

# Modeli optimizacije zaliha u višerazinskom lancu opskrbe

---

Mr. sc. Gordan Badurina

21.05.2012.

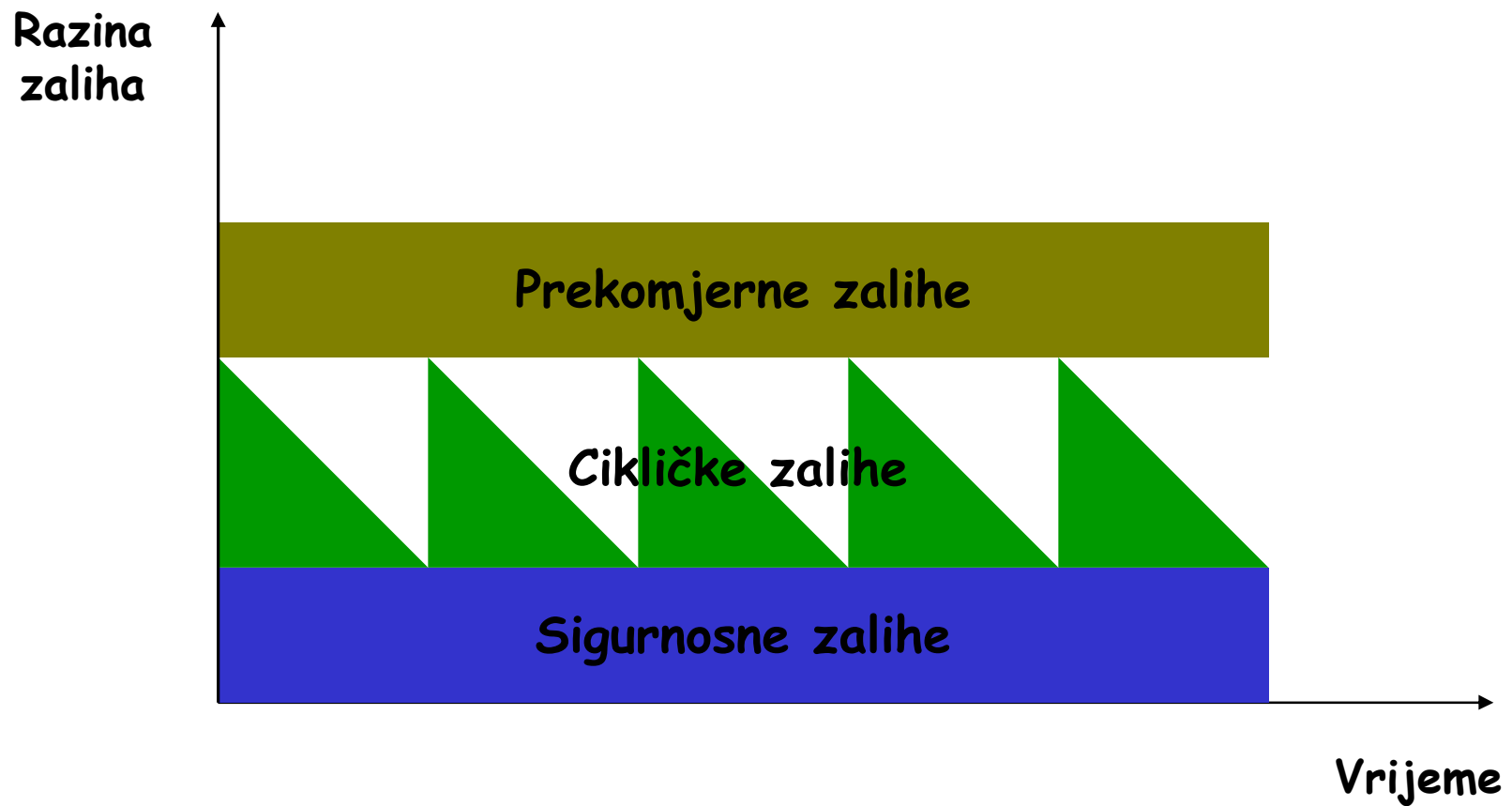


# Zalihe

---

- Zalihe predstavljaju količinu proizvoda na skladištu koja podržava proizvodnju i traženu razinu usluge prema kupcu
- Zalihe osiguravaju da kupac dobije traženi proizvod na vrijeme i u količini koju želi
- Zalihe predstavljaju značajni trošak poslovanja, ali trošak izgubljene dobiti potencijalno može biti višestruko veći

# Vrsta zalihe prema funkciji



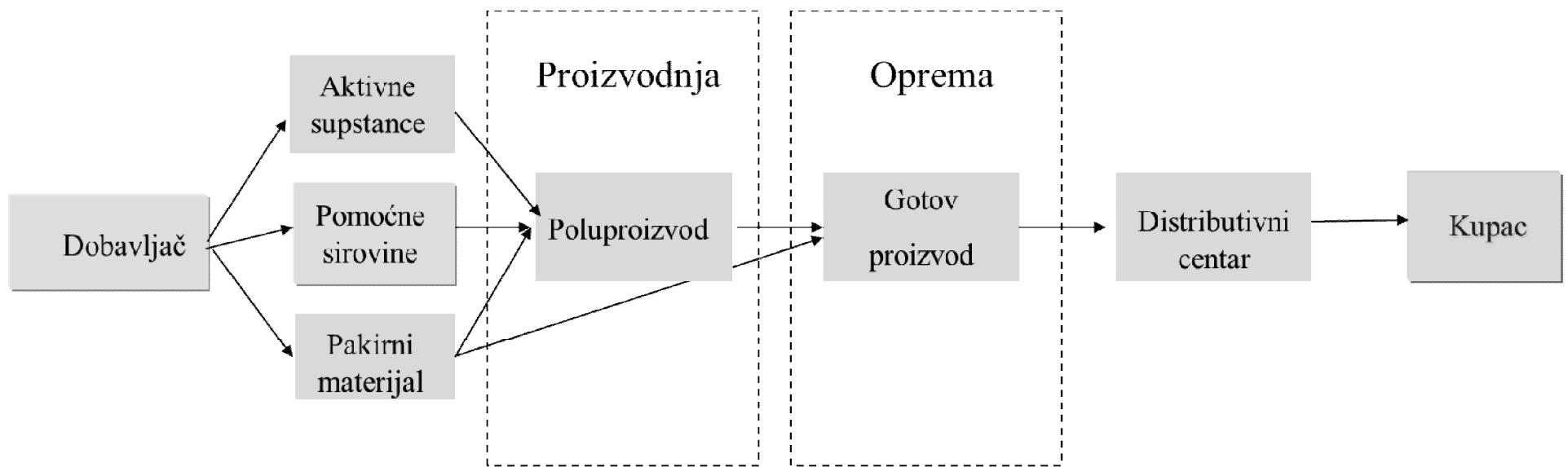


# Modeli optimizacije zaliha u višerazinskom lancu oskrbe

---

- Određivanje cikličkih zaliha
- Određivanje sigurnosnih zaliha

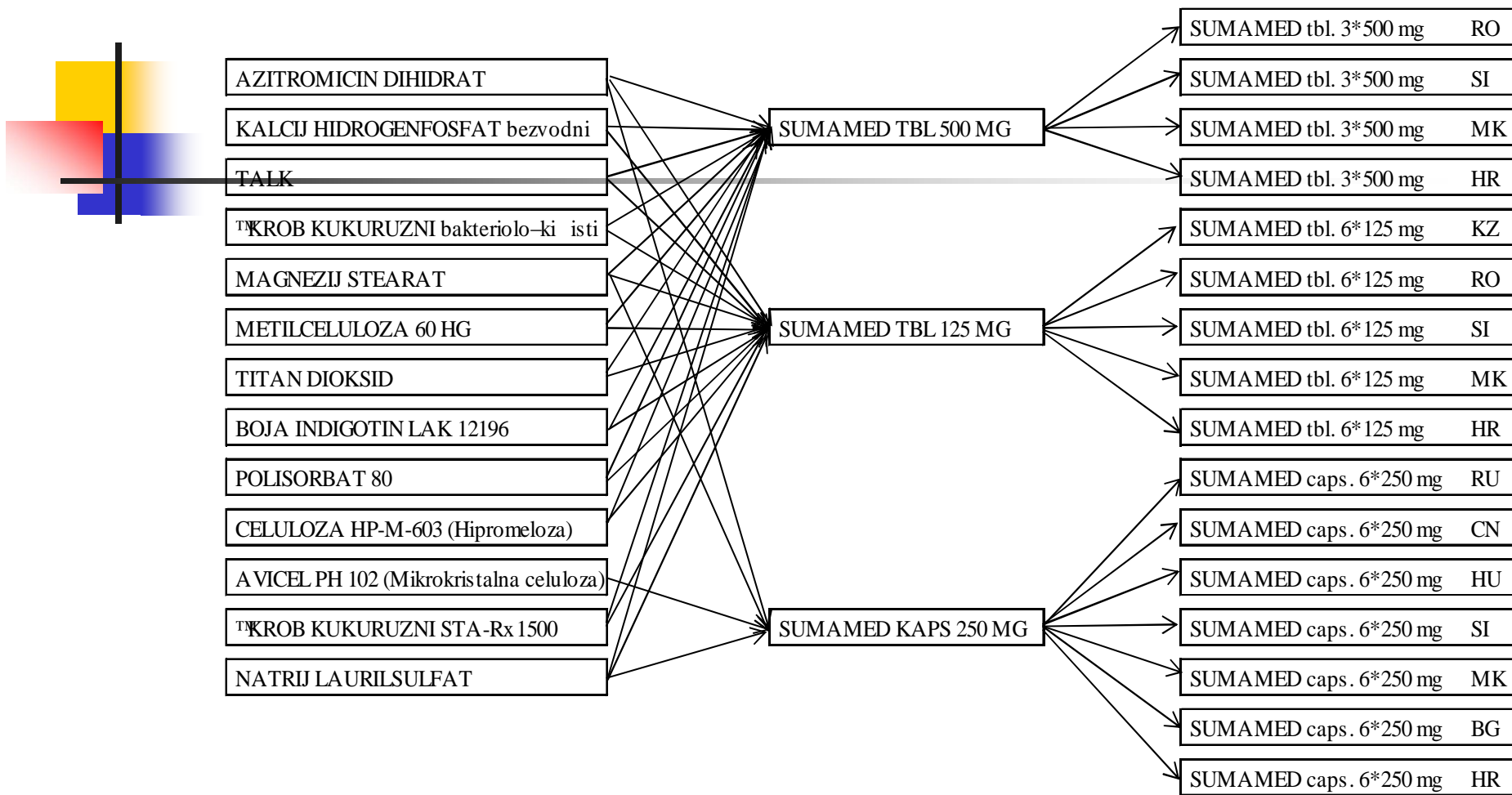
# Višerazinski lanac opskrbe



Polazni materijal

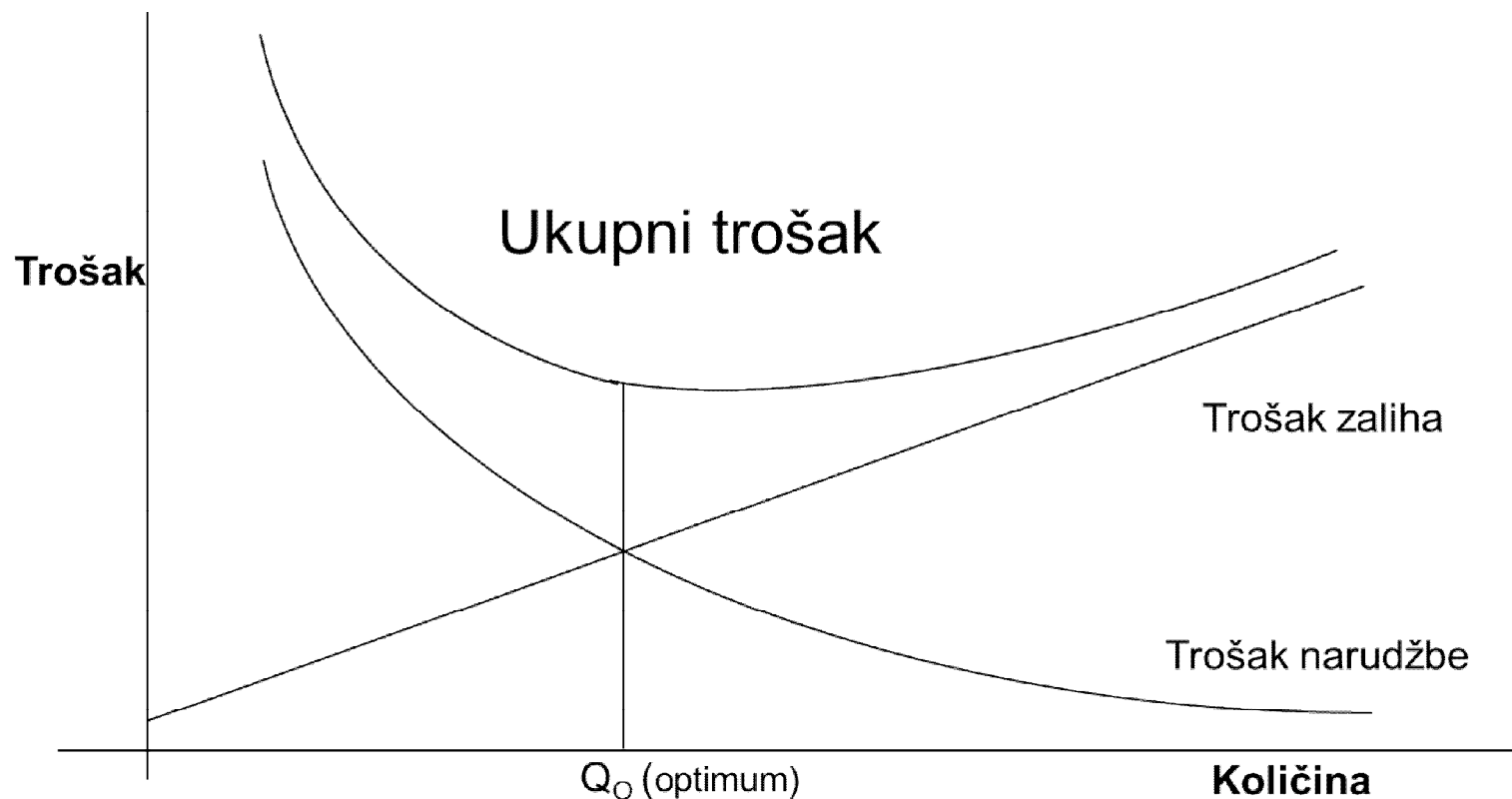
Poluproizvod

Gotov proizvod



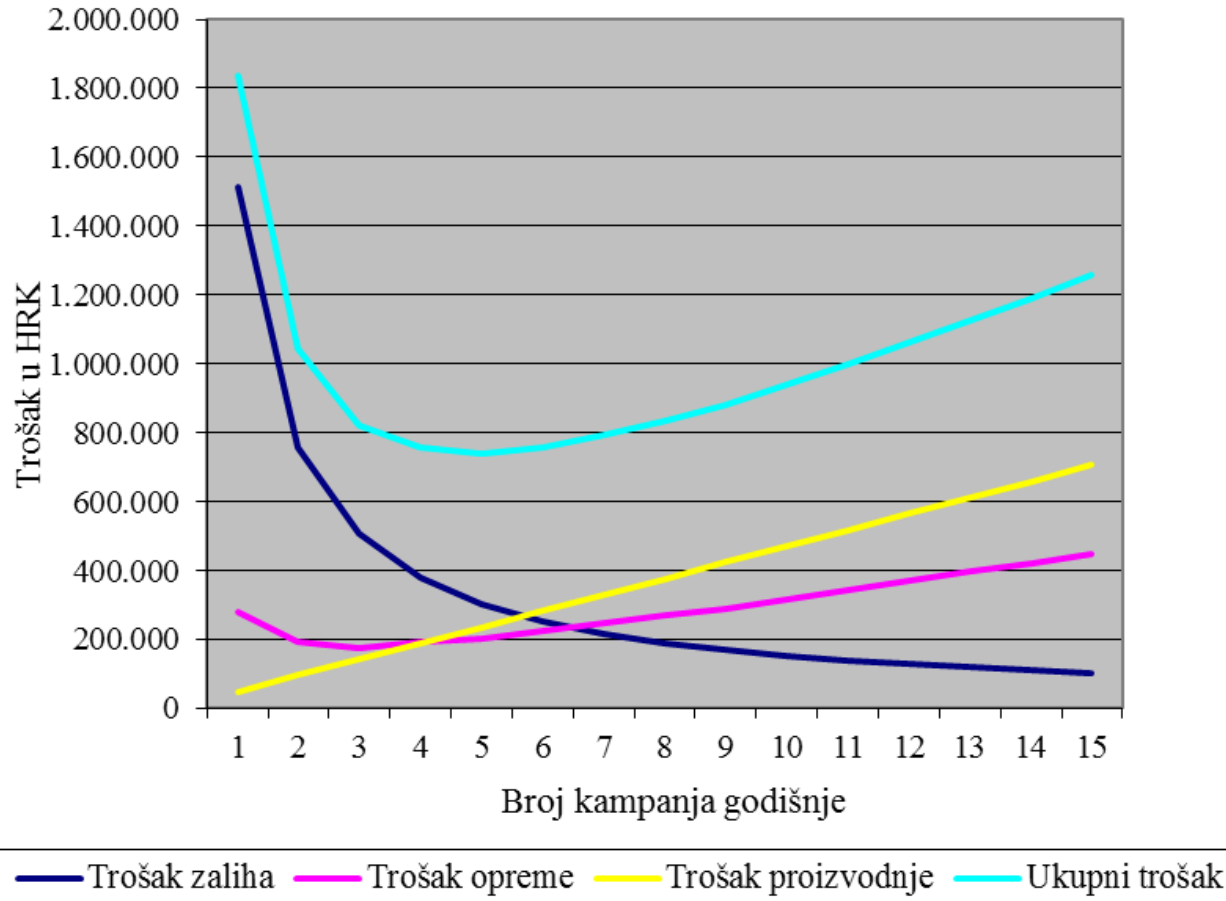
# Određivanje cikličkih zaliha

- Osnovni MOQ model



# Određivanje cikličkih zaliha

## ■ Prilagođeni model







# Određivanje cikličkih zaliha

---

- $G$  skup svih gotovih proizvoda
- $I$  skup svih poluproizvoda
- $M$  skup svih polaznih materijala
- $S(i)$  skup svih direktnih sljedbenika materijala  $i$
- $P(i)$  skup svih direktnih prethodnika materijala  $i$
- $N$  ukupan broj materijala
- $w_{ij}$  količina proizvoda  $i$  potrebnog za proizvodnju jedne jedinice proizvoda  $j$
- $c_i$  trošak zaliha za materijal  $i$
- $d_i$  godišnji plan potražnje za materijalom  $i$ .
- $COGS_i$  standardna cijena materijala  $i$



# Određivanje cikličkih zaliha

---

- $pv_i$  ukupni trošak podešavanja pri prelasku na proizvodnju poluproizvoda  $i$ , ( $i \in I$ ) s proizvodnje nekoga drugog proizvoda ("veliko podešavanje")
- $pm_i$  ukupni trošak podešavanja pri prelasku na proizvodnju druge serije istog poluproizvoda  $i$ , ( $i \in I$ ), ("malo podešavanje")
- $b_i$  veličina serije poluproizvoda  $i$ , ( $i \in I$ )
- $p_i$  trošak podešavanja između dvije serije istog proizvoda gotove robe  $i$  ("malo podešavanje")
- $l_i$  trošak podešavanja kod prelaska na gotov proizvod  $i$ , nakon proizvodnje nekog proizvoda  $j$ , ("veliko podešavanje")
- $q_i$  trošak kontrole kvalitete opremljenoga gotovog proizvoda  $i$ .
- $x_i$  broj proizvodnih kampanja gotovog proizvoda  $i$  na razini godine,
- $z_i$  broj kampanja poluproizvoda  $i$  na razini godine,



# Određivanje cikličkih zaliha

---

- Trošak zaliha gotovih proizvoda:

$$C_{inv}(i, i \in G) = \frac{d_i}{2x_i} \cdot c_i \cdot COGS_i$$

- Trošak podešavanja kod poluproizvoda:

$$C_{pp}(i, i \in I) = pv_i + pm_i \cdot (z_i - 1)$$

- Trošak opreme gotovih proizvoda :

$$C_{got}(i, i \in G) = x_i \cdot p_i + \frac{d_i}{e_i \cdot z_j} \cdot l_i \cdot z_{p(i)} + \max \left\{ x_i, \frac{d_i}{e_i} \right\} \cdot q_i$$



# Određivanje cikličkih zaliha

---

Funkcija cilja:

$$\min \sum_{i \in I} \left( C_{pp}(i) + \sum_{j \in S(i)} C_{inv}(j) + \sum_{j \in S(i)} C_{got}(j) \right)$$

Pri čemu je:

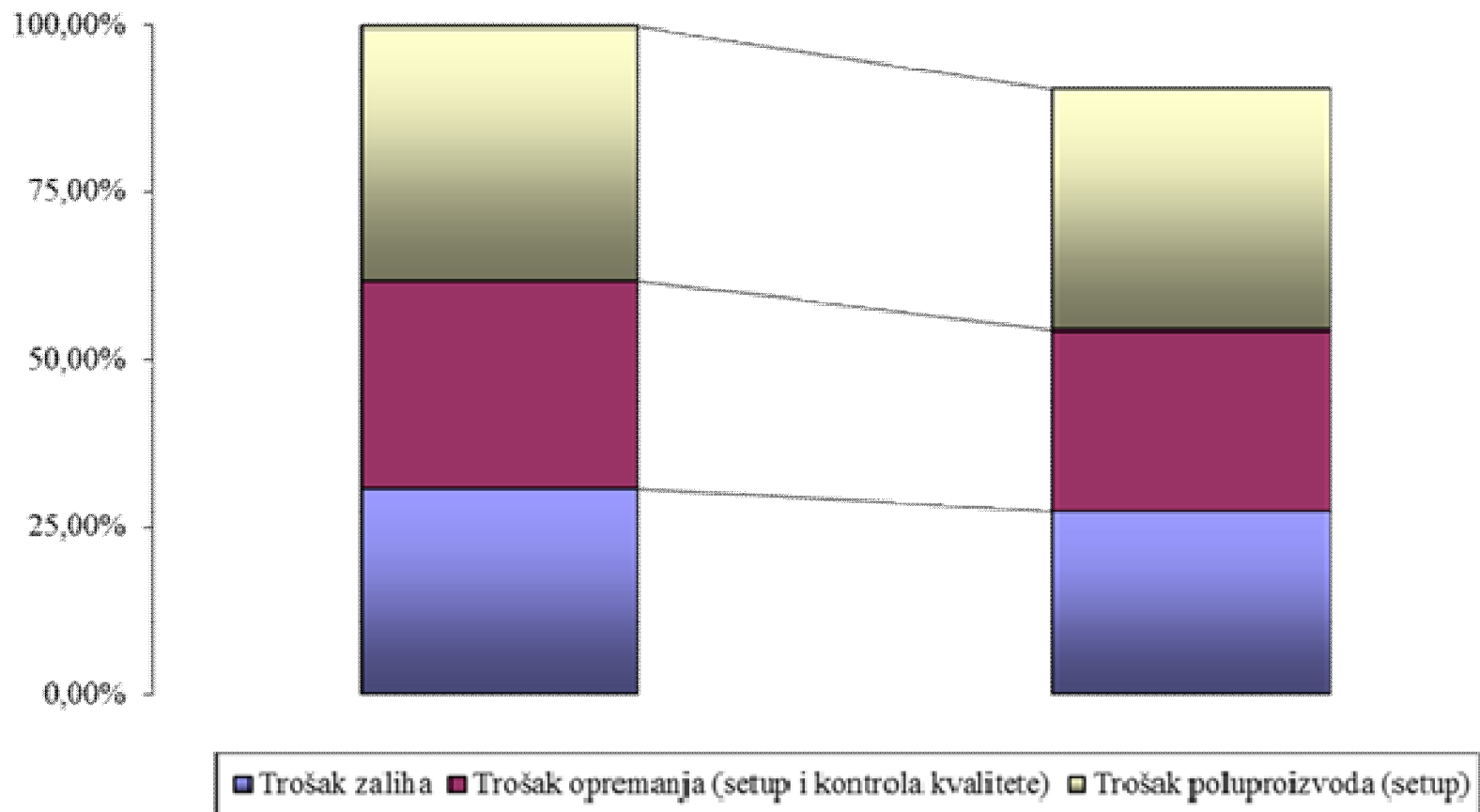
- $0 \leq x_j \leq z_j \leq 12,$
- $x_j, z_j$  su cjelobrojne varijable.

# Primjena na primjeru iz Plive Hrvatske

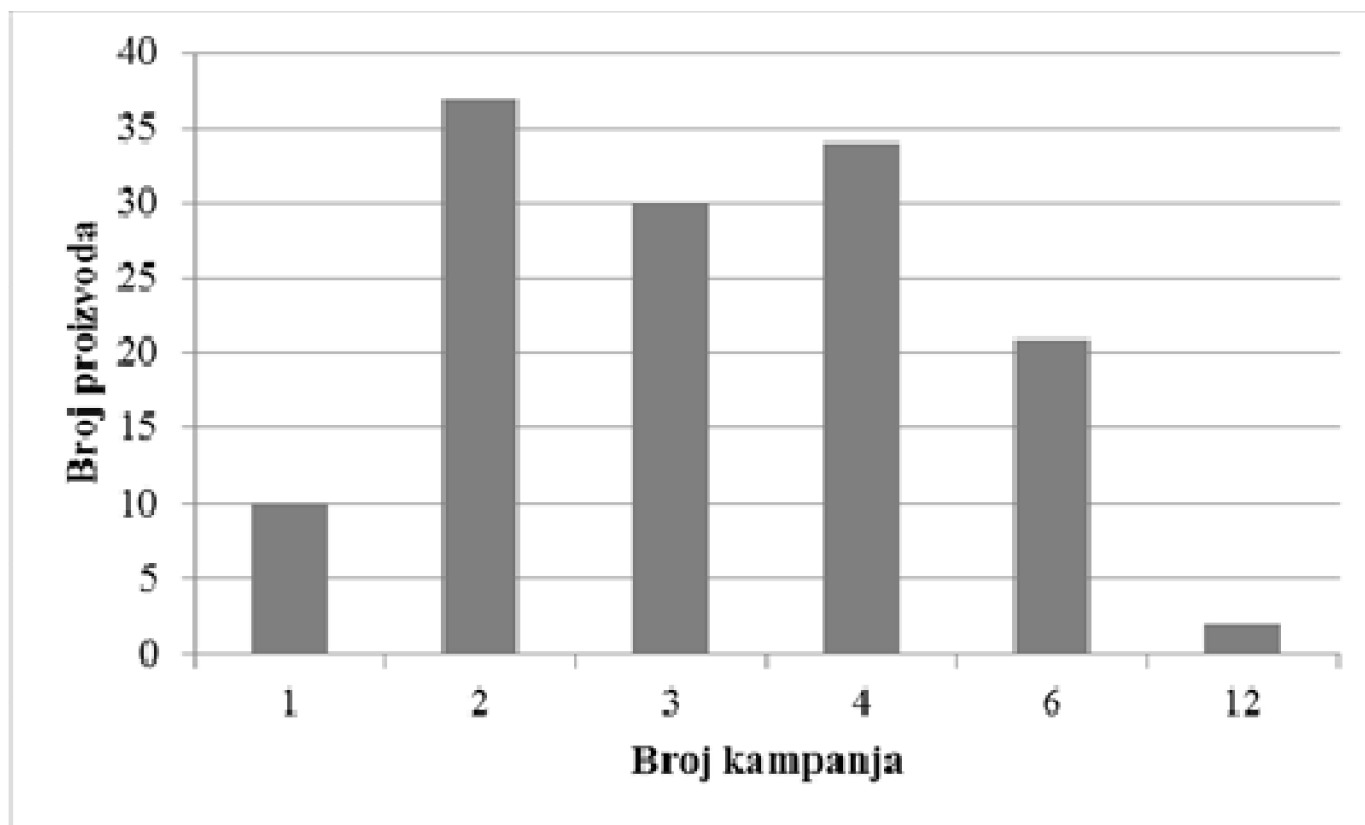
- # poluproizvoda (tablete, kapsule, ampule...): 120
- # serija poluproizvoda: 4500
- # gotovih proizvoda: 550
- # serija gotove robe: 6300



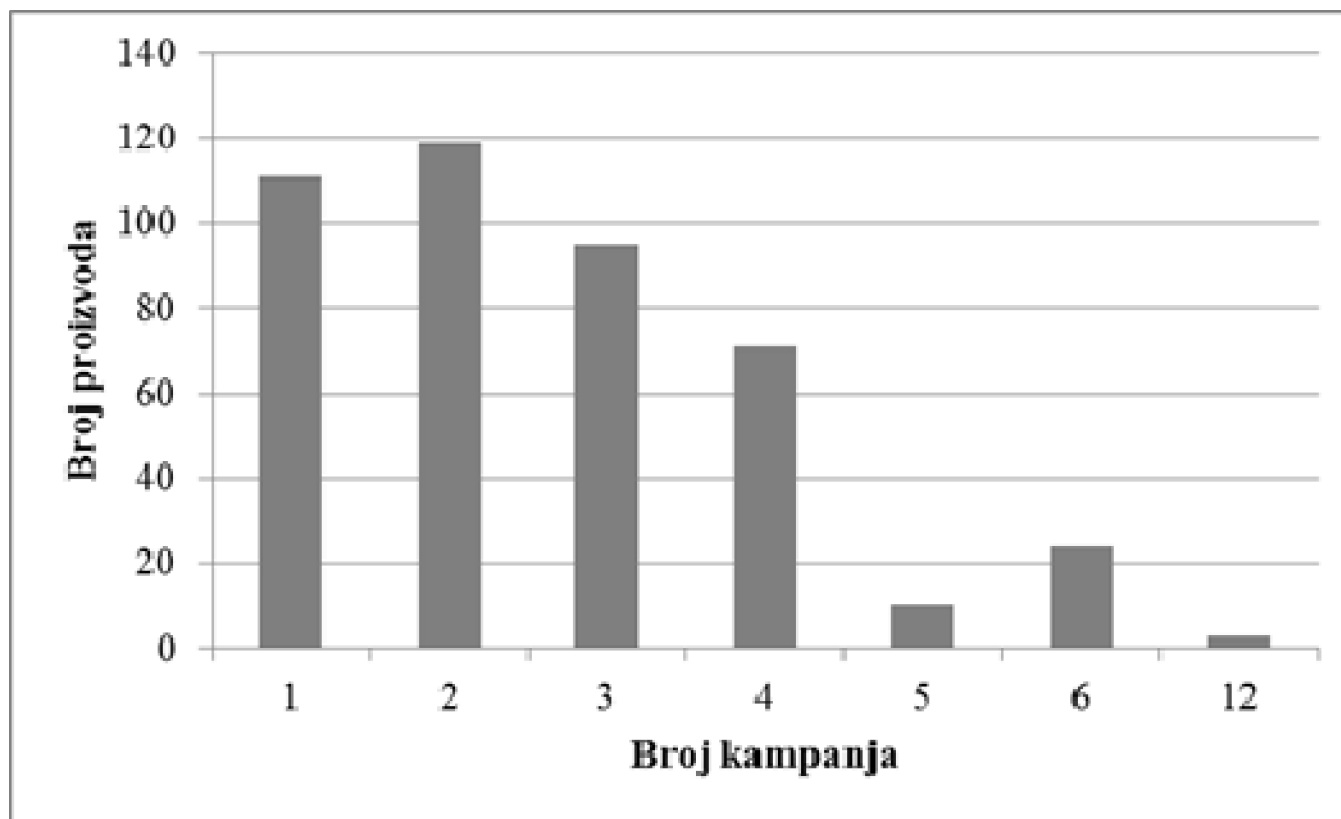
# Vrijednost funkcije cilja



# Rješenje za poluproizvode



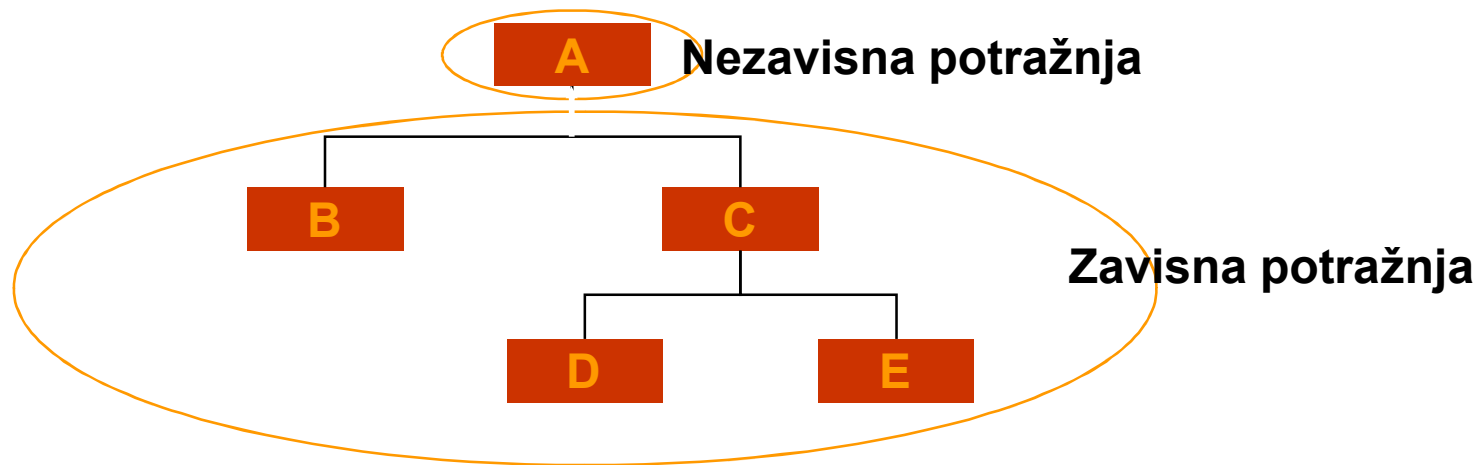
# Rješenje za gotovu robu





# Određivanje sigurnosne zalihe

- Određivanje sigurnosne zalihe:
  - Nezavisnu potražnju: rezultat uvjeta na tržištu
  - Zavisna potražnja: rezultat nadređenih potreba





# Određivanje sigurnosne zalihe

---

- Sigurnosna zaliha kod proizvoda sa nezavisnim potražnjom kod jednorazinskog lanca opskrbe:

$$SZ = k \cdot \sigma \cdot \sqrt{\lambda}$$

- $k$ - sigurnosni koeficijent (z-vrijednost normalne distribucije)



# Mjerenje greške prodaje

---

- Standardni pristup (odstupanje od sredine):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (d_t - \mu)^2}$$

- za uzorak od  $n$  prodajnih količina  $d_t$  gdje je  $d_t$  količina prodana u razdoblju  $t$ , za  $t = 1, \dots, n$ .



# Mjerenje greške prodaje

---

- Odstupanje od planskih vrijednosti (ponderirano):

$$\sigma^2 = tr(T\Sigma T')$$

- gdje je matrica T matrica težinskih faktora, a  $\Sigma$  varijantno-kovarijantna matrica



# Mjerenje greške prodaje

---

- Poluproizvodi, polazni materijali:

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{j \in S_G(i)} \sum_{k \in S_G(i)} w_{i,j} \cdot w_{i,k} \text{Cov}_{jk}}$$

$S_G(i)$  - skup svih gotovih proizvoda, sljedbenika materijala  $I$

Odnosno:

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{j \in S_G(i)} \sum_{k \in S_G(i)} w_{i,j} \cdot w_{i,k} \cdot \sigma_j^2 \cdot \sigma_k^2 \cdot \rho_{ij}}$$



# Određivanje sigurnosnih zaliha

---

- $\lambda_i$  procesno trajanje za materijal  $i$ . Ako je  $i$  iz skupa  $M$ , riječ je o vremenu odziva (vremenu potrebnom za nabavu materijala), a ako je iz skupa  $I$  ili  $G$ , predstavlja trajanje proizvodnje (bez čekanja na materijale)
- $k_i$  sigurnosni koeficijent za materijal  $i$  (z-vrijednost)
- $\mu_i$  srednja vrijednost potražnje za materijalom  $i$
- $\sigma_i$  standardna devijacija za materijal  $i$  u promatranom razdoblju
- $\rho_{ij}$  korelacija između potražnje za gotovim proizvodima  $i$  i  $j$
- $d_i$  godišnji plan potražnje za materijalom  $i$

# Varijabla odlučivanja

$S_i$  – servisno vrijeme za materijal  $i$ :

$$S_i \geq 0$$

Za sve gotove proizvode, elemente skupa  $G$ :

$$S_i \leq \lambda_i$$

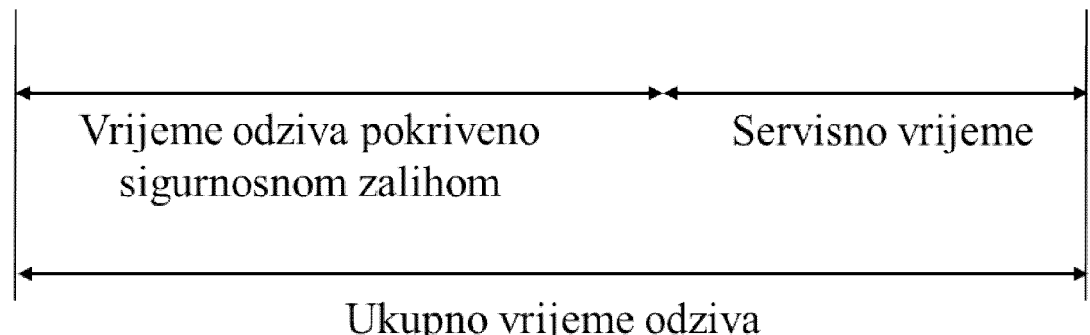
Dok za sljedeće razine vrijedi:

$$S_i \leq t_i$$

gdje je

$$t_i = \max_{j \in P(i)} \{ \lambda_j - S_j \}$$

skup  $P(i)$  čini skup svih prethodnika elementa  $i$ .





# Formulacija problema

---

Funkcija cilja:

$$\min \left( \begin{array}{l} \sum_{i \in M} c_i \cdot COGS_i \cdot k_i \cdot \sigma_i \cdot \sqrt{\lambda_i - S_i} + \\ \sum_{i \in I} c_i \cdot COGS_i \cdot k_i \cdot \sigma_i \cdot \sqrt{\max_{j \in P(i)} \{S_j\} + \lambda_i - S_i} + \\ \sum_{i \in G} c_i \cdot COGS_i \cdot k_i \cdot \sigma_i \cdot \sqrt{\max_{j \in P(i)} \{S_j\} + \lambda_i} \end{array} \right)$$

Uz ograničenja:

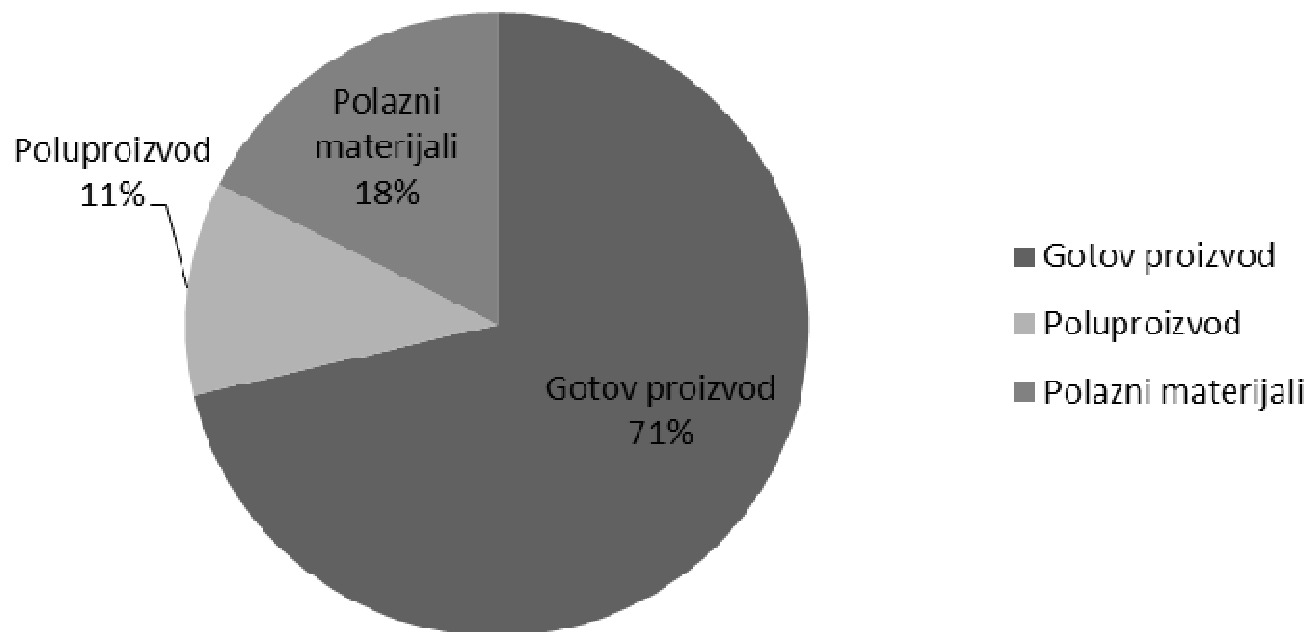
$$0 \leq S_i \leq \lambda_i, \quad \forall i \in M,$$

$$0 \leq S_i \leq \max_{j \in P(i)} \{S_j\} + \lambda_i, \quad \forall i \in I,$$

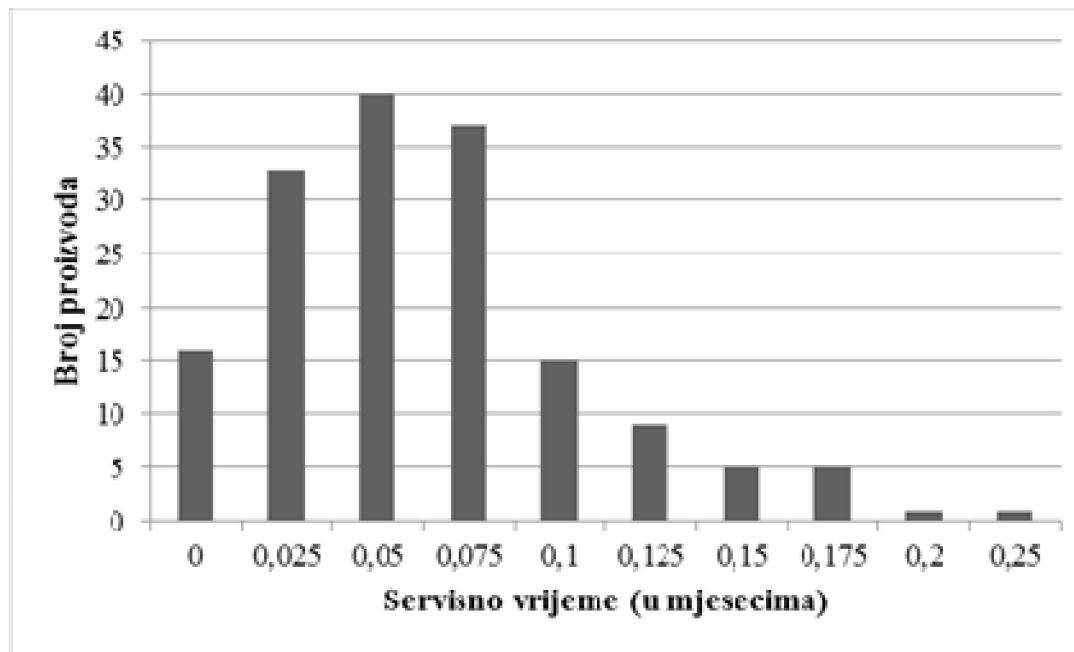
$$S_i = 0, \quad \forall i \in G,$$



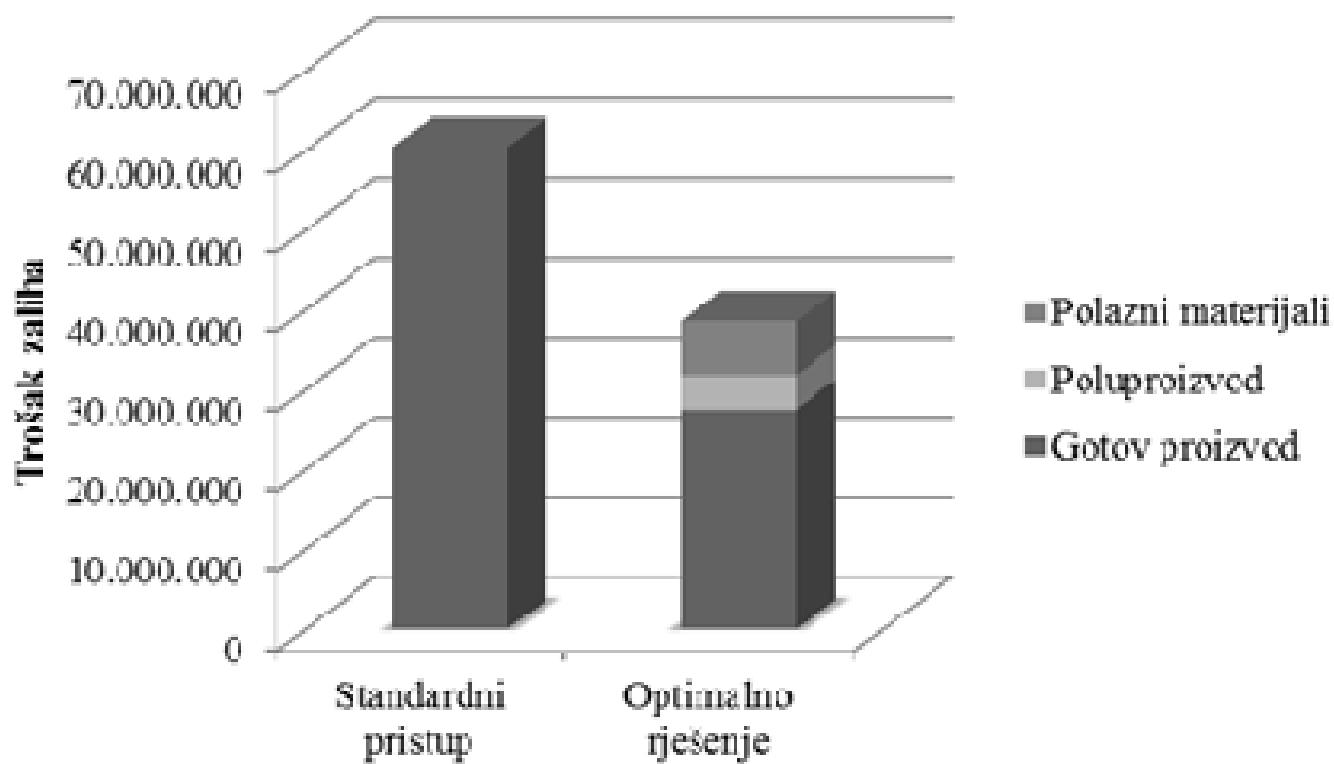
# Prikaz rješenja problema



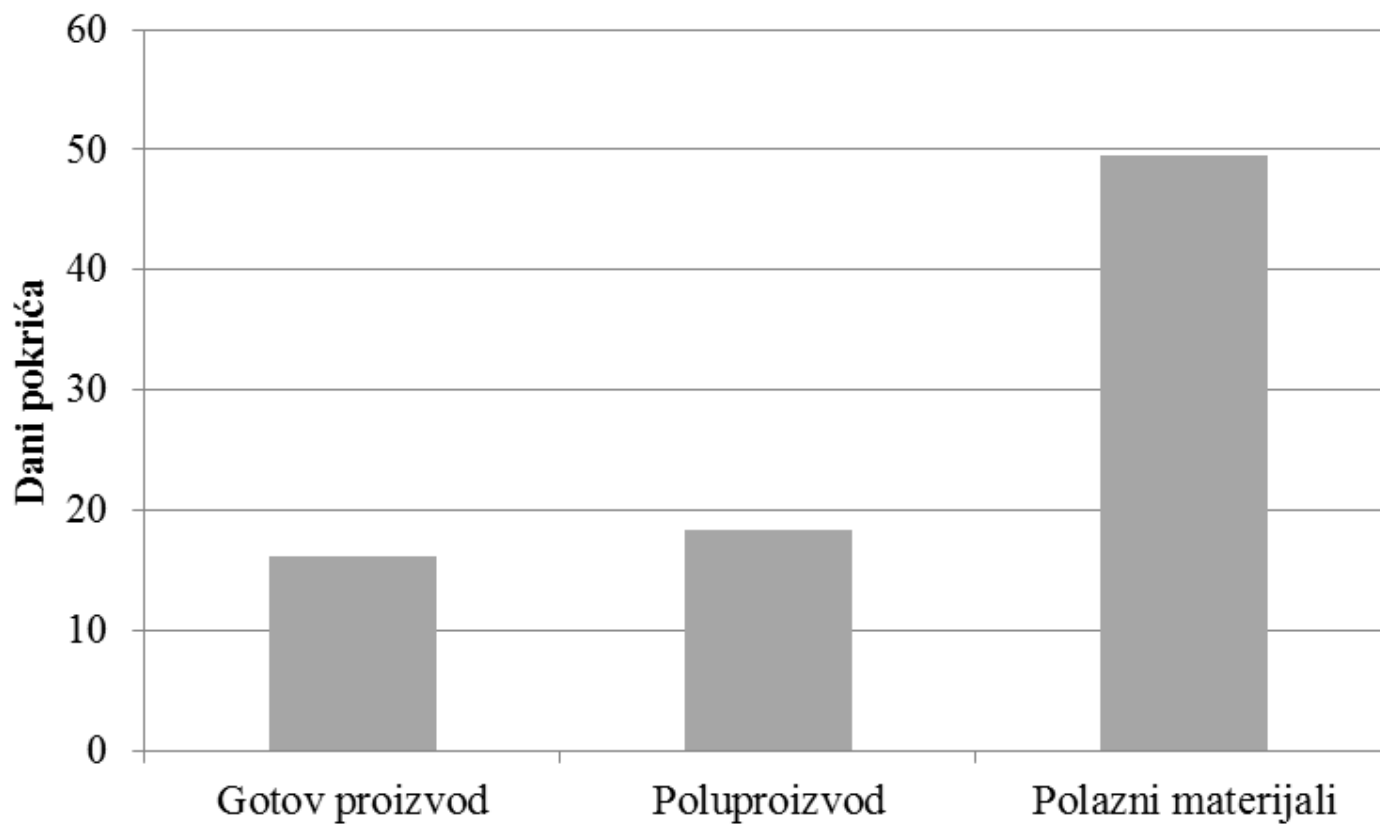
# Rješenje – servisno vrijeme za poluproizvode



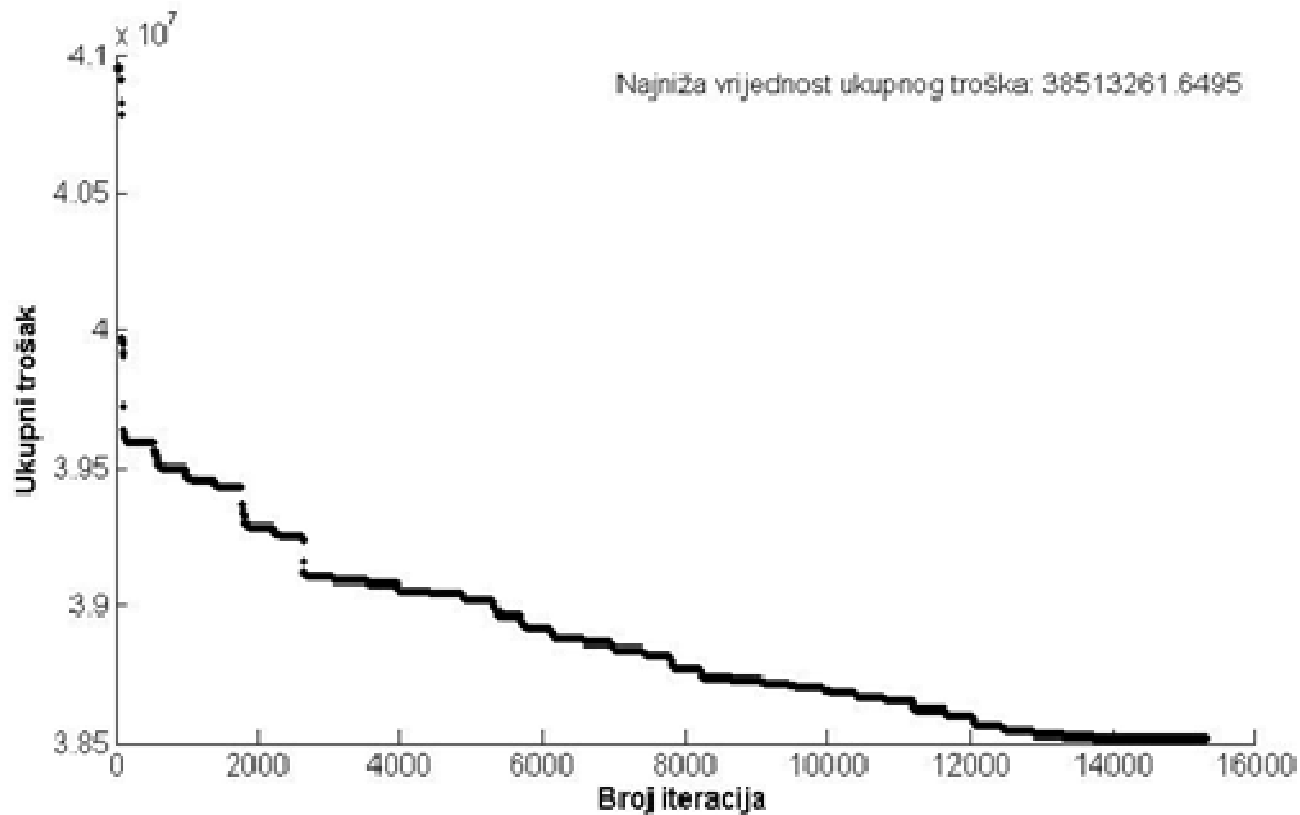
# Usporedba rješenja



# Prikaz rješenja



# Kretanje funkcije cilja





# Višekriterijska optimizacija

---

Kriteriji:

- Trošak sigurnosne zalihe

$$\min \sum_i COGS_i SZ_i$$

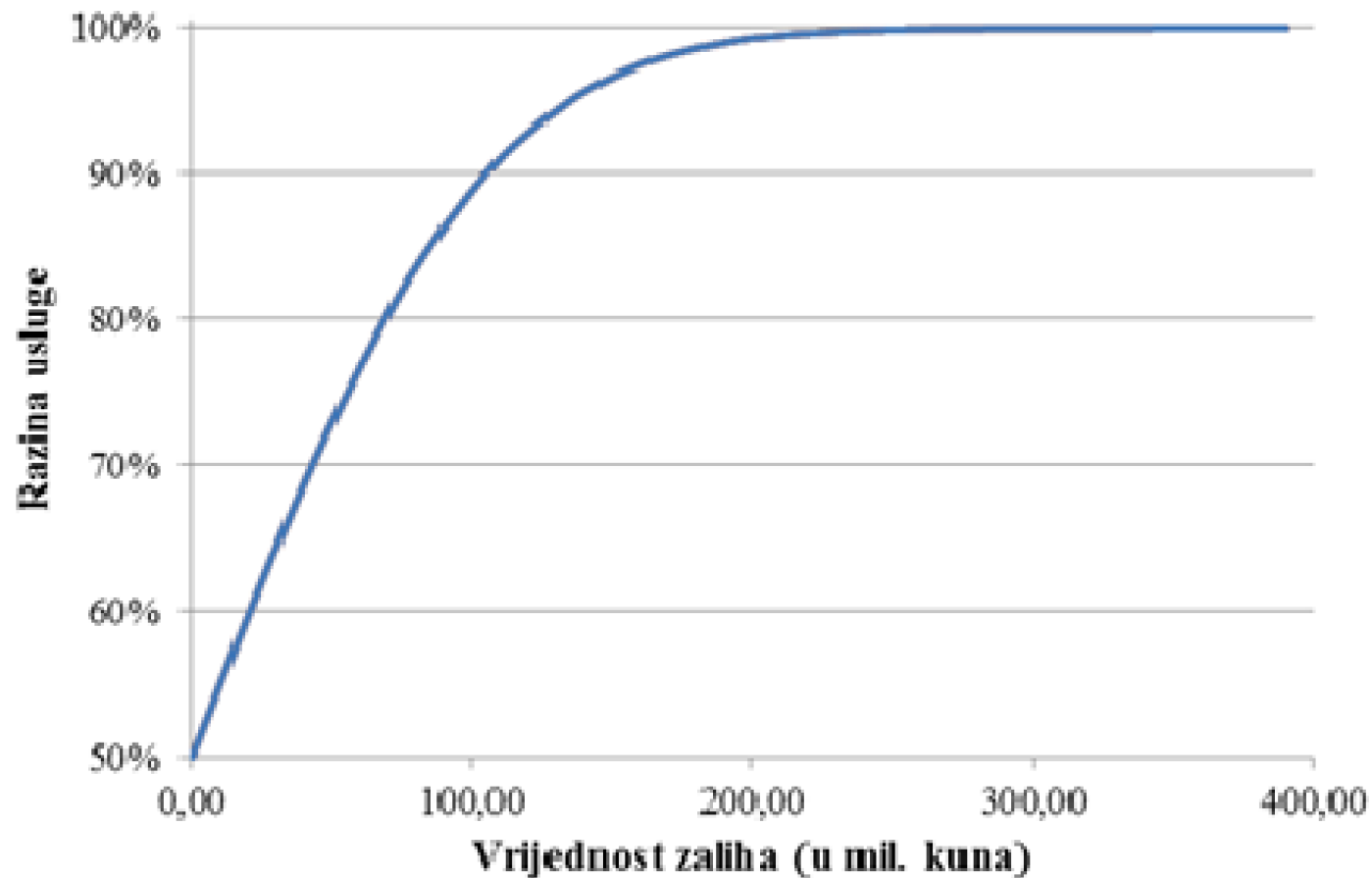
- Razina usluge

$$\max k_i$$

- Skladišni prostor

$$\min \sum_i Vol_i SZ_i,$$

# Odnos razine usluge i troška zaliha



# Odnos troška zaliha i skladišnog prostora

