}$ ),

$t_{gd}$  – gubitak vremena pri podizanju,  $s$  ( $t_{gd} = 3 \text{ s}$ ),

– vreme zahvatanja palete (iz regala, kamiona itd.)  $t_3$ ,

$$t_3 = 5 \text{ s},$$

– vreme spuštanja palete u transportni položaj  $t_4$ ,

$$t_4 = \frac{H_1}{V_{s1}} + t_{gd}, \text{ s}$$

gde je:

$H_1$  – srednja visina spuštanja pri zahvatanju palete,  $m$ ,

$V_{s1}$  – brzina spuštanja palete,  $m/s$  ( $V_{s1} = 0.26 \text{ m/s}$ ),

$t_{gd}$  – gubitak vremena pri spuštanju,  $s$  ( $t_{gd} = 3 \text{ s}$ ),

– vreme okretanja viljuškara za  $90^\circ$  ( $180^\circ$ )  $t_5$ ,

$$t_5 = 5 \div 8 \text{ s},$$

– vreme transporta do mesta odlaganja palete  $t_6$ ,

$$t_6 = \frac{L}{V_{k1}} + t_{gk}, \text{ s}$$

gde je:

$L$  – srednja dužina transportnog puta,  $m$ ,

$V_{k1}$  – brzina kretanja viljuškara sa teretom,  $m/s$  ( $V_{k1} = 2.5 \text{ m/s}$ ),

$t_{gk}$  – gubitak vremena pri polasku i zaustavljanju viljuškara,  $s$  ( $t_{gk} = 5 \text{ s}$ ),

– vreme pozicioniranja viljuškara na mesto za odlaganje palete  $t_7$ ,

$$t_7 = 5 \text{ s},$$

– vreme podizanja palete do mesta odlaganje  $t_8$ ,

$$t_8 = \frac{H_2}{V_{d2}} + t_{gd}, \text{ s}$$

gde je:

$H_2$  – srednja visina dizanja pri odlaganju palete,  $m$ ,

$V_{d2}$  – brzina podizanja palete,  $m/s$  ( $V_{d2} = 0.26 \text{ m/s}$ ),

$t_{gd}$  – gubitak vremena pri podizanju,  $s$  ( $t_{gd} = 3 \text{ s}$ ),

– vreme odlaganja palete (u regal, kamion itd.)  $t_9$ ,

$$t_9 = 5 \text{ s},$$

– vreme spuštanja viljuškara u transportni položaj  $t_{10}$ ,

$$t_{10} = \frac{H_2}{V_{s2}} + t_{gd}, \text{ s}$$

gde je:

$H_2$  – srednja visina spuštanja pri odlaganju palete,  $m$ ,

$V_{s2}$  – brzina viljuškara bez tereta,  $m/s$  ( $V_{s2} = 0.42 m/s$ ),

$t_{gd}$  – gubitak vremena pri spuštanju,  $s$  ( $t_{gd} = 3 s$ ),

– vreme okretanja viljuškara za  $90^\circ$  ( $180^\circ$ )  $t_{11}$ ,

$$t_{11} = 5 \div 8 s,$$

– vreme povratka viljuškara do mesta za zahvatanje paleta  $t_{12}$ ,

$$t_{12} = \frac{L}{V_{k2}} + t_{gk}, s$$

gde je:

$L$  – srednja dužina transportnog puta,  $m$ ,

$V_{k2}$  – brzina kretanja viljuškara bez teretom,  $m/s$  ( $V_{k2} = 3.3 m/s$ ),

$t_{gk}$  – gubitak vremena pri polasku i zaustavljanju viljuškara,  $s$  ( $t_{gk} = 5 s$ ).

Gore prikazani model može se koristiti za izračunavanje trajanja radnog ciklusa sledećih tipova viljuškara: \*7

- ručna paletna kolica,
- ručni elektro paletni viljuškar,
- čeonu viljuškar (sve vrste),
- bočni elektropaletni viljuškar.



### **Primer 01:**

Odrediti vreme trajanja radnog ciklusa viljuškara na iznošenju paleta iz skladišta i utovaru paleta u kamion ako je: srednja visina dizanja/spuštanja pri zahvatanju palete iz regala  $H_1 = 5 m$ , srednja visina dizanja/spuštanja pri odlaganju palete na kamion  $H_2 = 1.5 m$  i srednja dužina transportnog puta  $L = 40 m$ .

$$t_1 = 5 s,$$

$$t_2 = \frac{H_1}{V_{d1}} + t_g = \frac{5}{0.42} + 3 = 14.9 s,$$

$$t_3 = 5 s,$$

$$t_4 = \frac{H_1}{V_{s1}} + t_{gd} = \frac{5}{0.26} + 3 = 22.2 \text{ s},$$

$$t_5 = 6 \text{ s},$$

$$t_6 = \frac{L}{V_{k1}} + t_{gk} = \frac{40}{2.5} + 5 = 21 \text{ s},$$

$$t_7 = 5 \text{ s},$$

$$t_8 = \frac{H_2}{V_{d2}} + t_{gd} = \frac{1.5}{0.26} + 3 = 13.77 \text{ s},$$

$$t_9 = 5 \text{ s},$$

$$t_{10} = \frac{H_2}{V_{s2}} + t_{gd} = \frac{1.5}{0.42} + 3 = 6.57 \text{ s},$$

$$t_{11} = 6 \text{ s},$$

$$t_{12} = \frac{L}{V_{k2}} + t_{gk} = \frac{40}{3.3} + 5 = 17.12 \text{ s},$$

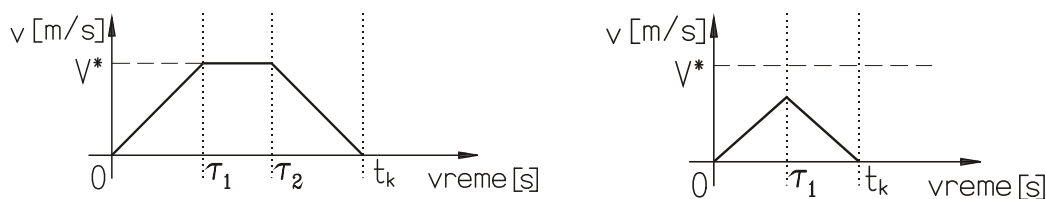
Vreme trajanja radnog ciklusa viljuškara na iznošenju paleta iz skladišta:

$$T_c = \sum_{i=1}^{12} t_i = 5 + 14.9 + 5 + 22.2 + 6 + 21 + 5 + 13.77 + 5 + 6.57 + 6 + 17.12 = 127.56 \text{ s}.$$

## 1.2. Radni ciklus visokoregalne dizalice (visokoregalnog viljuškara)

### Matematički model kretanja VRD (VRV)

Moguće optimalne promene brzine kretanja VRD (VRV) u  $x$  odnosno  $y$  pravcu prikazane su na slici II-1. \*10



Slika II-1. Promene brzine kretanja VRD (VRV) u  $x$  ( $y$ ) pravcu.

Na osnovu slike II-2, zaključuje se da optimalno vreme kretanja VRD (ili VRV) u  $y$  pravcu zavisi od puta koji u tom pravcu VRD (ili VRV) treba da pređe tj.

$$t_{ky} = \begin{cases} 2 \cdot \sqrt{\frac{h_y}{a}}, & h_y \leq \frac{V^{*2}}{a} \\ \frac{h_y}{V^*} + \frac{V^*}{a}, & h_y > \frac{V^{*2}}{a} \end{cases}$$

gde je:

$V^*$  – maksimalna brzina kretanja u y pravcu [m/s],  
 $a$  – maksimalna vrednost ubrzanja u y pravcu [m/s<sup>2</sup>].

Potpuno identični zaključci važe i kada je u pitanju kretanje VRD (VRV) u x pravcu.

$$t_{kx} = \begin{cases} 2 \cdot \sqrt{\frac{h_x}{a}}, & h_x \leq \frac{V^{*2}}{a} \\ \frac{h_x}{V^*} + \frac{V^*}{a}, & h_x > \frac{V^{*2}}{a} \end{cases}$$

gde je:

$V^*$  – maksimalna brzina kretanja u x pravcu [m/s],  
 $a$  – maksimalna vrednost ubrzanja u x pravcu [m/s<sup>2</sup>].

Optimalno vreme kretanja VRD (VRV), između dve lokacije  $P_1(x_1, y_1)$  i  $P_2(x_2, y_2)$  koje su međusobno izmeštene i po x i po y osi, kao posledica nezavisnosti pogona VRD (VRV) u x i y pravcu, određuje se kao maksimalno vreme od dva postojeća vremena kretanja u x ( $t_{kx}$ ) i y ( $t_{ky}$ ) pravcu tj.

$$t_{ko}^{P_1, P_2} = \max \{ t_{kx}; t_{ky} \}$$

gde se rastojanja  $h_x$  odnosno  $h_y$  određuju kao:

$$h_x = |x_1 - x_2| \text{ i}$$

$$h_y = |y_1 - y_2|.$$

### Jednosruki ciklus VRD (VRV)

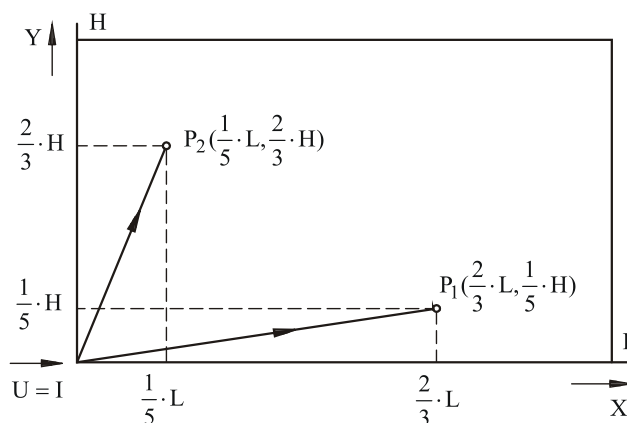
Jednosruki ciklus VRD (VRV) sastoji se iz niza operacija koje obuhvataju manipulaciju palete sa teretom. Pod pretpostavkom da se paleta sa teretom nalazi na mestu predviđenom za ulaz/izlaz paleta iz regala, jednosruki ciklus VRD (VRV) se sastoji iz operacija:

- kontrola funkcija i uključenje/isključenje,
- izvlačenje (teleskopiranje) praznih viljušaka,
- podizanje palete sa mesta za ulaz/izlaz,
- uvlačenje (teleskopiranje) viljušaka sa paletom i teretom,
- kontrola funkcija i uključenje/isključenje,
- jednovremeno kretanje VRD (VRV) u x i y pravcu,
- pozicioniranje "finom" brzinom,
- kontrola funkcija i uključenje/isključenje,
- izvlačenje (teleskopiranje) viljušaka sa paletom i teretom,
- spuštanje palete sa teretom u regal,
- uvlačenje (teleskopiranje) praznih viljušaka,

- kontrola funkcija i uključenje/isključenje,
- jednovremeno kretanje VRD (VRV) u x i y pravcu (povratno kretanje),
- pozicioniranje "finom" brzinom.

Prosečno vreme trajanja jednostrukog (prostog) ciklusa VRD (VRV), za datu konfiguraciju skladišta odnosno regala, u prema FEM<sup>1</sup> propisima određuje se na osnovu sledećeg izraza: (slika II-2)

$$T_c = \frac{1}{2} \cdot \left[ 2 \cdot (t_{ko}^{U,P_1} + t_p + t_{tel} + t_{d/s}) + 2 \cdot (t_{ko}^{U,P_2} + t_p + t_{tel} + t_{d/s}) \right] + t_{uk/is},$$



Slika II-2. Referentne tačke, FEM model. \*8

U prethodnom izrazu i na slici 1 koriste se sledeće oznake:

- L, H - dužina i visina regala,
- $t_{ko}^{U,P_1}$  - optimalno vreme kretanja VRD (VRV) pri kretanju od tačke ulaza U sa koordinatama U(0,0) do referentne tačke P<sub>1</sub> sa koordinatama  $P_1(\frac{2}{3} \cdot L, \frac{1}{5} \cdot H)$  i obrnuto, pod uslovom da je mesto ulaza palete u skladište jednako mestu izlaza palete iz skladišta (U=I),
- $t_{ko}^{U,P_2}$  - optimalno vreme kretanja VRD (VRV) pri kretanju od tačke ulaza U sa koordinatama U(0,0) do referentne tačke P<sub>2</sub> sa koordinatama  $P_2(\frac{1}{5} \cdot L, \frac{2}{3} \cdot H)$  i obrnuto, pod uslovom da je mesto ulaza palete u skladište jednako mestu izlaza palete iz skladišta (U=I),
- $t_p$  - vreme pozicioniranja VRD (VRV) za zahvatanje/odlaganje palete. Ova vrsta kretanja je uvek prisutna u ciklusu VRD (VRV) i izvodi se relativno malom brzinom na malom rastojanju. Vreme pozicioniranja se određuje kao:

$$t_p = \frac{S_p}{V_p},$$

<sup>1</sup> Federation Europeenne de la Manutention - FEM, No. 9.851

gde je:  $S_p$  - pređeni put u toku pozicioniranja koji iznosi obično od 0.055 m do 0.07 m i  $V_p$  - brzina pozicioniranja ("fina" brzina) čija je vrednost približno 1/100 od brzine kretanja u posmatranom pravcu, obično 2 m/min,

- $t_{tel}$  - vreme teleskopiranja, podrazumeva izvlačenje praznih viljuški i uvlačenje viljuški sa paletom i teretom ili obrnuto izvlačenje viljuški sa paletom i teretom i uvlačenje praznih viljuški. Brzine teleskopiranja (uvlačenje i izvlačenja viljuški) se mogu razlikovati u zavisnosti da li je paleta na viljuškama ili ne. Ako se brzine teleskopiranja razlikuju manja je ona kada je paleta na viljuškama. Put teleskopiranja zavisi od položaja palete u regalu, tj. da li je ona okrenuta širom ili užom stranom prema hodniku, i iznosi približno 1.05 m ili 1.35 m. Za određivanje vremena teleskopiranja koriste se isti izrazi kao i za određivanje vremena kretanja VRD (VRV) u x ili y pravcu,
- $t_{d/s}$  - vreme dizanja/spuštanja palete. Visina dizanja/spuštanja palete u regalu iznosi približno 0.1 m a vreme potrebno za to približno 3 s.
- $t_{uk/is}$  - vreme potrebno za kontrolu funkcija i uključenje/isklučenje. Kontrola funkcija i uključenje/isklučenje se u toku jednostrukog ciklusa obavljaju četiri puta i može se smatrati da je ukupno vreme potrebno za to 4 s.

Izraz za izračunavanje jednostrukog ciklusa VRD (VRV) moguće je primeniti samo ukoliko je zadovoljen uslov: \*9

$$0.5 < \frac{H}{L} \times \frac{V_x}{V_y} < 2,$$

gde je:

- $V_x$  - maksimalna brzina kretanja VRD (VRV) u horizontalnom pravcu, i
- $V_y$  - maksimalna brzina kretanja VRD (VRV) u vertikalnom pravcu.

### **Primer 02:**

Podaci potrebni za izračunavanje jednostrukog ciklusa VRD:

- tip VRD:  
Destamat 1024IHK/K.
- kretanje u x pravcu  
brzina: 80 m/min,  
"fina" brzina: 2 m/min,  
ubrzanje: 0.4 m/s<sup>2</sup>.
- kretanje u y pravcu  
brzina: 40 m/min,  
"fina" brzina: 2 m/min,  
ubrzanje: 0.4 m/s<sup>2</sup>.
- teleskopiranje  
brzina uvlačenja viljuški: 24 m/min,  
brzina izvlačenja viljuški: 24 m/min,



ubrzanje: 0.6 m/s<sup>2</sup>.

- putanja u x pravcu: L=36.48 m,
- putanja u y pravcu: H=19.18 m,
- put teleskopiranja: 1.35 m.
- visina podizanja palete u regalu: 0.1 m,
- položaj ulaza palete u regal (x/y): 0.0 m / 0.0 m,
- položaj izlaza palete iz regala (x/y): 0.0 m / 0.0 m.

Uslov za primenu izraza za izračunavanje jednostrukog ciklusa VRD (VRV):

$$0.5 < \frac{H}{L} \times \frac{V_x}{V_y} < 2; \quad 0.5 < \frac{19.18}{36.48} \times \frac{80}{40} < 2 \quad 0.5 < 1.051 < 2$$

je zadovoljen.

Struktura vremena koja učestvuju u jednostrukom ciklusu VRD je sledeća:

|   | Naziv operacije  | P1      | P2      |
|---|--|---------|---------|
| 1 | zahvatanje i odlaganje tereta  |         |         |
|   | -put teleskopiranja: 1.35 m; $t_{tel}=8.08 \text{ s} \times 2$             | 16.16 s | 16.16 s |
|   | -visina dizanja/spuštanja: 0.1 m; $t_{d/s}=3 \text{ s} \times 2$           | 6 s     | 6 s     |
| 2 | kretanje VRD u X/Y pravcu  |         |         |
|   | U/I - P <sub>1</sub> - U/I   |         |         |
|   | put X-pravac: 7.3 m; $t_{kx}=8.81 \text{ s} \times 2 = 17.62 \text{ s}$    |         |         |
|   | put Y-pravac: 12.79 m; $t_{ky}=20.85 \text{ s} \times 2 = 41.70 \text{ s}$ | 41.70 s |         |
|   | U/I - P <sub>2</sub> - U/I   |         |         |
|   | put X-pravac: 24.32 m; $t_{kx}=21.57 \text{ s} \times 2 = 43.15 \text{ s}$ |         | 43.15 s |
|   | put Y-pravac: 3.84 m; $t_{ky}=7.42 \text{ s} \times 2 = 14.85 \text{ s}$   |         |         |
| 3 | pozicioniranje   |         |         |
|   | put pozicioniranja: 0.065 m; $t_p = 1.95 \text{ s} \times 2$               | 3.9 s   | 3.9 s   |
|   | $\Sigma$   | 67.76 s | 69.21 s |

Prosečno vreme trajanja jednostrukog ciklusa  $T_c$ , uzimajući u obzir i  $t_{uk/is}=4 \text{ s}$ , dobija se kao:

$$T_c = \frac{1}{2} \cdot (67.76 + 69.21) + 4 = 72.49 \text{ s}$$

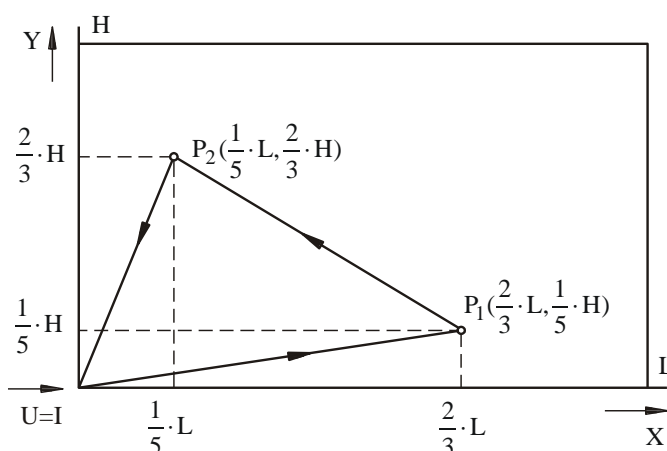
### Složeni ciklus VRD (VRV)

Složeni ciklus VRD (VRV) sastoji se iz niza operacija koje obuhvataju manipulaciju palete sa teretom. Pod pretpostavkom da se paleta sa teretom nalazi na mestu predviđenom za ulaz/izlaz paleta iz regala, složeni ciklus VRD (VRV) se sastoji iz sledećih operacija:

- kontrola funkcija i uključanje/isključenje,
- izvlačenje (teleskopiranje) praznih viljušaka,
- podizanje palete sa mesta za ulaz/izlaz,
- uvlačenje (teleskopiranje) viljušaka sa paletom i teretom,
- kontrola funkcija i uključanje/isključenje,
- jednovremeno kretanje VRD (VRV) u x i y pravcu (do mesta odlaganja palete u regal),
- pozicioniranje "finom" brzinom,
- kontrola funkcija i uključanje/isključenje,
- izvlačenje (teleskopiranje) viljušaka sa paletom i teretom,
- spuštanje palete sa teretom u regal,
- uvlačenje (teleskopiranje) praznih viljušaka,
- kontrola funkcija i uključanje/isključenje,
- jednovremeno kretanje VRD (VRV) u x i y pravcu (do mesta zahvatanja palete iz regala),
- pozicioniranje "finom" brzinom,
- kontrola funkcija i uključanje/isključenje,
- izvlačenje (teleskopiranje) praznih viljušaka,
- podizanje palete sa mesta zahvatanja iz regala,
- uvlačenje (teleskopiranje) viljušaka sa paletom i teretom,
- kontrola funkcija i uključanje/isključenje,
- jednovremeno kretanje VRD (VRV) u x i y pravcu (do mesta za ulaz/izlaz),
- pozicioniranje "finom" brzinom,
- kontrola funkcija i uključanje/isključenje,
- izvlačenje (teleskopiranje) viljušaka sa paletom i teretom,
- spuštanje palete sa teretom na mesto za ulaz/izlaz,
- uvlačenje (teleskopiranje) praznih viljušaka.

Srednje vreme trajanja složenog ciklusa VRD (VRV), za datu konfiguraciju skladišta odnosno regala, u prema FEM<sup>2</sup> propisima određuje se na osnovu sledećeg izraza: (slika II-3)

$$T_{cs} = \left[ 4 \cdot (t_{tel} + t_{d/s}) + t_{ko}^{U,P_1} + t_{ko}^{P_1,P_2} + t_{ko}^{P_2,I} \right] + t_{uk/is},$$



Slika II-3. Referentne tačke, FEM model – složeni ciklus. \*11

<sup>2</sup> Federation Europeenne de la Manutention - FEM, No. 9.851

U prethodnom izrazu i na slici II-3 koriste se sledeće oznake:

- $L, H$  - dužina i visina regala,
- $t_{ko}^{U,P_1}$  - vreme kretanja VRD (VRV) pri kretanju od tačke ulaza  $U$  sa koordinatama  $U(0,0)$  do referentne tačke  $P_1$  sa koordinatama  $P_1(\frac{2}{3} \cdot L, \frac{1}{5} \cdot H)$ ,
- $t_{ko}^{P_1,P_2}$  - vreme kretanja VRD (VRV) pri kretanju od referentne tačke  $P_1$  sa koordinatama  $P_1(\frac{2}{3} \cdot L, \frac{1}{5} \cdot H)$  do referentne tačke  $P_2$  sa koordinatama  $P_2(\frac{1}{5} \cdot L, \frac{2}{3} \cdot H)$ ,
- $t_{ko}^{P_2,I}$  - vreme kretanja VRD (VRV) pri kretanju od referentne tačke  $P_2$  sa koordinatama  $P_2(\frac{1}{5} \cdot L, \frac{2}{3} \cdot H)$  do tačke izlaza  $I$  sa koordinatama  $I(0,0)$ , ( $U=I$ ),
- $t_{tel}$  - vreme teleskopiranja, podrazumeva izvlačenje praznih viljušaka i uvlačenje viljušaka sa paletom i teretom ili obrnuto izvlačenje viljušaka sa paletom i teretom i uvlačenje praznih viljušaka. Za određivanje vremena teleskopiranja koriste se isti izrazi kao i za određivanje vremena kretanja VRD (VRV) u  $x$  ili  $y$  pravcu,
- $t_{d/s}$  - vreme dizanja/spuštanja palete. Vreme za dizanje/spuštanje palete iznosi približno 3 s.
- $t_{uk/is}$  - vreme potrebno za kontrolu funkcija i uključanje/isključenje. Kontrola funkcija i uključanje/isključenje se u toku složenog ciklusa obavlja sedam puta i može se smatrati da je ukupno vreme potrebno za to 7 s.

Izraz za izračunavanje složenog ciklusa VRD (VRV) moguće je primeniti samo ukoliko je zadovoljen uslov: \*9

$$0,5 < \frac{H}{L} \times \frac{V_x^*}{V_y^*} < 2,$$

gde je:  $V_x^*$  - maksimalna brzina kretanja VRD (VRV) u horizontalnom pravcu, i

$V_y^*$  - maksimalna brzina kretanja VRD (VRV) u vertikalnom pravcu.

### **Primer 03:**

Odrediti vreme trajanja srednjeg složenog ciklusa VRD, prema FEM propisima, za podatke vezane za tehničke karakteristike VRD i konfiguraciju skladišnog sistema – regala date u Primeru 02.

Srednje vreme trajanja složenog ciklusa VRD, za datu konfiguraciju skladišta odnosno regala, u prema FEM propisima određuje se na osnovu sledećeg izraza:

$$T_{cs} = \left[ 4 \cdot (t_{tel} + t_{d/s}) + t_{ko}^{U,P_1} + t_{ko}^{P_1,P_2} + t_{ko}^{P_2,I} \right] + t_{uk/is},$$

pod uslovim da je zadovoljen uslov:

$$0,5 < \frac{H}{L} \times \frac{V_x^*}{V_y^*} < 2.$$

Kako se konfiguracija skladišta ( $L, H$ ) i usvojene maksimalne brzine kretanja VRD ( $V_x^*, V_y^*$ ) nisu menjale, to je gornji uslov i u slučaju proračuna složenog ciklusa VRD zadovoljen.

Struktura vremena koja učestvuju u složenom ciklusu VRD je sledeća:

|   | Naziv operacije   | trajanje   |
|---|---|--|
| 1 | zahvatanje i odlaganje tereta<br>-put teleskopiranja: $1,325\text{ m}$ ; $t_{tel}=8,37\text{ s} \times 4$<br>-visina dizanja/spuštanja: $0,1\text{ m}$ ; $t_{d/s}=3\text{ s} \times 4$  | $33,48\text{ s}$<br>$12\text{ s}$                                |
| 2 | kretanje VRD u X/Y pravcu<br><br><b>U/I - P<sub>1</sub></b><br>put X-pravac: $52,893\text{ m}$ ; $t_{kx}=35,78\text{ s}$<br>pozicioniranje X-pravac: $0,2\text{ m}$ ; $t_{px}=9,6\text{ s}$<br>$t_{kx} + t_{px} = 45,38\text{ s}$<br>put Y-pravac: $1,64\text{ m}$ ; $t_{ky}=7,70\text{ s}$<br>pozicioniranje Y-pravac: $0,2\text{ m}$ ; $t_{py}=16,0\text{ s}$<br>$t_{ky} + t_{py} = 23,70\text{ s}$<br><br><b>P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub></b><br>put X-pravac: $37,03\text{ m}$ ; $t_{kx}=26,26\text{ s}$<br>pozicioniranje X-pravac: $0,2\text{ m}$ ; $t_{px}=9,6\text{ s}$<br>$t_{kx} + t_{px} = 35,86\text{ s}$<br>put Y-pravac: $3,83\text{ m}$ ; $t_{ky}= 18,63\text{ s}$<br>pozicioniranje Y-pravac: $0,2\text{ m}$ ; $t_{py}=16,0\text{ s}$<br>$t_{ky} + t_{py} = 34,63\text{ s}$<br><br><b>P<sub>2</sub> - U/I</b><br>put X-pravac: $15,868\text{ m}$ ; $t_{kx}=13,57\text{ s}$<br>pozicioniranje X-pravac: $0,2\text{ m}$ ; $t_{px}=9,6\text{ s}$<br>$t_{kx} + t_{px} = 23,17\text{ s}$<br>put Y-pravac: $5,466\text{ m}$ ; $t_{ky}=26,833\text{ s}$<br>pozicioniranje Y-pravac: $0,2\text{ m}$ ; $t_{py}=16,0\text{ s}$<br>$t_{ky} + t_{py} = 42,83\text{ s}$ | $45,38\text{ s}$<br><br>$35,86\text{ s}$<br><br>$42,83\text{ s}$ |
|   | $\Sigma$  | $169,55\text{ s}$  |

Srednje vreme trajanja složenog ciklusa VRD –  $T_{cs}$ , uzimajući u obzir i  $t_{uk/is}=7\text{ s}$ , iznosi:

$$T_{cs} = 169,55 + 7 = 176,55\text{ s}.$$

Model za izračunavanje vremena trajanja radnog ciklusa, prema FEM-u, može se koristiti za visokoregalne dizalice i visokoregalne viljuškare. \*12

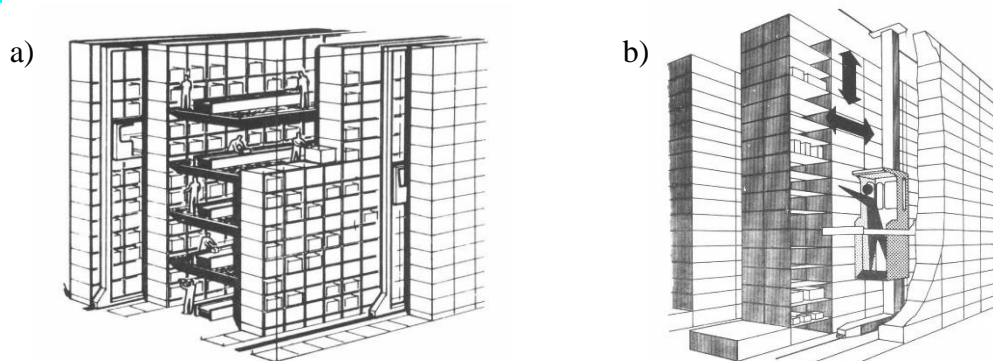


## 2. KOMISIONIRANJE

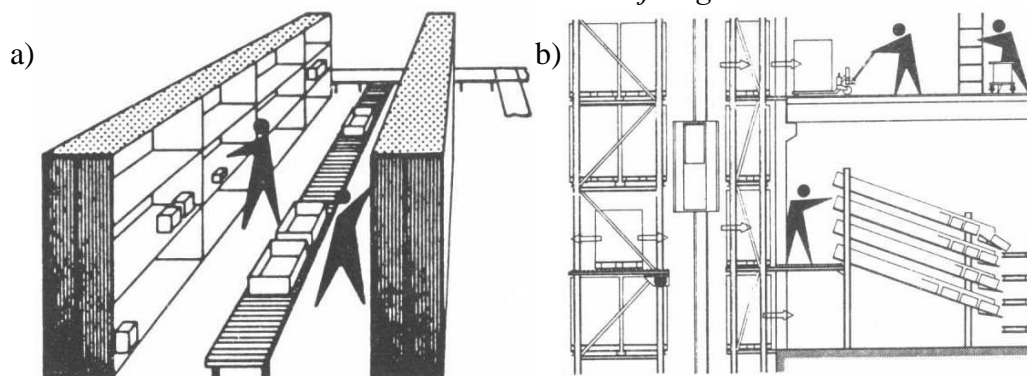
Komisioniranje ili priprema robe za distribuciju, podrazumeva prikupljanje i sortiranje narudžbina i predstavlja najsloženiju skladišnu operaciju – funkciju sa stanovišta sistema opsluživanja.

Aktivnost komisioniranja obuhvata: selekciju (uzimanje) robe sa skladišnih površina, njeno sortiranje prema listi zahteva potrošača i pripremu za otpremu iz skladišta. Osnovna funkcija područja gde se vrši priprema robe za distribuciju – komisioniranje je: odabiranje, sortiranje i akumulacija robe prema zahtevima potrošača. Jedinice koje izlaze iz ovog područja mogu da budu različite od onih koje ulaze u skladište. To znači da jedinice napuštaju ovo područje u stanju različitom od onog u kome su došle i bile uskladištene. Pored osnovne funkcije, zavisno od rešenja, ovo područje može da sadrži i funkciju vremenskog premošćavanja koje obuhvata interval od ulaska robe u ovu zonu pa do njene otpreme, koja je diktirana zahtevima potrošača (asortiman, količine i vreme isporuke). \*13

Selekcija narudžbina može da se vrši direktno u glavnom skladištu (slika II-4) ili u posebnom skladištu za pripremu narudžbina (komisiona skladišta, slika II-5), da bi se omogućio efikasniji rad. \*14



Slika II-4. Komisioniranje u glavnom skladištu.



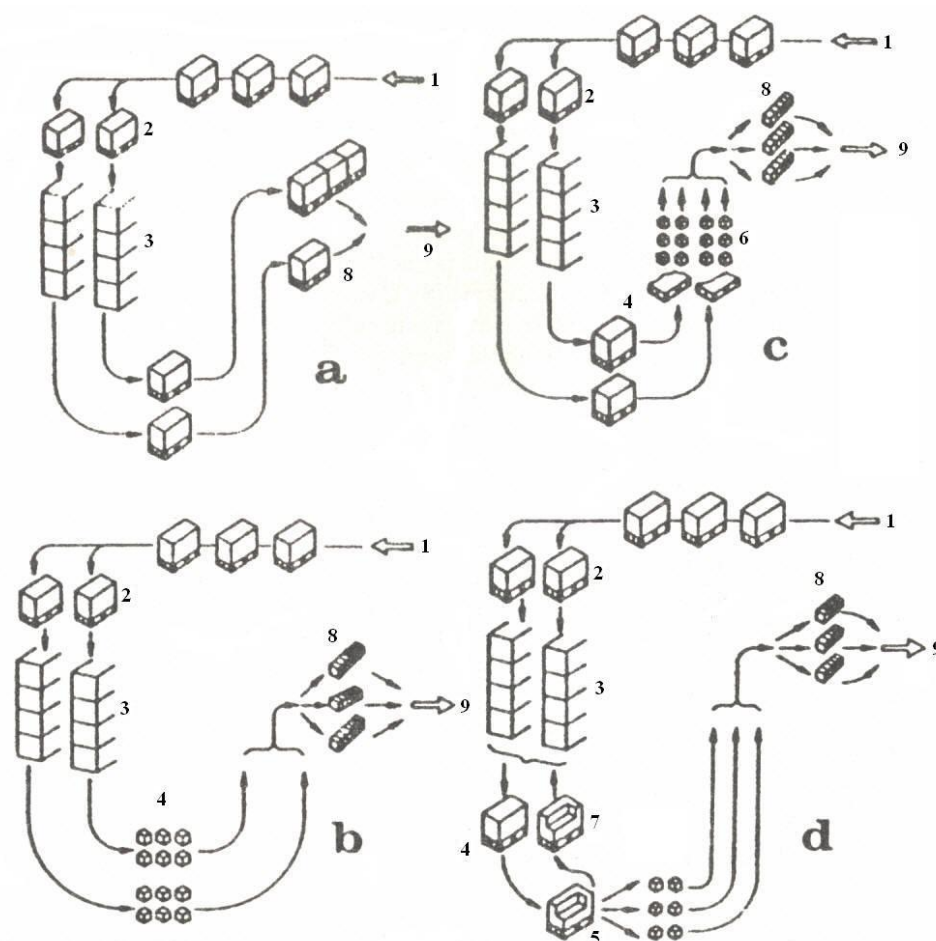
Slika II-5. Komisiono skladište.

Sortiranje je manuelni postupak i zato je skup jer zahteva angažovanje velikog broja ljudi. Kompletiranje narudžbina je često najkritičnija skladišna funkcija, zato što manipulacija malih narudžbina velike frekvencije čini ovaj rad intenzivnim i zato što brzina kompletiranja narudžbina direktno utiče na kvalitet usluge potrošačima. Najvažniji cilj pri rešavanju komisionog područja, pored iskorišćenja prostora, je minimiziranje vremena prikupljanja i sortiranja narudžbina optimiziranjem puta i postupaka pojedinih zahvata. \*15

Proces komisioniranja može da bude statički i dinamički. Statičko komisioniranje “čovjek robi” se odvija u zoni uskladištenja (slike II-5, II-6b i II-6c). Dinamički sistem “roba čoveku” predviđa odnošenje iz skladišta cele transportne jedinice do zone za komisioniranje gde se uzimaju željeni artikli a preostali deo robe se vraća u skladište (slike II-6d i II-7). \*16, \*17, \*18

Na slici II-6 su date osnovne tehnološke šeme prikupljanja i sortiranja narudžbina u paletnim skladištima. Kod varijante A, iz glavnog skladišta (3) se uzimaju cele transportne jedinice (4) i odnose do mesta gde se kompletiraju narudžbine (8). U ovom slučaju minimalna količina koja se naručuje ne sme da bude manja od količine robe koja se nalazi na jednoj paleti. \*19

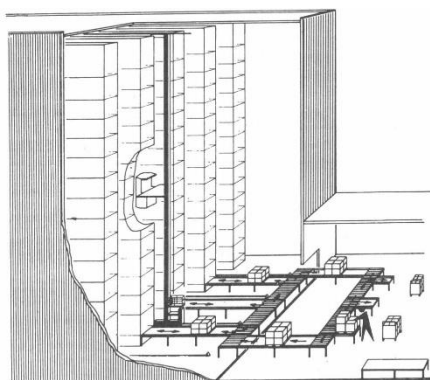
U varijanti B, naručene količine (4), manje od količine koju prima transportna jedinica, se uzimaju direktno iz glavnog skladišta (3) i odnose na mesto kompletiranja narudžbina (8). Kod varijante C, iz glavnog skladišta (3) se odnose transportne jedinice (4) do skladišta za pripremu narudžbina (6), gde se izdvajaju naručene količine i odvoze do mesta kompletiranja narudžbina (8). U varijanti D, iz skladišta (3) se uzimaju transportne jedinice (4), sa kojih se izdvajaju naručene količine (5) nakon čega se transportne jedinice vraćaju natrag u skladište (7), dok se naručena roba odnosi na mesto za kompletiranje narudžbina (8). Na svim šemama slike II-6, (1) označava mesto dovoza transportnih jedinica (2), a (9) otpremu narudžbina. \*20, \*21, \*22



Slika II-6. Postupci komisioniranja.

U toku pripreme narudžbina (komisioniranja) kretanje radnika (i robe) može da bude jednodimenzionalno (slika II-5a) kada se kretanje odvija u jednoj ravni ili dvodimenzionalno kada

se za obavljanje procesa komisioniranja koriste specijalni komisioni viljuškari ili visoko regalne dizalice (slika II-4b).



Slika II-7. Postupci komisioniranja - "roba čoveku".

## 2.1. Matematički model procesa komisioniranja

Ukupno vreme za pripremu narudžbina u toku dana (smene) iznosi:

$$T_{pn} = M \cdot \left[ (\bar{t}_p + \bar{t}_z \cdot m + \bar{t}_{din}) \cdot n + \bar{t}_d \right]$$

gde je:

$M$  – prosečan broj narudžbina,

$\bar{t}_p$  – prosečno pripremno vreme po lokaciji koja se opslužuje, obuhvata čitanje liste za pripremu robe, traženje lokacije, čitanje oznake na regalu i obradu naloga. Prosečno  $\bar{t}_p = 10 \div 15$  s/lokaciji.

$\bar{t}_z$  – prosečno vreme zahvatanja robe, obuhvata uzimanje robe sa date lokacije, prenošenje i postavljanje robe na transportno sredstvo. Zavisi od uslova rada i mase i dimenzije pakovanja. Prosečno  $\bar{t}_z = 3 \div 6$  s/poziciji.

$m$  – prosečan broj artikala koji se uzima sa date lokacije.

$\bar{t}_{din}$  – prosečno vreme kretanja po jednoj lokaciji.

$n$  – prosečan broj lokacija koji se obiđe u ciklusu komisioniranja.

$\bar{t}_d$  – dodatno vreme po jednoj narudžbini, obuhvata preuzimanje nove liste (narudžbenice) za pripremu robe, uzimanje transportnog sredstva kod ručnog komisioniranja, predaju primljene robe itd. i zavisi od layout-a i vrste primenjenog transportnog uređaja. Preporučena vremena:

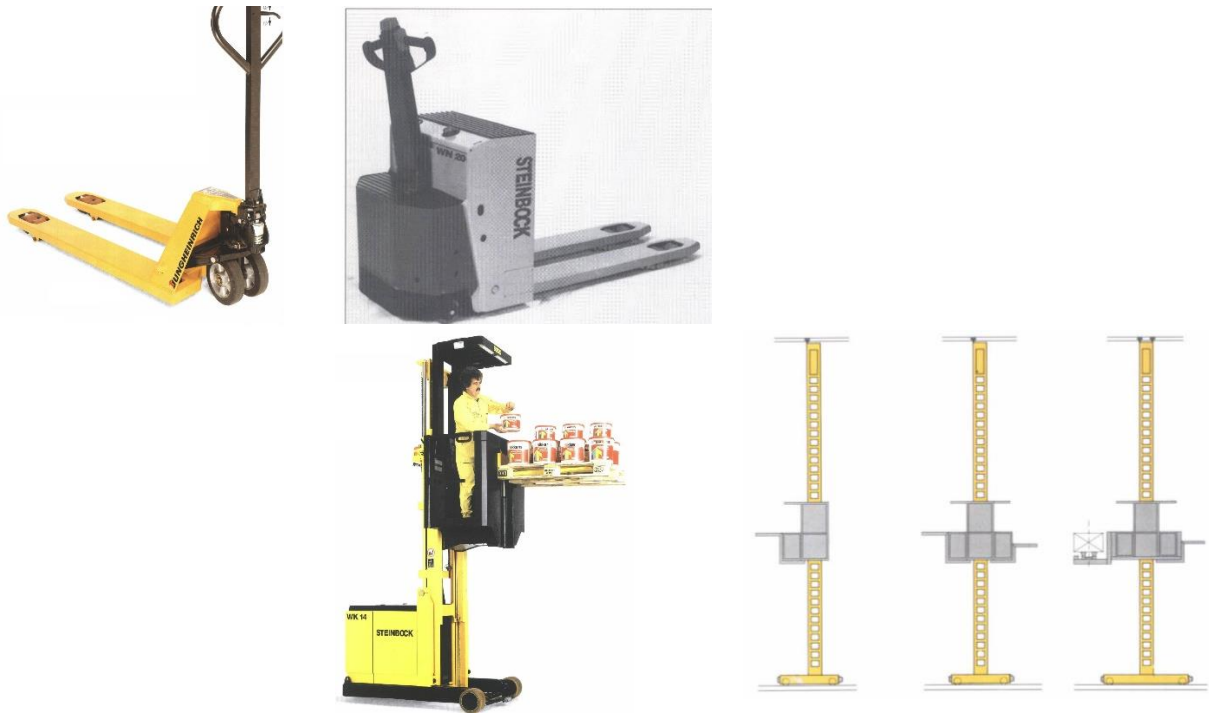
$\bar{t}_d = 75 \div 300$  s, za ručna paletna kolica,

$\bar{t}_d = 70 \div 250$  s, za komisioni viljuškar,

$\bar{t}_d = 55 \div 200$  s, za komisione visoko regalne dizalice.

Kretanje radnika u procesu komisioniranja, kao što je rečeno, može da bude jednodimenzionalno ili dvodimenzionalno što zavisi od načina obavljanja procesa komisioniranja. Transportni uređaji koji se koriste za jednodimenzionalno komisioniranje su ručna paletna kolica, elektro paletna kolica (obična) ili elektro paletna kolica namenjena za komisioniranje sa jednim ili dva mesta za palete, dok se za dvodimenzionalno komisioniranje koriste komisioni viljuškari ili komisione visoko regalne dizalice, slika II-8.

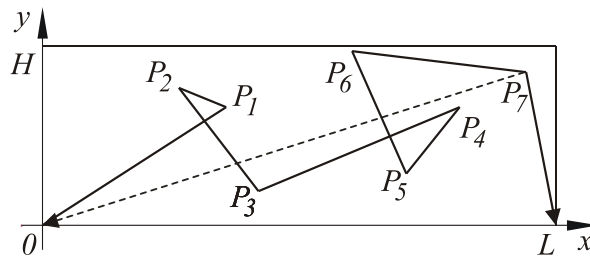




Slika II-8. Transportni uređaji koji se koriste za komisioniranje.

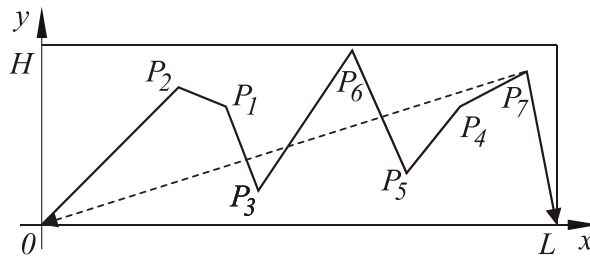
Pri tome vreme kretanja zavisi od načina uzimanja robe sa pojedinih lokacija, koje može da se obavlja na dva načina:

- **Uzimanje robe bez strategije**, kada radnik na komisioniranju uzima robu prema redosledu na listi narudžbina bez prethodnog svrstavanja pozicija prema razdaljinama pojedinih lokacija. (slika II-9) \*23



Slika II-9. Komisioniranje bez strategije.

- **Uzimanje robe sa strategijom**, kada su pozicije sa liste narudžbina poredane prema njihovoj udaljenosti u odnosu na mesto ulaska radnika u zonu za komisioniranje. Ovakva organizacija zahteva dodatnu obradu liste ali se postiže znatna ušteda u dinamičkom vremenu komisioniranja. (slika II-10) \*24



Slika II-10. Komisioniranje sa strategijom.



Prosečno dinamičko vreme pri jednodimenzionalnom kretanju i uzimanju robe bez strategije je dato izrazom:

$$\bar{t}_{din} = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{V}{a} + \frac{n-1}{3 \cdot n} \cdot \frac{L}{V} + \frac{L}{V \cdot n},$$

gde je:

- $n$  – prosečan broj lokacija koji se obiđe u ciklusu komisioniranja,
- $V$  – brzina kretanja radnika pri komisioniranju,
- $a$  – prosečna vrednost ubrzanja,
- $L$  – dužina puta komisioniranja.

Kod uzimanja robe sa strategijom prosečno vreme pri jednodimenzionalnom kretanju i uzimanju robe dato je izrazom:

$$\bar{t}_{din} = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{V}{a} + \frac{L}{V \cdot n}.$$

Uobičajene vrednosti brzina i ubrzanja kod jednodimenzionalnog kretanja iznose:

- peške bez tereta:  $V=1,1 \div 1,4 \text{ m/s}$ ;  $a=1,5 \div 2,1 \text{ m/s}^2$ ,
- peške sa teretom do 15 kg:  $V=1,1 \div 1,2 \text{ m/s}$ ;  $a=0,8 \div 1,3 \text{ m/s}^2$ ,
- peške sa kolicima i teretom do 250 kg:  $V=0,9 \div 1,0 \text{ m/s}$ ;  $a=0,8 \div 1,3 \text{ m/s}^2$ ,
- peške sa paletnim kolicima:  $V=2,4 \div 2,6 \text{ m/s}$ ;  $a=1,1 \div 1,9 \text{ m/s}^2$ .

Prosečno vreme za dvodimenzionalno kretanje kod uzimanja robe bez strategije je dato izrazom:

$$\bar{t}_{din} = \frac{n+1}{2 \cdot n} \cdot \left( \frac{V_x}{a_x} + \frac{V_y}{a_y} \right) + \frac{4}{3 \cdot n} \cdot \frac{L}{V_x} + \frac{n-1}{n} \cdot \frac{14}{30} \cdot \frac{L}{V_x},$$

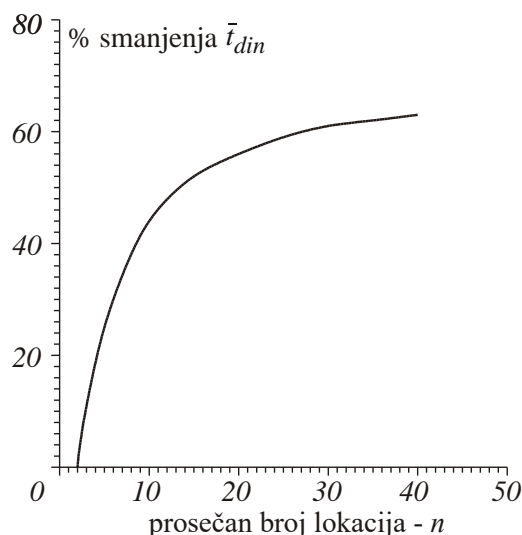
uslov za primenu gornjeg izraza je:

$$\frac{H}{L} \cdot \frac{V_x}{V_y} \cong 1,$$

gde je:

- $H$  – visina regala,
- $L$  – dužina regala,
- $V_x$  – maksimalna brzina horizontalnog kretanja,
- $V_y$  – maksimalna brzina vertikalnog kretanja,
- $a_x$  – ubrzanje u horizontalnom pravcu,
- $a_y$  – ubrzanje u vertikalnom pravcu,
- $n$  – prosečan broj lokacija koji se obiđe u ciklusu komisioniranja.

Prosečno vreme kretanja po lokaciji kod dvodimenzionalnog kretanja sa strategijom  $\bar{t}_{din}$  opada sa brojem lokacija koje dizalica obiđe u toku jednog ciklusa. Procenat smanjenja prosečnog vremena kretanja po lokaciji  $\bar{t}_{din}$  u slučaju dvodimenzionalnog kretanja sa strategijom u odnosu na prosečno vreme kretanja po lokaciji  $\bar{t}_{din}$  slučaju dvodimenzionalnog kretanja bez strategije, u zavisnosti od prosečnog broja lokacija –  $n$ , prikazan je na slici II-11. \*25



Slika II-11. Procenat smanjenja prosečnog vremena kretanja po lokaciji u slučaju dvodimenzionalnog komisioniranja sa strategijom.

#### **Primer 04**

Odrediti potreban broj radnika za komisioniranje  $N$ , pri statičkom komisioniranju, sa strategijom i bez strategije, ako se dnevno kompletira  $M=50$  narudžbina sa prosečnim obilaskom  $n=30$  lokacija na kojima se prosečno uzima po  $m=6$  artikala. Proces komisioniranja se obavlja u jednoj smeni sa kolicima maksimalne nosivosti do  $250 \text{ kg}$ . Efektivno vreme rada radnika na komisioniranju u jednoj smeni iznosi  $t_{ef}=7$  sati. Dužina puta komisioniranja je  $L=100 \text{ m}$ .

Ukupno vreme potrebno za pripremu narudžbina u toku dana određuje se na osnovu izraza:

$$T_{pn} = M \cdot [(\bar{t}_p + \bar{t}_z \cdot m + \bar{t}_{din}) \cdot n + \bar{t}_d]$$

gde je:

$M$  – prosečan broj narudžbina,  $M=50$ ,

$\bar{t}_p$  – prosečno pripremno vreme po lokaciji koja se opslužuje, preporučeno  $\bar{t}_p = 10 \div 15 \text{ s/lokaciji}$ , usvojeno  $\bar{t}_p = 10 \text{ s}$ .

$\bar{t}_z$  – prosečno vreme zahvatanja robe, preporučeno  $\bar{t}_z = 3 \div 6 \text{ s/poziciji}$ , usvojeno  $\bar{t}_z = 3 \text{ s}$ .

$m$  – prosečan broj artikala koji se uzima sa date lokacije,  $m=6$ .

$n$  – prosečan broj lokacija koji se obiđe u ciklusu komisioniranja,  $n=30$ .

$\bar{t}_d$  – dodatno vreme po jednoj narudžbini, preporučeno  $\bar{t}_d = 75 \div 300 \text{ s}$ , usvojeno  $\bar{t}_d = 100 \text{ s}$ .

$\bar{t}_{din}$  – prosečno vreme kretanja po jednoj lokaciji.

Vreme kretanja radnika po jednoj lokaciji u procesu jednodimenzionalnog komisioniranja sa strategijom dato je izrazom:

$$\bar{t}_{din} = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{V}{a} + \frac{L}{V \cdot n} = \frac{30+1}{30} \cdot \frac{1}{1} + \frac{100}{1 \cdot 30} = 4,36 \text{ s} \rightarrow \bar{t}_{din} = 4,5 \text{ s}$$

dok je vreme kretanja radnika po jednoj lokaciji u procesu jednodimenzionalnog komisioniranja bez strategije dato je izrazom:

$$\bar{t}_{din} = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{V}{a} + \frac{n-1}{3 \cdot n} \cdot \frac{L}{V} + \frac{L}{V \cdot n} =$$

$$= \frac{30+1}{30} \cdot \frac{1}{1} + \frac{30-1}{3 \cdot 30} \cdot \frac{100}{1} + \frac{100}{1 \cdot 30} = 36,59 \text{ s} \rightarrow \bar{t}_{din} = 37 \text{ s},$$

gde je:

$V$  – brzina kretanja radnika pri komisioniranju, peške sa kolicima i teretom do 250 kg:  $V=0,9 \div 1,0$  m/s, usvojeno  $V=1,0$  m/s,

$a$  – prosečna vrednost ubrzanja, preporučeno  $a=0,8 \div 1,3$  m/s<sup>2</sup>, usvojeno  $a=1,0$  m/s<sup>2</sup>,

$L$  – dužina puta komisioniranja,  $L=100$  m.

Ukupno vreme potrebno za pripremu narudžbina pri jednodimenzionalnom komisioniranju sa strategijom iznosi:

$$\begin{aligned} T_{pn} &= M \cdot [(\bar{t}_p + \bar{t}_z \cdot m + \bar{t}_{din}) \cdot n + \bar{t}_d] = \\ &= 50 \cdot [(10 + 3 \cdot 6 + 4,5) \cdot 30 + 100] = 53750 \text{ s ili } 14,93 \text{ h}, \end{aligned}$$

dok ukupno vreme potrebno za pripremu narudžbina pri jednodimenzionalnom komisioniranju bez strategije iznosi:

$$\begin{aligned} T_{pn} &= M \cdot [(\bar{t}_p + \bar{t}_z \cdot m + \bar{t}_{din}) \cdot n + \bar{t}_d] = \\ &= 50 \cdot [(10 + 3 \cdot 6 + 37) \cdot 30 + 100] = 102500 \text{ s ili } 28,47 \text{ h}. \end{aligned}$$

Potreban broj radnika, u slučaju jednodimenzionalnog komisioniranja sa strategijom iznosi:

$$N = \frac{T_{pn}}{t_{ef}} = \frac{14,93}{7} = 2,13 \text{ radnika,} \rightarrow \text{usvojeno } N=3 \text{ radnika,}$$

dok je potreban broj radnika, u slučaju jednodimenzionalnog komisioniranja bez strategije:

$$N = \frac{T_{pn}}{t_{ef}} = \frac{28,47}{7} = 4,067 \text{ radnika,} \rightarrow \text{usvojeno } N=5 \text{ radnika.}$$

### **Primer 05**

Visoko regalna dizalica opslužuje hodnik sa regalima dužine  $L=87$  m i visine  $H=16$  m. Karakteristike visoko regalne dizalice su: maksimalna brzina kretanja u horizontalnom pravcu  $V_x=1,66$  m/s, maksimalna brzina dizanja/spuštanja tereta  $V_y=0,3$  m/s, ubrzanje u horizontalnom i vertikalnom pravcu je  $a_x=0,3$  m/s<sup>2</sup> tj.  $a_y=0,3$  m/s<sup>2</sup>. Visoko regalna dizalica radi na procesu komisioniranja bez strategije i prosečno dnevno ima  $M=43$  narudžbine na dan. Jedna narudžbina se u proseku formira obilaskom  $n=20$  lokacija tako što se na svakoj lokaciji uzima po  $m=1$  artikala. Odrediti ukupno vreme potrebno za pripremu narudžbina.

Ukupno vreme potrebno za pripremu narudžbina u toku dana određuje se na osnovu izraza:

$$T_{pn} = M \cdot [(\bar{t}_p + \bar{t}_z \cdot m + \bar{t}_{din}) \cdot n + \bar{t}_d],$$

gde je:

$M$  – prosečan broj narudžbina u toku dana,  $M=43$ ,

$\bar{t}_p$  – prosečno pripremno vreme po lokaciji koja se opslužuje,

$$\bar{t}_p = 10 \text{ s/lok.}$$

$\bar{t}_z$  – prosečno vreme zahvatanja robe,  $\bar{t}_z = 3$  s/lok.

$m$  – prosečan broj artikala koji se uzima sa date lokacije,  $m=6$ .

$n$  – prosečan broj lokacija koji se obiđe u ciklusu komisioniranja,  $n=20$ .

$\bar{t}_d$  – dodatno vreme po jednoj narudžbini,  $\bar{t}_d = 80$  s.

Prosečno vreme za dvodimenzionalno kretanje kod uzimanja robe, po jednoj lokaciji, bez strategije je dato izrazom (A3.7) tj.:

$$\bar{t}_{din} = \frac{n+1}{2 \cdot n} \cdot \left( \frac{V_x}{a_x} + \frac{V_y}{a_y} \right) + \frac{4}{3 \cdot n} \cdot \frac{L}{V_x} + \frac{n-1}{n} \cdot \frac{14}{30} \cdot \frac{L}{V_x},$$

pod uslovim da je zadovoljen uslov:

$$\frac{H}{L} \cdot \frac{V_x}{V_y} \cong 1.$$

Kako je za datu konfiguraciju skladišta ( $L$ ,  $H$ ) i usvojene brzine kretanja visoko regalne dizalice  $V_x$  i  $V_y$ :

$$\frac{H}{L} \times \frac{V_x}{V_y} = \frac{16}{87} \times \frac{1,66}{0,3} = 1,0176,$$

to je gornji uslov zadovoljen.

Prosečno vreme za dvodimenzionalno kretanje kod uzimanja robe, po jednoj lokaciji, iznosi:

$$\bar{t}_{din} = \frac{20+1}{2 \cdot 20} \cdot \left( \frac{1,66}{0,3} + \frac{0,3}{0,3} \right) + \frac{4}{3 \cdot 20} \cdot \frac{87}{1,66} + \frac{20-1}{20} \cdot \frac{14}{30} \cdot \frac{87}{1,66},$$

$$\bar{t}_{din} = 30,16 \text{ s} \rightarrow \bar{t}_{din} = 30,5 \text{ s}.$$

gde je:

$L=87 \text{ m}$  – dužina regala,

$V_x=1,66 \text{ m/s}$  – maksimalna brzina horizontalnog kretanja,

$V_y=0,3 \text{ m/s}$  – maksimalna brzina dizanja/spuštanja tereta,

$a_x=0,3 \text{ m/s}^2$  – ubrzanje u horizontalnom pravcu,

$a_y=0,3 \text{ m/s}^2$  – ubrzanje u vertikalnom pravcu,

$n=20$  – prosečan broj lokacija koji se obiđe u ciklusu komisioniranja.

Konačno, ukupno vreme potrebno za pripremu narudžbina u toku dana određuje iznosi:

$$T_{pn} = M \cdot \left[ (\bar{t}_p + \bar{t}_z \cdot m + \bar{t}_{din}) \cdot n + \bar{t}_d \right],$$

$$T_{pn} = 43 \cdot \left[ (10 + 3 \cdot 6 + 30,5) \cdot 20 + 80 \right] = 53750 \text{ s ili } 14,93 \text{ h},$$

što znači da visoko regalna dizalica treba da radi u dve smene.

## Pitanja:

1. Kojoj klasi mašina pripadaju transportni uređaji koji se koriste za izvođenje skladišnih operacija, navesti koji su to uređaji.
2. Koji je glavni parametar performansi radnih mašina sa prekidnim načinom rada.
3. Posledice uzimanja većih računskih vremena radnog ciklusa pri projektovanju skladišnih sistema.
4. Posledice uzimanja manjih računskih vremena radnog ciklusa pri projektovanju skladišnih sistema.
5. O čega zavisi radni kapacitet transportnih uređaja.
6. Na osnovu čega se određuje broj potrebnih transportnih mašina.
7. Navesti tipove viljuškara za koje se koristi model proračuna radnog ciklusa.
8. Referentne tačke za proračun jednostrukog radnog ciklusa VRD ili VRV.
9. Uslov koji mora biti zadovoljen za izračunavanje jednostrukog ciklusa VRD (ili VRV).
10. Dijagram optimalne promene brzine kretanja VRD (ili VRV) u  $x$  ( $y$ ) pravcu.
11. Referentne tačke za proračun složenog radnog ciklusa VRD ili VRV.
12. Za koje transportne uređaje se koristi FEM propis za izračunavanje vremena trajanja radnog ciklusa.
13. Šta obuhvata aktivnost komisioniranja.
14. Gde je moguće vršiti komisioniranje.
15. Najvažniji cilj pri komisionog područja.
16. Vrste procesa komisioniranja.
17. Objasniti proces komisioniranja „roba čoveku“.
18. Objasniti proces komisioniranja „čovek robi“.
19. Nacrtati šemu komisioniranja kada se iz glavnog skladišta se uzimaju cele transportne jedinice.
20. Nacrtati šemu komisioniranja kada se manje količine nego što je transportna jedinica uzimaju direktno iz glavnog skladišta.
21. Nacrtati šemu komisioniranja kada se iz glavnog skladišta se odnose transportne jedinice do skladišta za pripremu narudžbina.
22. Nacrtati šemu komisioniranja kada se iz glavnog skladišta uzimaju transportne jedinice sa kojih se izdvajaju naručene količine nakon čega se transportne jedinice vraćaju natrag u skladište a naručena roba se odnosi na mesto za kompletiranje narudžbina.
23. Komisioniranje bez strategije (dijagram).
24. Komisioniranje sa strategijom (dijagram).
25. Smanjenje prosečnog vremena kretanja po lokaciji u slučaju dvodimenzionalnog komisioniranja sa strategijom (dijagram).