

## ZALIHE U PROCESU

## STOCK IN PROCESS

**Dr.sci. Osman Hatunić, van.prof.**

**Dr.sci. Džemo Tufekčić, red.prof.**

**Mašinski fakultet**

**75000 Tuzla**

**Ključne riječi:** modeli, zalihe, proces.

### **REZIME:**

*Ovaj rad opisuje određivanje i kontrolu zaliha u industrijskoj proizvodnji, kako u fazi postavljanja tako i u fazi eksploatacije procesa i predstavlja veoma kompleksan problem. U fazi postavljanja je ovaj problem vezan za stvaranje podloga koje omogućuju određivanje površina mjesta uskladištenja a u fazi eksploatacije je problem vezan za racionalno korištenje obrtnih sredstava.*

**Key words:** models, stocks, process

### **SUMMARY:**

*This essay describes determining and control stocks in industrial production, however in setting phase, however in exploitation phase process, and it represents very complex problem. In setting phase, this problem is connected for base creating which enable surface determination off places for store, but in phase off exploitation problem is connected for rational usage off working capital.*

## **1. UVOD**

Uopšte uzevši u toku procesa osnovna politika zaliha počiva na poznatom principu ekonomije reprodukcije po kome određeni proizvod treba ostvariti sa minimalnim angažovanjem sredstava na zalihama a da to ne remeti razvoj obrade proizvoda. Ovo znači da je princip ostvariv samo u slučaju da se zalihe drže na optimalnom nivou što, u procesu proizvodnje traži njihovu stalnu kontrolu. Složenost problema proističe iz potrebe usaglašavanja protivsmjernih tendencija koje nastaju u zahtjevu da se:

- izbjegniti zastoje u proizvodnji,
- troškovi postavljanja zaliha svedu na minimum.

Pod pojmom optimalna zaliha treba dakle, podrazumijevati onu količinu sredstava koja treba da obezbijedi kontinuitet proizvodnje uz minimalne troškove nabavke uskladištenja i kamata na uložena sredstva.

Trošenje sredstava uslov je proizvodnje. Uslov za trošenje je fizičko prisustvo sredstava u proizvodnji koje nazivamo angažovanjem sredstava u proizvodnji. Ova sredstva, koja uslovljavaju kontinuitet reproduktionog trošenja angažovana su u elementima proizvodnje:

- predmetima rada,
- sredstvima rada,
- radnoj snazi,

dok obezbjeđenje kontinuiteta u trgovinskom prometu daju sredstva angažovanja u:

- predmetima rada (robi) u procesu plasmana – trgovine.

Vremenski gledano angažovanje sredstava se javlja u sve tri faze procesa i to:

1. U prethodnoj fazi, kao ZALIHE materijala.
2. U tehnološkoj fazi, kao proizvodne ZALIHE.
3. U završnoj fazi, kao ZALIHE gotovih proizvoda.

Pojava zaliha je u uskoj vezi sa principima postavljanja procesa, naročito ritmom ulaganja i nabavki, stepenom usklađenosti i organizovanja procesa.

Ritam nabavki je uslovljen MINIMALNIM količinama koje treba imati na skladištu da bi se zadovoljio uslov kontinuiteta proizvodnje i tržišnih ograničenja. Svaka nabavka sa svoje strane znači blokiranje sredstava dok naplata prodatih količina znači oslobađanje (deblokiranje) vezanih, procesom nabavke, sredstava. Ritam procesa blokiranja, odnosno oslobađanja je zavisian od:

1. Faze procesa.
2. Elemenata procesa.
3. Razvoja procesa proizvodnje i poslovanja.

## **2. STRUKTURA ZALIHA**

Problem zaliha je potrebno razmatrati sa stanovišta:

- Tehničkog (što daje mogućnost dobijanja podloga za određivanje površina, planiranje i eksploataciju procesa)
- Ekonomskog (što daje mogućnost kontrole vezanosti sredstava i elemenata kvaliteta ekonomije i to prema strukturi koja je određena strukturom procesa (prethodna, tehnološka i završna faza) i vezana za element proizvodnje).

### **2.1. Predmet rada**

#### **2.1.1. Prethodna faza**

U ovoj fazi se predmeti rada nalaze u obliku materijala

- osnovnih i
- pomoćnih.

#### **2.1.2. Tehnološka faza**

U ovoj fazi se predmeti rada nalaze u različitim fazama obrade i čine nedovršenu proizvodnju.

#### **2.1.3. Završna faza**

Predmeti rada su u ovoj fazi u vidu gotovih proizvoda.

### **2.2. Sredstva rada (mašine, alati i uređaji)**

Sredstva rada su specifična za svaku fazu procesa i nalaze se po pravilu u upotrebi. Ukoliko ovo nije slučaj, čine zalihe posebne vrste i umanjuju efekte procesa.

### **2.3. Radna snaga**

Radna snaga se takođe nalazi u radu u svim fazama procesa. Potreban broj se računa iz uslova procesa. Jasno je da mora pri razmatranju tokova elemenata proizvodnje, u prvom redu premet rada, biti nađeno rješenje za:

1. Vrstu zaliha koje treba držati na skladištu.
2. Broj jedinica elemenata (optimalnu količinu) koju treba poručivati jer ovo determiniše površine.
3. Vrijeme (trenutak) nabavke (isporuke) i ciklus trajanja porudžbine.
4. Sistem kontrole koji treba da obezbijedi ravnomjernost rada.

Svako predviđanje u pogledu optimalnog nivoa zaliha mora biti zasnovano na prosjeku parametara tražnje i trendu razvoja procesa čime se obezbjeđuje dati uslov kontinuiteta proizvodnje i minimum troškova.

### 3. MODELI ZALIHA

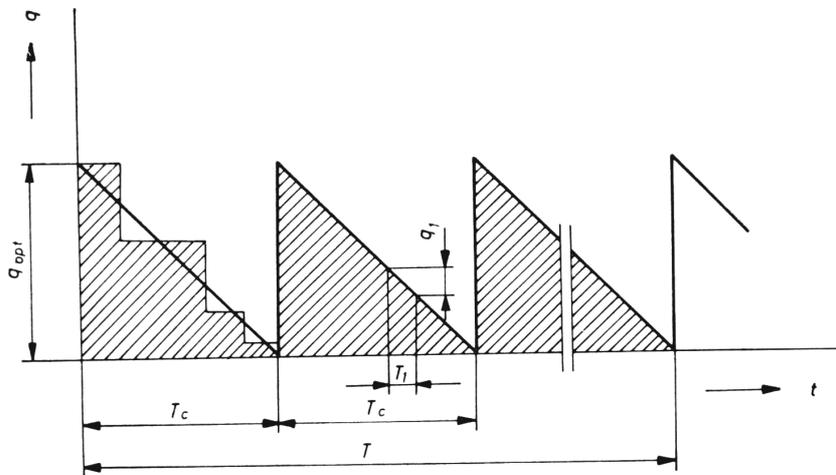
U skladu sa prethodnim razmatranjima, neophodnim ograničenjima i pretpostavkama u nastavku predložimo dva deterministička modela.

#### 3.1. Deterministički (određeni) modeli

##### 3.1.1. Model 1

Neka u vremenskom intervalu od  $T$  (vr. jed.) treba zadovoljiti potrebe procesa u količini od  $Q$  (kom.) uz pretpostavke:

- ravnomjerne potrošnje
- jednakih intervala popunjavanja
- uvijek istih količina nabavki od  $q \left( \frac{\text{kom.}}{\text{partiji}} \right)$  čime se dobija proces prema slici 1.



SLIKA 1. GRAFIČKI PRIKAZ MODELA 1 ZALIHA

Pri datim uslovima je intenzitet toka:

$$q_1 = \frac{Q}{T} \left( \frac{\text{kom.}}{\text{vr.jed.}} \right)$$

iz čega sledi da je količina za dati vremenski interval:

$$Q = q_1 \cdot T \quad (\text{kom})$$

Prema datoj pretpostavci broj komada jedne nabavke je  $q$  (kom./partiji) pa je broj nabavki ravan:

$$i = \frac{Q}{q} \quad (\text{part.}) \text{ pa se}$$

zamjenom izraza za Q dobija:

$$i = \frac{q_1 \cdot T}{q} \quad (\text{part.}).$$

Vrijeme ciklusa trajanja jedne nabavke je očito:

$$T_c = \frac{T}{i} = \frac{T}{\frac{q_1 \cdot T}{q}} = \frac{q}{q_1} \left( \frac{\text{vr.jed.}}{\text{part.}} \right)$$

Broj komada u narudžbi q mora zadovoljiti uslove:

- kontinuiteta proizvodnje,
- minimuma troškova obrtnih sredstava pa ga treba odrediti iz slijedećih razmatranja:

neka su:

$$T_{\varphi_1} \left( \frac{\text{nov.jed.}}{\text{part.}} \right) - \text{fiksni troškovi jedne nabavke (partije), } q \left( \frac{\text{kom}}{\text{part.}} \right),$$

$$T_{p_1} \left( \frac{\text{nov.jed.}}{\text{kom.vr.jed.}} \right) - \text{promjenjivi troškovi skladištenja jednog komada za jednu vremensku jedinicu.}$$

Tada su:

1. Ukupni fiksni troškovi za i (part.) u vremenskom periodu T (vr.jed.)

$$T_{\varphi_u} = T_{\varphi_1} \cdot i = T_{\varphi_1} \cdot \frac{q_1 \cdot T}{q} \quad (\text{nov.jed.}),$$

2. Ukupni promjenjivi troškovi za prosječan broj komada na skladištu

$$q_p = \frac{q+0}{2} = \frac{q}{2} \quad (\text{kom.}),$$

i period T (vr.jed.)

$$T_{p_u} = T_{p_1} \cdot q_p \cdot T = T_{p_1} \cdot \frac{q}{2} \cdot T = \frac{T_{p_1} \cdot q \cdot T}{2} \quad (\text{nov.jed.}),$$

pri čemu izraz:  $\frac{T \cdot q}{2}$  predstavlja veličinu šrafirane površine.

Ukupni troškovi za vremenski period T (vr.jed.) su:

$$T_u = T_{\varphi_u} + T_{p_u} = \frac{T_{\varphi_1} \cdot q_1 \cdot T}{q} + \frac{T_{p_1} \cdot q \cdot T}{2} = (fq) \quad (\text{nov.jed.}).$$

Optimalna količina  $q_{opt} \left( \frac{\text{kom.}}{\text{part.}} \right)$  se dobija iz minimuma troškova tj. uslova:

$$\frac{dT_u}{dq} = 0 \quad \text{i} \quad \frac{d^2T_u}{dq^2} > 0.$$

Tako imamo:

$$\frac{d T_u}{d q} = -\frac{T_{\varphi 1} \cdot q_1 \cdot T}{q^2} + \frac{T_{p 1} \cdot T}{2} = 0,$$

a odavde:

$$q_{opt} = \sqrt{2 \cdot q_1 \cdot \frac{T_{\varphi 1}}{T_{p 1}}} \left( \begin{array}{l} \text{kom.} \\ \text{part.} \end{array} \right).$$

Da funkcija troškova zaista ima minimum u tački  $q_{opt}$  vidi se iz:

$$\frac{d^2 T_u}{dq^2} = \frac{2 \cdot q \cdot q}{q^4} \cdot T_{\varphi 1} \cdot q_1 \cdot T = 2 \cdot q_1 \cdot \frac{T_{\varphi 1} \cdot T}{q^3} > 0.$$

Izraz za optimalnu količinu je kako se vidi funkcija dvije grupe veličina i to:

$$1. \text{ Intenzitet toka } q_1 \left( \begin{array}{l} \text{kom.} \\ \text{vr. jed.} \end{array} \right).$$

$$2. \text{ Odnosa jediničnih troškova } \left( \begin{array}{l} T_{\varphi} \\ T_p \end{array} \right).$$

Obije veličine se lahko nalaze u svakom organizovanom procesu.

### 3.1.2. Model 2

Neka, kao i u prethodnom slučaju, treba u vremenskom intervalu od  $T$  (vr. jed.) zadovoljiti potrebe procesa sa  $Q$  (kom.) uz pretpostavke:

- ravnomjerne potrošnje,
- jednakih intervala popunjavanja  $T_c$ ,

- nezadovoljenja potreba  $q$  pošto umjesto poručenih  $q \left( \begin{array}{l} \text{kom.} \\ \text{part.} \end{array} \right)$  stiže  $S \left( \begin{array}{l} \text{kom.} \\ \text{part.} \end{array} \right)$  pri čemu je  $S < q$

što znači da može da se pojavi nedostatak od  $(q - S)$  komada u vremenskom intervalu  $T$ .

Kretanje zaliha u ovom slučaju pokazuje slika 2.

Pri datim uslovima je intenzitet toka:

$$q_1 = \frac{Q}{T} \left( \begin{array}{l} \text{kom.} \\ \text{vr. jed.} \end{array} \right),$$

iz čega se dobija:

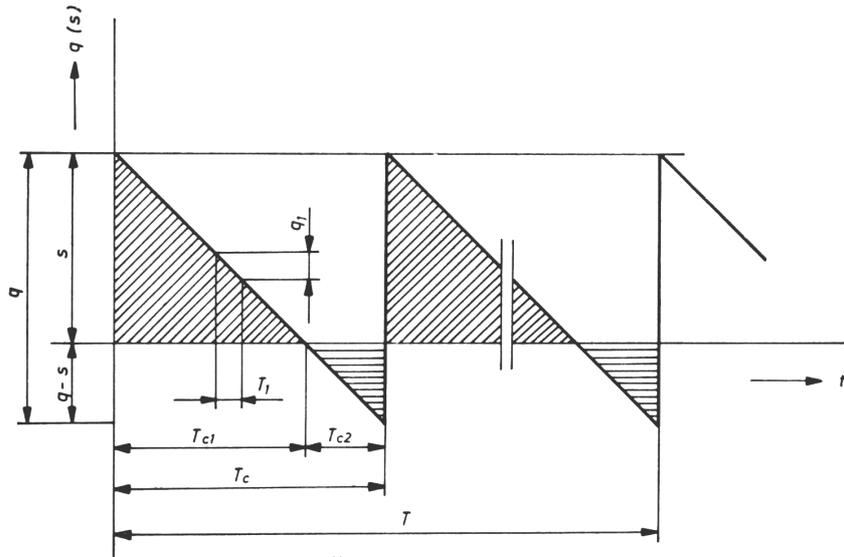
$$Q = q_1 \cdot T \text{ (kom.)},$$

a na bazi ove relacije analogijom:

$$q = q_1 \cdot T_c \text{ odnosno } T_c = \frac{q}{q_1}, S = q_1 \cdot T_{c1} \text{ odnosno } T_{c1} = \frac{S}{q_1} \text{ i } (q - S) = q_1 \cdot T_{c2}$$

što daje:

$$T_{c2} = \frac{(q - S)}{q_1}.$$



SLIKA 2. GRAFIČKI PRIKAZ MODELA 2 ZALIHA

Kako je iz slike:

$$T_c = T_{c1} + T_{c2} = \frac{S}{q_1} + \frac{(q-S)}{q_1} = \frac{S+q-S}{q_1} = \frac{q}{q_1}$$

što potvrđuje gornje.

Broj nabavki je ravan

$$i = \frac{Q}{q} = \frac{q_1 \cdot T}{q} \quad (\text{part.}).$$

Optimalna politika zaliha u odnosu na model 1 se dobija u rezultatu pojave dopunskih troškova  $T_{d1} \left( \frac{\text{nov.jed.}}{\text{kom.vr.jed.}} \right)$  zbog gubitaka nastalih prekidom rada usljed nedostatka materijala.

Pojedinačni troškovi su:

1.  $T_{\phi 1} \left( \frac{\text{nov.jed.}}{\text{part.}} \right)$  - fiksni troškovi nabavke.
2.  $T_{p1} \left( \frac{\text{nov.jed.}}{\text{kom.vr.jed.}} \right)$  - promjenljivi troškovi skladištenja komada.
3.  $T_{d1} \left( \frac{\text{nov.jed.}}{\text{kom.vr.jed.}} \right)$  - dopunski troškovi zbog nepokrivenosti potrebe.

Troškovi za period  $T$  (vr.jed.) su:

1.  $T_{\varphi_u} = T_{\varphi_1} \cdot i = T_{\varphi_1} \frac{q_1 \cdot T}{q}$  (nov.jed.).
2.  $T_{p_u} = T_{p_1} \cdot S_p \cdot T_{c_1} \cdot i = T_{p_1} \cdot \frac{S}{2} \cdot \frac{S}{q_1} \cdot \frac{q_1 \cdot T}{q} = \frac{T_{p_1} \cdot S^2 \cdot T}{2q}$  (nov.jed.).
3.  $T_{d_u} = T_{d_1} \cdot (q-S)_p \cdot T_{c_2} \cdot i = T_{d_1} \cdot \frac{(q-S)}{2} \cdot \frac{(q-S)}{q_1} \cdot \frac{q_1 \cdot T}{q} = \frac{T_{d_1} \cdot (q-S)^2 \cdot T}{2q}$  (nov.jed.).

Jednačina ukupnih troškova je tada:

$$T_u = T_{\varphi_u} + T_{p_u} + T_{d_u} = \frac{T_{\varphi_1} \cdot q_1 \cdot T}{q} + \frac{T_{p_1} \cdot S^2 \cdot T}{2q} + \frac{T_{d_1} \cdot (q-s)^2 \cdot T}{2q} = f(q,s) \quad (\text{nov.jed.}).$$

Ova funkcija ima svoj minimum tamo gdje je:

$$\frac{\partial T_u}{\partial q} = 0 \quad \text{i} \quad \frac{\partial T_u}{\partial S} = 0.$$

Tako imamo:

$$\frac{\partial T_u}{\partial q} = -\frac{T_{\varphi_1} \cdot q_1 \cdot T}{q^2} - \frac{T_{p_1} \cdot S^2 \cdot T}{2q^2} + \frac{T_{d_1} \cdot T}{2} \left[ \frac{2(q-S) \cdot q - (q-S)^2}{q^2} \right]$$

i

$$\frac{\partial T_u}{\partial S} = \frac{S \cdot T_{p_1} \cdot T}{q} - \frac{(q-S) \cdot T_{d_1} \cdot T}{q}.$$

Izjednačenjem sa nulom dobijamo:

$$q_0 = \sqrt{2q_1 \cdot \frac{T_{\varphi_1}}{T_{p_1}}} \cdot \sqrt{\frac{T_{p_1} + T_{d_1}}{T_{d_1}}} \left( \begin{array}{l} \text{kom.} \\ \text{part.} \end{array} \right)$$

$$S_0 = \sqrt{2q_1 \cdot \frac{T_{\varphi_1}}{T_{p_1}}} \cdot \sqrt{\frac{T_{d_1}}{T_{p_1} + T_{d_1}}} \left( \begin{array}{l} \text{kom.} \\ \text{part.} \end{array} \right)$$

Tada je stepen zadovoljenja potreba:

$$\eta_p = \frac{S_0}{q_0} = \frac{T_{d_1}}{T_{p_1} + T_{d_1}}.$$

Razmatranja daju pojavu da je:

$$\lim_{T_{d_1} \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{T_{p_1} + T_{d_1}}{T_{d_1}}} = \lim_{T_{d_1} \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{T_{d_1}}{T_{p_1} + T_{d_1}}} = 1$$

što daje:

$$\lim q_0 = \lim S_0 = \sqrt{2 \cdot q_1 \cdot \frac{T_{\phi 1}}{T_{p1}}} = \sqrt{2 \cdot q_1} \cdot \sqrt{\frac{T_{\phi 1}}{T_{p1}}}$$

što pokazuje da, što je veći rizik zbog nedostatka zaliha, to će potrebe biti bolje zadovoljene.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu provedenih istraživanja i analize rezultata moguće je donijeti i neke konkretne zaključke kod primjene determinističkih (određenih) modela, odnosno modela 1. i 2.

Kod modela 1. obje veličine: intenzitet toka  $q_1 \left( \frac{\text{kom}}{\text{vr.jed.}} \right)$  i odnos jediničnih troškova  $\left( \frac{T_{\phi}}{T_p} \right)$

se lahko nalaze u svakom organizovanom procesu što omogućava:

1. Proračun površina potrebnih za uskladištenje date, optimalne, količine  $q_{\text{opt}} \left( \frac{\text{kom}}{\text{part}} \right)$ .
2. Određivanje vremena trajanja zaliha  $T_c$  (vr.jed.).
3. Pripremu transportnih sredstava.
4. Organizaciju rada sa dobavljačima.

Model 2. pokazuje da, što je veći rizik zbog nedostatka zaliha, to će potrebe biti bolje zadovoljene. Time je dobijen slučaj pri uslovima iz modela 2.

Dati model omogućava:

1. Postizanje optimuma pri smanjenim isporukama.
2. Ocjenu gubitaka zbog manjih isporuka i sagledavanje puteva za rješavanje neravnomjernog snabdijevanja sa dobavljačem.
3. Pripremu transportnih sredstava.

#### 5. REFERENCE

- [1] Dangelmaier W.: «Interaktive Layoutplanung mit INTALA», VDI – Berichte 518, VDI-Verlag, 1984.
- [2] Hatunić O.: «Menadžment proizvodnje», Corsa, Tuzla, 2000.
- [3] Krieg M.: «Statistical Process Control SPC, Gesellschaft zur Förderung der Qualitätssicherung, Bad Kreuznach, 1992
- [4] Madala G.S., Miller E.: «Microeconomics Theory and Applications, McGraw – Hill Book Company, New York, 1989.
- [5] Veža I.: «Projektiranje proizvodnih procesa», Fakultet elektrotehnike, strojarstvo i brodogradnja Split, 1995.
- [6] Vollman T., Berry, W., Whubark, D.: «Manufacturing Planning and Control System, IRVIN, Boston, 1992.