

**METODE ODREĐIVANJA VELIČINE ZALIHA U PROCESU  
PROIZVODNJE**

**METHODS FOR DETERMINATION STOCK SIZE IN PROCESS OF  
PRODUCTION**

**Mr. Nusret Softić, dipl.oec., Sarajevoosiguranje dd  
Sarajevo**

**Ključne riječi:** metode, zalihe, optimalna količina, kritična količina.

**REZIME:**

*U radu se obrađuju metode određivanja veličine zalihe kroz prethodnu fazu i tehnološku fazu. Optimalna zaliha materijala uslovljena je: načinom ulaza i izlaza, troškovima, potrebom održavanja kontinuiteta procesa proizvodnje, i faktorom obrtanja. Razrađene su tehnološke zalihe, transportne zalihe, rezervna zaliha, obrtna zaliha, zaliha za podešavanje i zaliha opravke.*

**Key words:** methods, stocks, optimal quantity, critical quantity

**SUMMARY**

*In this essay it has been worked on determination stock size through preliminary phase and technological phase. Optimal material stocks is conditional with: the way of inbound and outbound, cost, need in keeping continual process of production, and turn-over factor. It has been worked out technological stocks, transport stocks, reserve stocks, turn-over stocks, adjustment stocks, and repair stocks.*

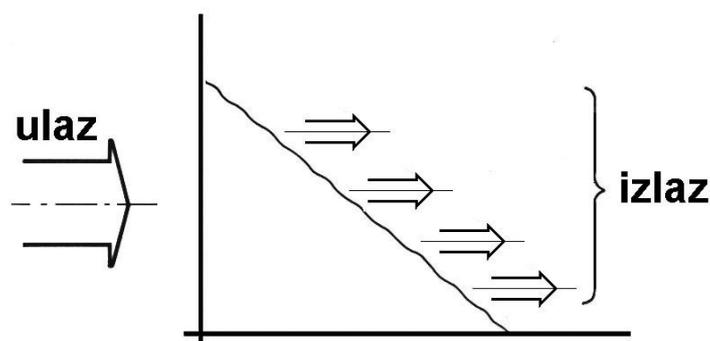
**1. PRETHODNA FAZA**

Optimalna zaliha materijala je uslovljena:

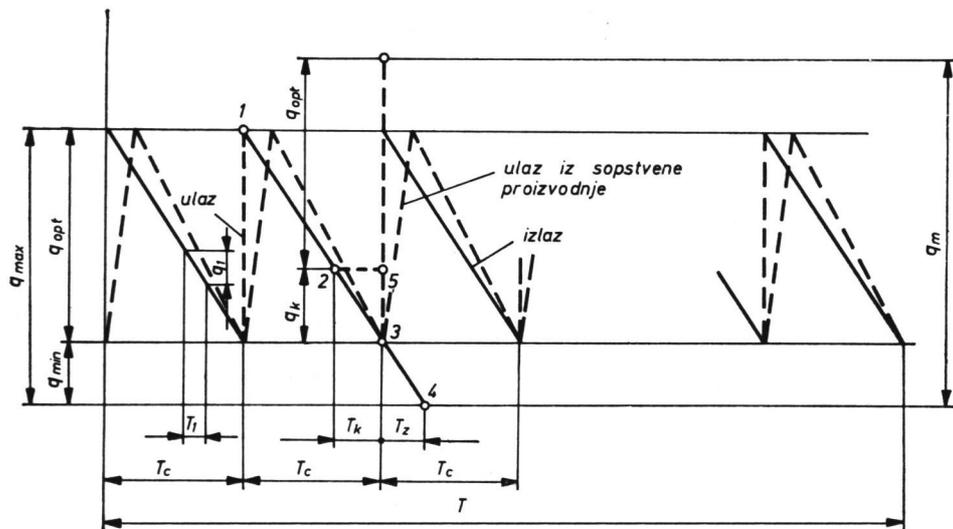
- načinom ulaza odnosno izlaza,
- troškovima (nabavke, uskladištenja i isporuke),
- potrebom održavanja kontinuiteta procesa proizvodnje,
- faktorom obrta koji predstavlja odnos godišnjeg prometa i prosječnog stanja zaliha:

$$f_0 = \frac{\text{promet (vrijednost sredstava)}}{\text{prosječna suma sredstava angazovanih u jednom ciklusu}}$$

tako da se može predstaviti u opštem slučaju slika 1. ili u vremenu trajanja dijagramom prema slici. 2.



SLIKA 1. PRIKAZ STANJA ULAZ-IZLAZ U SKLADIŠTU



SLIKA. 2. PRIKAZ TOKA ZALIHA U PRETHODNOJ FAZI PROCESA

Neka je za neku proizvodnju potrebno  $q_1 = \frac{Q}{T}$  (kg) materijala za vremensku jedinicu  $T_1$  (dan, mesec ...). Ovim je određen nagib linije izlaza 1 – 2 – 3 – 4. Količina  $q_1$  - mora biti poznata putem proračuna intenziteta izlaza na bazi:

- ritma proizvodnje ili
- statističkog praćenja izlaza.

Takođe moraju biti poznate veličine:

- $T_z$  (vr.jed.) - maksimalni vremenski period zakašnjenja isporuke od određenog dobavljača,
- $T_k$  (vr.jed.) - vrijeme trajanja isporuke.

Vremena trajanja isporuka i prekoračenja mora znati nabavno odjeljenje preduzeća.

Pomoću ovih veličina lahko je odrediti:

Minimalnu količinu

$$q_{\min} = q_1 \cdot T_z \text{ (kg)}.$$

Optimalnu količinu

$$q_{\text{opt}} = \sqrt{2q_1 \frac{T_{\varphi 1}}{T_{p1}}} = \sqrt{2q_1} \cdot \sqrt{\frac{T_{\varphi 1}}{T_{p1}}} \text{ (kg)}.$$

Maksimalnu količinu

$$q_{\max} = q_{\min} + q_{\text{opt}} = q_1 \cdot T_z + \sqrt{2q_1} \cdot \sqrt{\frac{T_{\varphi 1}}{T_{p1}}} \text{ (kg)}.$$

Kritičnu količinu

$$q_k = q_1 \cdot (T_k + T_z) = q_1 \cdot T_k + q_{\min} \text{ (kg)}.$$

Za slučaj da se poslije narudžbe (tačka 2) ne traži više materijal to će, po pristizanju količine  $q_{opt}$  biti na zalih:

$$q_m = q_k + q_{opt}$$

te će nastati problem smještaja i povećanih troškova obrtnih sredstava. Pored datih osnovnih veličina moguće je izračunati:

1. Optimalan broj porudžbi

$$i = \frac{Q}{q_{opt}} = \frac{q_1 \cdot T}{q_{opt}} = \frac{q_1 \cdot T}{\sqrt{2q_1 \cdot \frac{T_{\phi 1}}{T_{p1}}}} = T \sqrt{\frac{1}{2} q_1 \cdot \frac{T_{p1}}{T_{\phi 1}}} = T \sqrt{\frac{1}{2} q_1} \sqrt{\frac{T_{p1}}{T_{\phi 1}}}$$

koji se dobija za minimum troškova prema slici 3.

2. Vrijeme ciklusa

$$T_c = \frac{T}{i_{opt}} = \frac{T}{\sqrt{\frac{1}{2} \cdot q_1} \sqrt{\frac{T_{p1}}{T_{\phi 1}}}} = \sqrt{2 \cdot \frac{1}{q_1}} \sqrt{\frac{T_{\phi 1}}{T_{p1}}} \quad \left( \begin{array}{l} \text{vr.jedin.} \\ \text{part.} \end{array} \right)$$

Za slučaj da se skladište snabdijeva iz sopstvene proizvodnje i ako se narudžbe postupno realizuju dobija se kriva promijena data crtkano na slici 2.

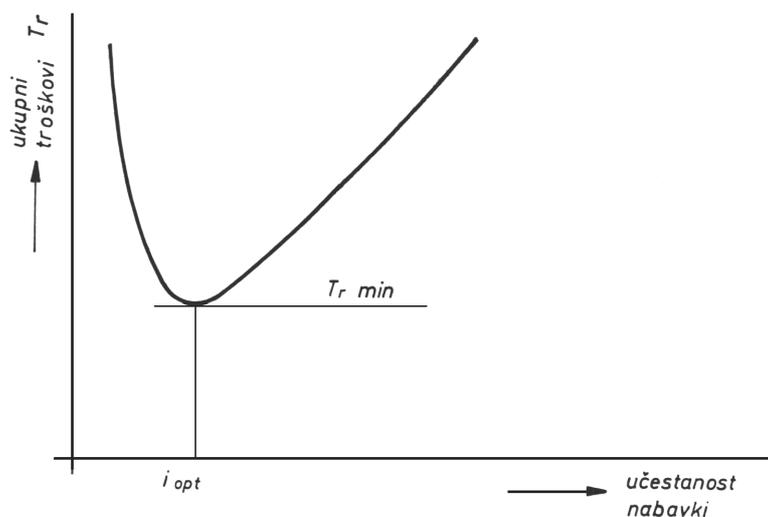
Postoje međutim predmeti rada - robe koji se na ovaj način ne mogu razmatrati jer njihovo skladištenje gledano vremenski jedva dolazi u pitanje. Takvi proizvodi su:

1. Proizvodi podložni kvaru:

- mlijeko,
- voće,
- povrće i slično i

2. Proizvodi podložni zastarijevanju :

- dnevna štampa (novine).



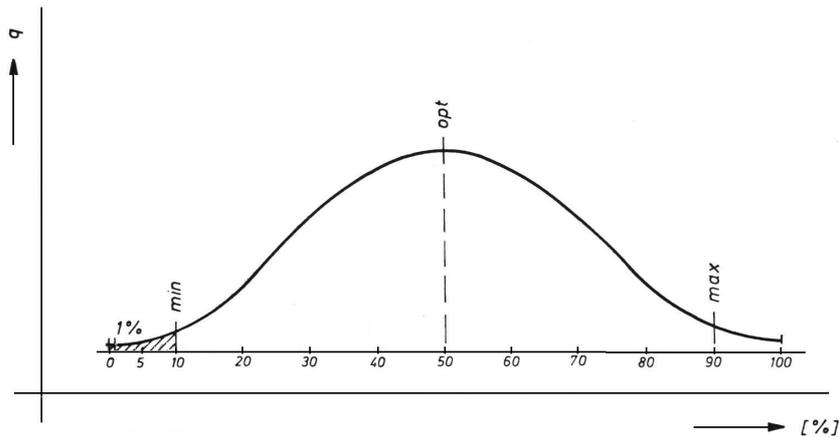
SLIKA 3. ZAVISNOST UČESTALOSTI NABAVKI I OD TROŠKOVA TR

U cilju zadovoljenja uslova kontinuiteta procesa i minimalnih troškova potrebno je pratiti kretanje na skladištu u smislu maksimalnih i minimalnih količina i trenutka nove narudžbe.

Stanje zaliha je podložno stalnim promjenama zbog ulaza i izlaza.

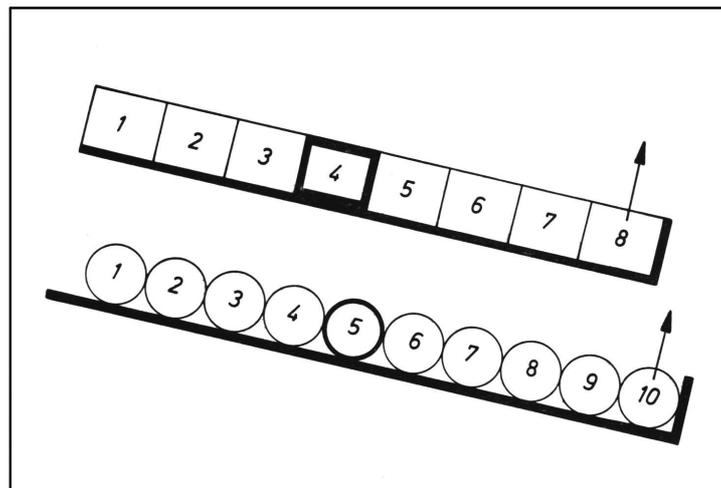
Kriva stanja podliježe zakonu normalne raspodjele (Gaus-ova kriva), (slika 4) pri čemu se u proizvodnoj praksi, najčešće zbog uslova održanja kontinuiteta učestanost minimalnih količina dostiže u svega 5, rjeđe 10 % slučajeva dok pri organizovanom tržištu mogućnost neblagovremenih isporuka pada na oko 1 %.

Praćenje i kontrola zaliha u ovom smislu za sve proizvode zahtijeva primjenu automatske obrade podataka koja zahtijeva ispravne osnovne podatke a dobijanje ovih zahtijeva kvalitetnu organizaciju rada što potvrđuje rečeno da je kvalitetna kontrola procesa uopšte uslovljena organizacijom procesa i dijelova procesa.



SLIKA 4. KRIVA RASPODJELE STANJA ZALIHA

Otuda je i u slučaju gornjeg modela neophodno postaviti određen, odgovarajući signalni sistem koji daje podatke o trenutku pojave kritične zalihe. Ovo je na karti materijala obično upisano istaknuto (crvenom bojom) dok je na skladištu prikačeno parče lima u boji na komad (količinu) koja je na kritičnoj tački ili je na komadu direktno izvučen krug bojom (slika 5).



SLIKA 5. SISTEM SIGNALIZIRANJA KRITIČNE ZALIHE

Na ovaj način osoblje zaposleno u skladištu posebno kontrolišu kretanje zaliha i izvještava planere materijala o potrebi nove porudžbine.

## 2. TEHNOLOŠKA FAZA

Količine predmeta rada u tehnološkoj fazi procesa moraju takođe biti unaprijed određene, u toku razrade projekta, obzirom na potrebu određivanja:

- površina za smještaj u procesu
  - broja transportnih jedinica (paleta, i sl.)
  - puteva i prolaza
- i proračuna:
- troškova zaliha u proizvodnji (nedovršena proizvodnja)
  - kontrole zaliha.

Pri ovom potreba detaljnog određivanja raste za područja užih struktura programa i većih količina (lijevi dio dijagrama P-Q) tj. za programe koji traže kontinualne metode proizvodnje. Najčešći oblik kretanja zaliha za opšti slučaj je dat na slici 6.



SLIKA 6. PRIKAZ STANJA ULAZ-IZLAZ U TEHNOLOŠKOJ FAZI PROCESA

Količina nedovršene proizvodnje u tehnološkoj fazi iznosi:

1. Za prekidnu proizvodnju
- 1.1 Za jedan predmet rada

$$Q_n = q_1 \cdot T_{cp} \text{ (kom),}$$

gde je:

$Q_n$  (kom.) - količina nedovršene proizvodnje u procesu,

$q_1 \left( \frac{\text{kom.}}{\text{vr. jed.}} \right)$  - količina koja se proizvodi u jedinici vremena,

$T_{cp}$  - vrijeme trajanja proizvodnog ciklusa.

- 1.2 Za više predmeta rada (šira struktura programa)

$$Q_n = \sum_{i=1}^n q_i \cdot T_{cp} \text{ (kom).}$$

Iz datog se vidi da količina predmeta rada (nedovršena proizvodnja) raste proporcionalno vremenu trajanja ciklusa i dnevnoj proizvodnji što pokazuje da za veću dnevnu proizvodnju, složenije proizvode i slabiju organizaciju rada ova veličina može biti značajna a ovo povlači za sobom sa stanovišta:

- Tehničkog - veće površine za smještaj materijala u procesu i
- Ekonomskog - veće vezivanje obrtnih sredstava a time i troškove.

## 2. Za neprekidnu proizvodnju

U neprekidnoj proizvodnji veličina zaliha (količina dijelova u procesu) nije vezana za ciklus obrade već zavisi od:

2.1. Parametara toka - koji uslovljavaju zalihe na liniji i

2.2. Odnosa između linija (u skladištima) .

Tako imamo:

1. zalihe u zavisnosti od parametara toka

Ove zalihe mogu biti:

1. Tehnološke zalihe  $q_t$  - obuhvataju sve dijelove koji se nalaze u obradi na radnim mjestima pa je njihova veličina određena brojem:
  - operacija ,
  - radnih mjesta  $M_i$  ,
  - pozicija na radnom mjestu ,

što daje vezu oblika:

$$q_1 = \sum_{i=1}^i M_i \cdot q_i \quad (\text{kom}),$$

gde je:

$i$  - broj operacija,

$M_i$  - broj mašina na operaciji,

$q_i$  - broj komada na mašini (broj pozicija).

2. Transportne zalihe  $q_{tr}$  - obuhvataju sve detalje koji se nalaze u procesu transportovanja između radnih mjesta. Ovdje razlikujemo:

2.1. Neprekidan transport - kod koga je veličina zaliha uslovljena kapacitetom transportera i iznosi:

$$q_{trn} = \frac{L}{l} \cdot p \left( \frac{\text{kom}}{\text{part}} \right),$$

gdje je:

$L (m)$  - dužina transportnog uređaja,

$l (m)$  - rastojanje između dijelova (ili partija) na transportnom uređaju,

$p \left( \frac{\text{kom.}}{\text{part.}} \right)$  - veličina transportne partije (kod predaje po 1 kom. imamo da je  $p = 1$ ).

2.2. Prekidan (periodičan) transport

Kod prekidnog periodičnog transporta veličina zaliha se određuje prema periodičnosti transportovanja i to:

$$q_{trp} = \frac{R_{tr}}{t} \cdot i \left( \frac{\text{kom}}{\text{part}} \right),$$

gdje je:

$R_{tr} \left( \frac{\text{min}}{\text{part}} \right)$  - ritam transportovanja,

$t \left( \frac{\min}{\text{kom}} \right)$  - takt linije,  
*i* - broj operacija.

### 3. Rezervna (sigurnosna) zaliha $q_r$

Rezervna zaliha treba da spriječi narušavanje ritma i prekid u radu linije. Određuje se posebno za svaku liniju u funkciji karakteristika linije i vjerovatnoće pojava smetnji pri određenom režimu rada. Ova vrsta zaliha može biti:

3.1. Kompenzacionog karaktera - za slučaj osjetnijih kolebanja u radu radnika kod neprekidnog toka sa znatnim učešćem ručnog rada u operaciji. Ispitivanja pokazuju da odnos između maksimalne i prosječne veličine vremena operacije (tzv. koeficijent variranja) kod ovakvih linija iznosi 1,5 do 2. Za potrebe kompenzacije je obično dovoljno 2 do 5 komada na mjestima gdje su narušavanja režima, škart i druga slična odstupanja najvjerovatniji.

3.2. Havarijskog karaktera - u cilju obezbjeđenja rada na slijedećoj operaciji za slučaj loma (havarije) na prethodnoj.

Rezervne zalihe ovog karaktera treba formirati pred visoko opterećenim radnim mjestima (koef. opterećenja 0,85 i više), iza dotrajalih mašina i na kontrolnim radnim mjestima (za slučaj škarta).

Veličina rezervnih zaliha ove vrste se kreće u granicama potreba od jednog časa do pola smjene časova rada.

### 4. Obrtna zaliha – $q_{ob}$

Obrtna zaliha se formira pri različitom vremenu trajanja susjednih operacija tj. u slučaju nepotpune sinhronizovanosti operacija. Ovo istovremeno znači da kod neprekidnog toka nema potrebe za ovom vrstom zaliha. Za slučaj da se *i* + 1-va operacija obavlja za vrijeme  $t_{i+}$  i koje je manje od vremena *i*-te operacije  $t_i$  tj. kada je:  $t_{i+1} < t_i$ , potrebna je obrtna zaliha da ne bi došlo do zastoja.

Za slučaj da je:  $t_{i+1} > t_i$ ,

pojaviće se maksimalna zaliha u trenutku završetka svih dijelova na operaciji *z*.

Proračun obrtnih zaliha se vrši za unaprijed određen period kompletiranja (period obrtanja zaliha) po obrascu:

$$q_{obi} = \frac{t_{ob}}{t} \cdot t_{ik} \left[ \left( \frac{M_i}{t_i} \right)_k - \left( \frac{M_i}{t_i} \right)_d \right] \quad (\text{kom}),$$

gdje je:

$t_{ob}$  (min) - vrijeme obrtanja zaliha (vrijeme kompletiranja),

$t_{ik}$  (min) - vrijeme trajanja kraće operacije ako mašine rade paralelno. Inače vrijeme trajanja date operacije,

$t_{id}$  (min) - vrijeme trajanja duže operacije ako mašine rade paralelno ,

$M_{ik}$  (jed.) - broj jedinica opreme na kraćoj operaciji,

$M_{id}$  (jed.) - broj jedinica opreme na dužoj operaciji,

Kretanje zaliha se može predstaviti u vidu dijagrama kako je to dato na slici 8.

Za uslove: vrijeme kompletiranja

$t_{ob} = 8$  (čas.).

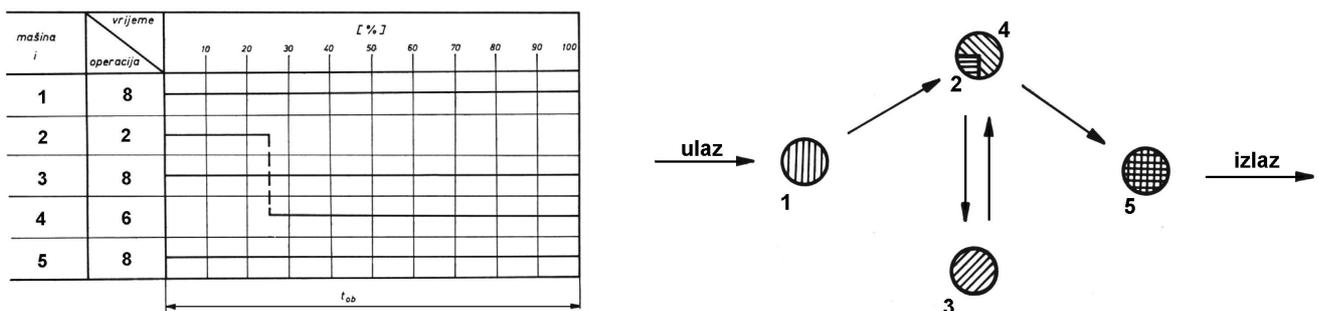
karakteristike operacija prema tabeli:

Operacija	Vrijeme trajanja operacije $t_i$ (min./kom.)	Opterećenje mašina (%)	Takt $t$ $\left(\frac{\text{min.}}{\text{kom.}}\right)$
1	8	100	8
2	2	25	
3	8	100	
4	6	75	
5	8	100	

Vidljivo je da su dvije prekidne operacije kraće od takta, odnosno:

$t_2 < t$  i  $t_4 < t$

i da je  $t_2 + t_4 = t$  kao i da je moguće mašinu sa operacije 2 koristiti za operaciju 4 ako tehnološki odgovara prema dijagramu odnosno prema obliku postavljanja opreme (sika 7).



SLIKA 7. PRIKAZ POSTAVLJANJA SREDSTAVA RADA ZA SLUČAJ IZ TABELE

Iz datog grafičkog prikaza i upoređenja vremena na operaciji 1 i 2 je vidljivo da za početak rada i neprekidnost operacije 2 mora ispred mašine 2 postojati zaliha određene veličine  $q_{ob\ 1-2}$ .

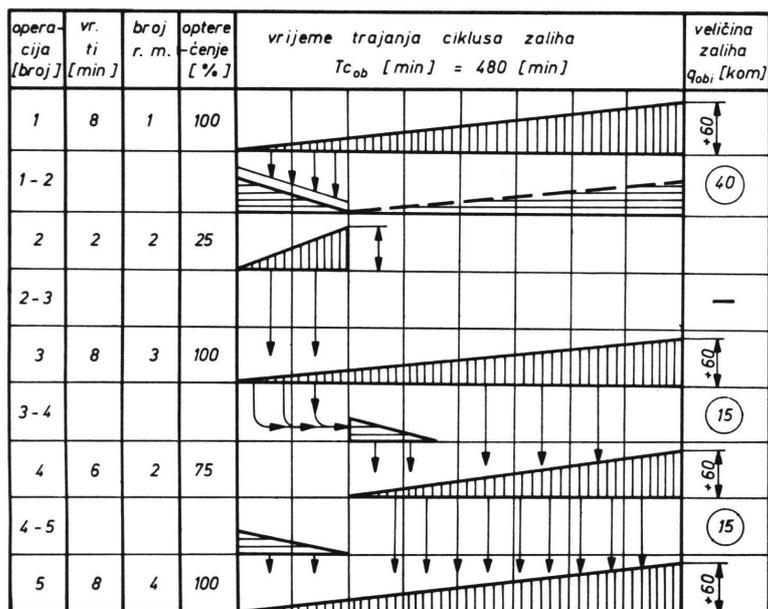
Veličina ove zalihe mora biti ravna ukupnoj zalihi za period kompletiranja  $q_{ob}$  umanjenoj za onu količinu  $q_{obp}$  koja će za vrijeme obavljanja operacije 2  $t_2$  (min) priteći sa prethodne operacije 1 tj. ravna veličini:

$q_{obi}$  - iz naprijed datog izraza.

Takođe je jasno da je:

$$q_{ob} = q_{obi} + q_{obp} \text{ (kom.)}$$

Ovo pokazuje i grafički prikaz za dati slučaj:



SLIKA 8. DIJAGRAM OBRTNIH ZALIHA

Preporučljivo je prije proračuna zaliha postaviti dijagram:

1. Opterećenja (sinhronizacije).
2. Obrtnih zaliha za svaki period  $t_{ob}$  a zatim odrediti veličine  $q_{obi}$ .

Za slučaj da se operacije ne odvijaju paralelno uzima se u obzir vrijeme trajanja date operacije dok je vrijeme slijedeće operacije ravno nuli.

5. Zaliha za podešavanje  $q_p$

Zaliha za podešavanje  $q_p$  se postavlja u cilju eliminisanja zastoja uslijed podešavanja i izmjene zatupljenog alata. Potrebna veličina ove zalihe utvrđuje se za svaku operaciju iz konkretnih uslova za izmjenu alata na prethodnoj operaciji. Ukupna veličina ovih zaliha će biti:

$$q_p = \sum_{i=2}^i \frac{a \cdot t_{pod}}{t} \quad (\text{kom}),$$

gdje je:

a - broj istovremeno izmjenljivanih alata,

$t_{pod}$  (min) - prosječno vrijeme potrebno za izmjenu i podešavanje alata,

$t \left( \frac{\text{min.}}{\text{kom.}} \right)$  - takt linije.

Veličina ovih zaliha se može smanjiti uvođenjem organizacije tzv. prinudne izmjene alata u toku vremena prekida rada, podešavanje alata izvan radnog mjesta, izmjene alata sa nosačem alata i slično.

6. Zaliha za opravke  $q_o$

Zaliha za opravke  $q_o$  je uslovljena sistemom opravki i prolaznog je karaktera. Kako je poznato sistem opravki može biti:

- naknadni (po izvršenom pregledu),
- povremeno – ritmički,

- prinudni.

U svim slučajevima može se zaustaviti:

1. Cijela linija (radnici idu na odmor) - pa se zaliha stvara u vidu gotovih proizvoda na kraju linije (obično u međuskladištu). Veličina zalihe je određena vremenom opravke i potrebom slijedećeg pogona (linije) za jedinicu vremena.
2. Pojedina radna mjesta - obično idući od posljednje operacije ka početku linije. Veličina zalihe se određuje trajanjem opravke najsloženije mašine u liniji i potrebom slijedeće mašine u jedinici vremena. Obavljanje opravki na ovaj način je racionalno samo u slučaju da se izvodi za vrijeme praznika i smjena u kojima se ne radi.

Prema rečenom su ukupne zalihe na liniji zavisne od parametara toka ravne zbiru pojedinačnih zaliha datih od 1 do 5 (ne računajući zalihu opravki) tj. mogu se izraziti u vidu:

$$q_{up} = \sum_{i=1}^k q_i \quad (\text{kom}),$$

pri čemu treba uzeti u obzir mogućnost prekrivanja.

Tako se na primjer u slučaju značajne veličine transportne zalihe (neposredno na radnom mjestu) može izbjeći formiranje zaliha kompenzacionog karaktera i smanjiti zalihe havarijskog karaktera. To se odnosi i na zalihe za podešavanje.

Prema tome pri utvrđivanju ukupne veličine zaliha potrebno je veoma detaljno proanalizirati sve elemente protočne linije a naročito uzajamnu povezanost operacija. Na ovoj bazi je tada lakše prići proračunu zaliha.

### 3. ZAKLJUČAK

Metode određivanja veličine zaliha u procesu proizvodnje obrađene su kroz prethodnu i tehnološku fazu.

U prethodnoj fazi obrađena je optimalna zaliha materijala. Pomoću određenih veličina prikazan je način određivanja: minimalne veličine, optimalne količine, maksimalne količine i kritične količine. Pored datih veličina moguće je izračunati: optimalne broj porudžbi i vrijeme ciklusa.

Za količine predmeta rada u tehnološkoj fazi procesa, u radu je dokazano da one moraju biti unaprijed određene i to u toku razrade projekta. Prikazan je način određivanja količina nedovršene proizvodnje u tehnološkoj fazi za neprekidnu proizvodnju, a koja se odnosi za jedan predmet rada i više predmeta rada.

Neprekidnu proizvodnju uslovljavaju zalihe na liniji i odnos između linija, pa je u radu obrađen način primjene šest metoda zaliha u ovosnosti od parametara toka.

### 4. REFERENCE

- [1] HURLIMAN W., «Lineare Programmierung, J.Schilling, Düsseldorf, 1985.
- [2] KOSIOLE., «Grundlagen und methoden der organizations forschung», Duncker Hambolt, Berlin, 1988.
- [3] MANNE A.S., «Studies in Process Analysis», J.Wiley, New York, 1983.
- [4] MUTHER R., «Systematic Layout Planning», Industrial Education Institute, Boston, 1991.
- [5] SCHOBBERGER J.R., «Operations management productivity and quality» Business publications, Plano Texas, 1991.
- [6] ŠULJMAN E.F., «Protočna proizvodnja», Panorama, Zagreb, 1984.