



## UPRAVLJANJE POSLOVNO-PROIZVODNIM SISTEMIMA SA ASPEKTA ISTRAŽIVANJA OPTIMALNOG PROIZVODNOG PROGRAM

### MANAGEMENT OF BUSINESS AND PRODUCTIVE SYSTEMS FROM A VIEW POINT OF THE RESEARCH OF THE OPTIMAL PRODUCTIVE PROGRAMMES

Radisav Đukić<sup>1)</sup>

*Rezime:* Strateški cilj funkcije menadžmenta je optimalno upravljanje poslovno-proizvodnim sistemom u funkciji od vremena. Istraživanje optimalnog proizvodnog programa od višestrukog je značaja. Ako pri istraživanju razmatramo raspoložive proizvodne kapacitete tada optimalni proizvodni program služi kao cilj kome sistem treba da teži. Ukoliko pri istraživanju uzmemo u obzir i spoljašnje determinante (tržišna i druga ograničenja) tada je moguće utvrditi „viškove” i „manjkove” kapaciteta i saglasno tome preduzeti odgovarajuće aktivnosti kako bi se obezbedio opstanak i razvoj sistema uz najpovoljnije finansijske efekte.

*Ključne reči:* upravljanje, preduzeće, proizvod, optimizacija.

#### 1. UVOD

Poslovno-proizvodni sistemi (PPS) spadaju u grupu organizacionih sistema koji funkcionišu radi ostvarenja određenih ciljeva na makroekonomskom (okruženje) i mikroekonomskom planu (zaposleni).

Orjentisani ka proizvodnji oni sa jedne strane podrazumevaju ljude, ciljeve i komunikaciju a sa druge strane predmete, sredstva za rad, proizvodne i druge uslove i ograničenja.

Upravljanje ovim sistemima izuzetno je složeno i komplikovano jer zahteva da se sistem definiše (opiše) adekvatnim matematičkim modelom (jednačine, nejednačine, relacije, grafovi) što je u suprotnosti sa njihovom stohastičkom prirodom. Ovi sistemi istovremeno su realni, složeni, stohastički i dinamički. Od njih se zahteva da imaju sposobnost adaptacije i da stabilno funkcionišu što prevashodno zavisi od usvojene strategije menadžmenta. Kriterijuma upravljanja ima više i teško ih je sve obuhvatiti jednom funkcijom pa čak i kvantifikovati jer između ostalog zavise i od vrste, količine i načina obrade relevantnih i dostupnih informacija.

Dinamičko uravnotežavanje i upravljanje poslovno-proizvodnim sistemima nameće potrebu za istraživanjem optimalnog proizvodnog programa.

Za proizvodni program vezujemo tri izuzetno važna pitanja:

1. Kakav proizvodni program treba da ima PPS da bi maksimalno iskoristio raspoložive potencijale (ljude, mašine, energiju)?
2. Kakav proizvodni program treba da ima PPS da bi maksimalno iskoristio raspoložive proizvodne potencijale respektujući, pri tome, realna tržišna ograničenja?
3. Kakav proizvodni program treba da ima PPS da bi ostvario optimalne finansijske efekte (troškovi poslovanja, ukupan prihod, profit)?

Pronalaženje optimalnog programa proizvodnje uz optimizaciju finansijskih efekata ne daje uvek i maksimalno korišćenje raspoloživih potencijala i obrnuto.

Ako je preduzeće monopolista na tržištu tada proizvodni program treba optimizirati sa aspekta maksimalnog iskorišćenja proizvodnih potencijala. U tom slučaju on predstavlja cilj kome PPS treba da teži.

U tržišnim uslovima poslovanja proizvodni program predstavlja rezultantu optimalnog korišćenja proizvodnih potencijala uz respektovanje realnih tržišnih ograničenja. Tada je potrebno utvrditi „viškove” i „manjkove” kapaciteta i saglasno tome preduzeti odgovarajuće

mere. Ukoliko PPS ima „višak“ kapaciteta to znači da konkretnim ugovorima ne angažuje optimalno svoje kapacitete pa je potrebno preko odgovarajućih stručnih timova utvrditi razlog za to. Ukoliko imamao „manjak“ kapaciteta to znači da je potražnja veća od proizvodne mogućnosti. Tada je neophodno sagledati „uska grla“ u proizvodnji i efikasnijom organizacijom ili pak investiranjem otkloniti ih i na taj način stvoriti uslove da se ugovorene obaveze realizuju.

## 2. NIVOI I METODE OPTIMIZACIJE

Optimalni proizvodni program možemo istražiti na nivou PPS-a kao celine ili na nivou njegovih podsistema. Ukoliko PPS modeliramo kao sistem koji se dalje ne može razložiti tada optimalni proizvodni program utvrđujemo na jednom nivou. Odgovarajuće parametre u matematičkom modelu najčešće grupišemo na nivou proizvoda a ograničenja na nivou sistema kao celine.

Međutim, optimizirati proizvodni program PPS-a smatrajući ga složenim sistemom koji se sastoji iz više podsistema (moguća horizontalna i vertikalna dekompozicija) višestruko je složeniji zadatak. Nameće se pitanje: Da li je optimum na nivou sistema istovremeno i optimum na nivou podsistema tj. da li postoji jedinstvo ciljeva između podsistema i sistema kao celine.

Proizvodnja složenih industrijskih proizvoda zasniva se na većem broju proizvodnih faza, raznovrsnim tehnologijama i kombinaciji više raznorodnih stručnih sadržaja grupisanih u organizacione nivoe. Procesualni princip organizacije proizvodnje i kompleksni stručni sadržaji stvorili su uslove da se proizvodni sistemi tretiraju kao višenivovski hijerarhijski sistemi.

Na funkcionisanje nekog sistema na bilo kom nivou, neposredno utiču viši nivoi, a najčešće je to slučaj sa neposrednim višim nivoom. Ovaj uticaj (intervencija) obavezuje niže nivoe i održava prioritet važnosti. Mada je prioritet delovanja kod hijerarhijskih sistema usmeren na dole, uspeh globalnog sistema kao i podsistema na bilo kom nivou zavisi od performansi svakog podsistema pojedinačno. Performansu možemo smatrati povratnom spregom i pošto predstavlja reagovanje ili odgovor na intervenciju, ona je usmerena na gore.

Pri proučavanju i modeliranju hijerarhijskih sistema potrebno je definisati organizacione nivoe, nivoe opisa i nivoe odlučivanja.

Ograničenja u matematičkom modelu usko su povezana za organizacione nivoe, kriterijumi upravljanja za nivoe odlučivanja a odgovarajuće parametre u matematičkom modelu možemo grupisati na nivou proizvoda ili poluproizvoda.

Ukoliko pri izradi proizvoda ili njegovih delova postoji više tehnoloških varijanti (rešenja) tada sistem treba opisati na nivou poluproizvoda.

Pošto u sebi sintetizuje veoma složen skup činilaca stohastičke i dinamičke prirode programska orijentacija tokom vremena podložna je izmenama. Dugoročni aspekt uglavnom se bazira na pretpostavkama i predviđanju, gde preovladavaju elementi kvalitativne prirode. Kratkoročno projektovanje proizvodnog programa zasniva se na činjenicama pri čemu preovladavaju elementi podložni kvantifikaciji. Shodno usvojeoj koncepciji zahvata problematike programske orijentacije, od predviđanja pa do kratkoročnog planiranja, mogu se koristiti razne metode i tehnike kao što su: Brainstorming (Synectik method), Delphi, Metode odlučivanja, Tehnika mrežnog planiranja, Regresiona i faktorska analiza, Ekstrapolacija trenda, Metode matematičkog programiranja i td.

Pošto je cilj ovog rada da se utvrdi optimalni proizvodni program sa aspekta maksimalnog korišćenja proizvodnih potencijala (mašinskih kapaciteta i radne snage) u vremenskom intervalu od godinu dana i težnja da se proizvodni sistem, kao hijerarhijski sistem sa više nivoa, opiše matematičkim modelom tada je najpogodnija metoda linearnog programiranja (LP). Pogodnost korišćenja ove metode ogleda se u činjenici da za rešavanje ovakvih problema postoji razrađen postupak (metoda). Međutim, takođe treba imati u vidu da primena LP počiva na pretpostavci da su relevantne veličine determinističkog karaktera, što ne odgovara realnosti, jer se radi o stohastičkim veličinama. U tom kontekstu potrebno je detaljno istražiti sve parametre koji se ugrađuju u model kako bi dobijeno rešenje imalo upotrebnu vrednost. Primena metode LP podrazumeva definisanje matematičkog modela koga čine funkcija cilja ili kriterijum upravljanja i skup ograničenja. Funkciju cilja čini linearna kombinacija nepoznatih a skup ograničenja zadaje se sistemom linearnih jednačina i nejednačina. Opšta matematička formulacija problema sastoji se u sledećem:

Treba odrediti takav skup vrednosti n-dimenzionog vektora  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  iz oblasti koja je zadana sistemom linearnih nejednačina i (ili) jednačina za koje funkcija  $F(x)$  dostiže optimalnu vrednost (maksimalnu ili minimalnu) odnosno:

$$\begin{aligned} \text{OPT } F(x) &= C \cdot X \\ A \cdot X &\leq B \\ D \leq X &\leq E \quad \dots \dots \dots (1) \\ X &\geq 0 \end{aligned}$$

gde je:

$X$  - n-dimenzioni vektor promenljivih, formata  $(n \times 1)$ ,

C - n-dimenzioni vektor parametara uz promenljive u funkciji cilja, formata (1xn),

A - matrica koeficijentata uz promenljive u ograničavajućim uslovima, formata (mxn),

B - m-dimenzioni vektor ograničenja, formata (mx1),

D, E - vektori ograničenja promenljivih, formata (kx1),  $k \leq n$

Vektor optimalnog rešenja  $X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*)$  dobijamo korišćenjem odgovarajućih aplikativnih softverskih paketa kao što su: SIMPLE, QSB, MATEMATIKA i td.

### 3. MODEL SISTEMA

Istraživanje optimalnog proizvodnog programa realizovano je u okviru složenog poslovno-proizvodnog sistema „Sloboda” – Čačak. Sloboda je utemeljena 1948 god. kao proizvodna snaga vojne industrije. Namenski program razvijan je iz godine u godinu, stim što se paralelno sa njim pristupilo osvajanju artikala za tržište. Proizvodnju složenih artikala čine sledeća tehnološka područja rada: mašinska obrada plastičnom deformacijom i rezanjem – uključuje sve tehnološke discipline iz ovih područja, termička obrada, površinska zaštita, montaža (laboracija) artikala sa izradom eksplozivnog sastava proizvoda uključujući savremena sredstva za kontrolisanje procesa proizvodnje i posebno proizvoda, izrada alata, održavanje sopstvenih sredstava rada koje uključuje odgovornost za snabdevanje energijom i fluidima, prerada drveta u cilju izrade ambalaže za pakovanje i td. Tehnologiju karakteriše opremljenost za zaokruženu obradu većine elemenata (ugrađuje se preko 95% delova iz sopstvene proizvodnje).

Na sl.1 prikazan je matematički model sistema u obliku grafa, sa hijerarhijskim rasporedom podsistema i vezama između nivoa i u okviru njih. Vertikalna dekompozicija izvršena je sa tri organizaciona nivoa, tri nivoa opisa i dva nivoa odlučivanja.

Podsistemi na sva tri organizaciona nivoa raspolažu sa određenim brojem zaposlenih radnika (Z) i određenim brojem mašina (M). Na prvom nivou opisa nepoznate ( $X_{ij}$ ) predstavljaju moguće tehnološke varijante izrade poluproizvoda. Na drugom nivou opisa nepoznate ( $X_i$ ) predstavljaju poluproizvode a na trećem nivou opisa nepoznate (X) u matematičkom modelu predstavljaju proizvode (artikle). Nivoi odlučivanja opredeljuju kriterijum upravljanja. Prvi nivo odlučivanja podrazumeva upravljanje na nivou sistema kao celine (S). Drugi nivo odlučivanja podrazumeva upravljanje na nivou podsistema  $S_1, S_2$  i  $S_3$ .

Uopštavajući matematički model sa sl.1 možemo konstatovati da se svaki hijerarhijski

sistem S (koji može biti realan ili apstraktan) sastoji od n podsistema. Svaki podsistem karakteriše proizvodni program  $X_i$ , raspoloživi mašinski kapaciteti  $M_i$  i određen broj zaposlenih radnika  $Z_i$ , kao vektorske veličine:

$$S = (S_1, S_2, S_3, \dots, S_n) \dots\dots\dots(2)$$

$$X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_m) \dots\dots\dots(3)$$

$$M = (M_1, M_2, M_3, \dots, M_k) \dots\dots\dots(4)$$

$$Z = (Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_p) \dots\dots\dots(5)$$

Linearni matematički model optimizacije proizvodnog programa na nivou svakog podsistema ima sledeći opšti matrični oblik:

$$\text{MAX } F(x) = C \cdot X \dots\dots\dots(6)$$

$$T \cdot X \leq M \dots\dots\dots(7)$$

$$R \cdot X \leq Z \dots\dots\dots(8)$$

$$D \leq X \leq E \dots\dots\dots(9)$$

$$X \geq 0, X^* \geq 0 \dots\dots\dots(10)$$

Relacija (6) predstavlja funkciju cilja koju treba maksimizirati imajući u vidu da se optimum ( $X^*$ ) traži sa aspekta maksimalnog korišćenja proizvodnih potencijala. Relacijom (7) i (8) definisani su raspoloživi kapaciteti mašina (M) i radne snage (Z) a relacijom (9) definisane su minimalne i maksimalne potrebe tržišta. Proces optimizacije proizvodnog programa može da teče od „1.-n.” organizacionog nivoa po principu „up - bottom” i obrnuto od „n.-1.” odnosno „bottom - up”, što zavisi od prirode podsistema tj. da li oni predstavljaju samo tehničke ili tehničko-ekonomske celine.

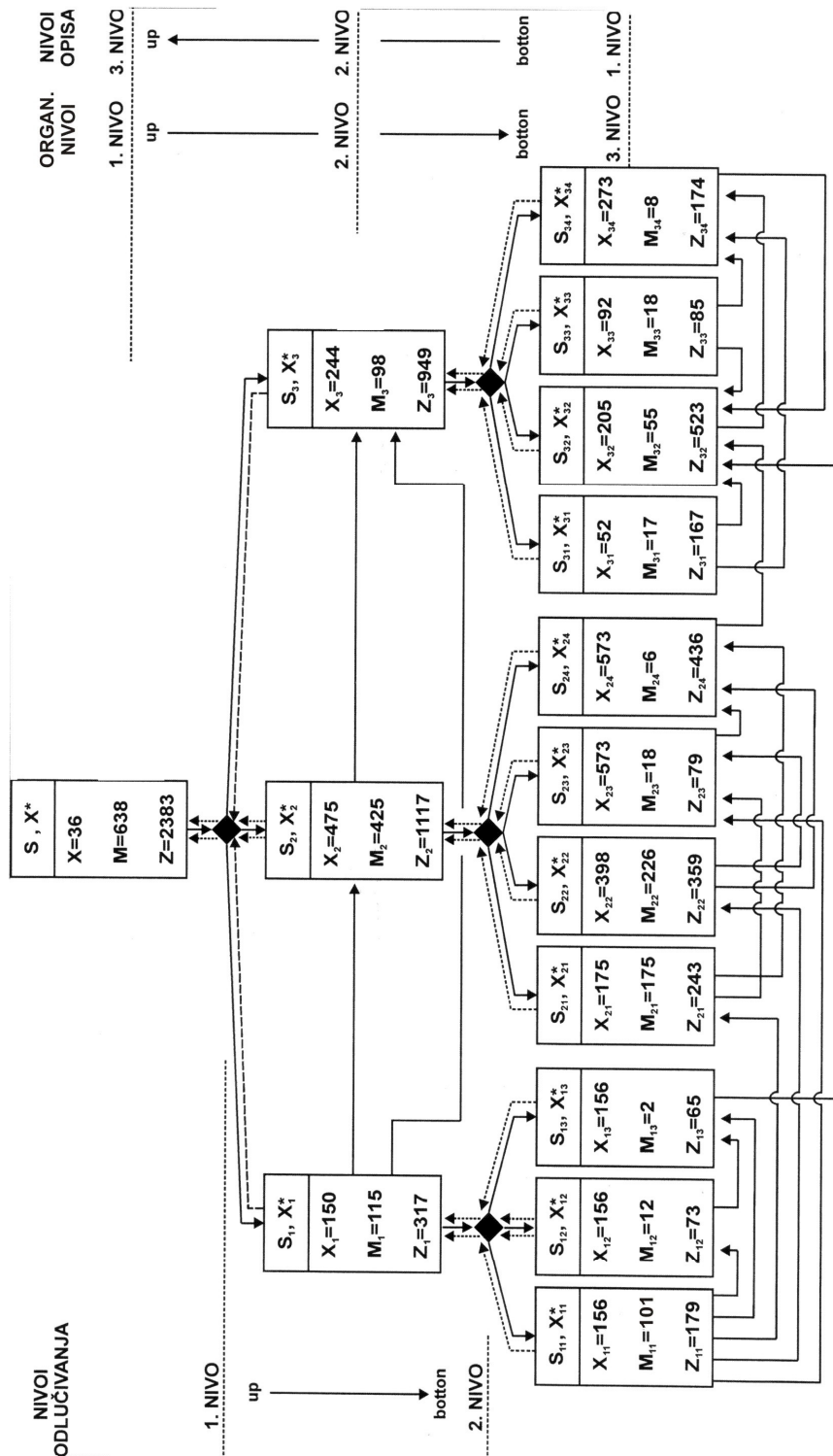
### 4. DEFINISANJE I REŠAVANJE MATEMATIČKIH MODELA OPTIMIZACIJE

Respektujući činjenicu da podsistemi sa sl.1 predstavljaju zaokružene tehničke i organizacione celine, da je većina proizvoda rezultata zajedničkog rada i da pri izradi poluproizvoda postoji više alternativnih mogućnosti u daljem izlaganju biće prikazan proces optimizacije „bottom - up”.

Na prvom nivou optimizacije (treći organizacioni nivo sl.1) uzećemo u razmatranje performanse sa kojima raspolažu podsistemi  $S_{11}, S_{21}, S_{22}, S_{31}$  i  $S_{32}$ . Optimizacija obuhvata treći nivo opisa tj. nivo tehnoloških varijanti izrade poluproizvoda. U tom slučaju neophodno je uspostaviti matematičke relacije između poluproizvoda – varijanti izrade i proizvoda što je učinjeno na osnovu konstrukcione sastavnice proizvoda, tehnoloških postupaka i pregleda upotrebe dela.

Osnov za definisanje matematičkog modela predstavlja tehnološka matrica proizvodi (elementi, sklopovi, varijante izrade) – komponentni kapaciteti. Komponentne kapacitete definišemo na osnovu strukture proizvodnog

programa i raspoloživog mašinskog parka. U suštini predstavlja kapacitet grupe mašina koje imaju iste ili slične karakteristike - tehnološke mogućnosti.



SI.1: HIJERARHIJSKI PRIKAZ PROIZVODNOG SISTEMA SA TRI ORGANIZACIONA NIVOA, TRI NIVOA OPISA I DVA NIVOA ODLUČIVANJA

Komponentni kapacitet kao izraz realno raspoloživog fonda mašinskih časova možemo definisati na sledeći način:

$$Tm_j = D_r \cdot \dot{C}_s \cdot S_n \cdot m \cdot \eta_m \cdot p_m \dots\dots(11)$$

gde je:

$Tm_j$  ( $M\check{C}/\tau$ ) – potencijal grupe mašina ( $j$ - tog komponentnog kapaciteta),

$D_r$  – radni dani u posmatranom vremenskom periodu,  
 $\check{C}_s$  – efektivni časovi rada u smeni,  
 $S_n$  – broj smena rada u danu,  
 $m$  – broj mašina koje čine j- ti komponentni kapacitet,  
 $\eta_m$  – stepen korišćenja mašinskih kapaciteta  
 $p_m$  – prosečno izvršenje norme grupe mašina koje čine komponentni kapacitet,  
 $\tau$  – vremenski period (najčešće godinu dana)

Pri istraživanju optimalnog proizvodnog programa susrećemo se sa velikim brojem faktora, što ovu problematiku čini veoma složenom. Mnogi od uticajnih faktora utiču jedan na drugi i nalaze se u odgovarajućoj korelacionoj sprezi. Zbog toga je istraživački napor koncentrisan na relativno mali broj najznačajnijih (ključnih) faktora čiji uticaj treba detaljno proučiti.

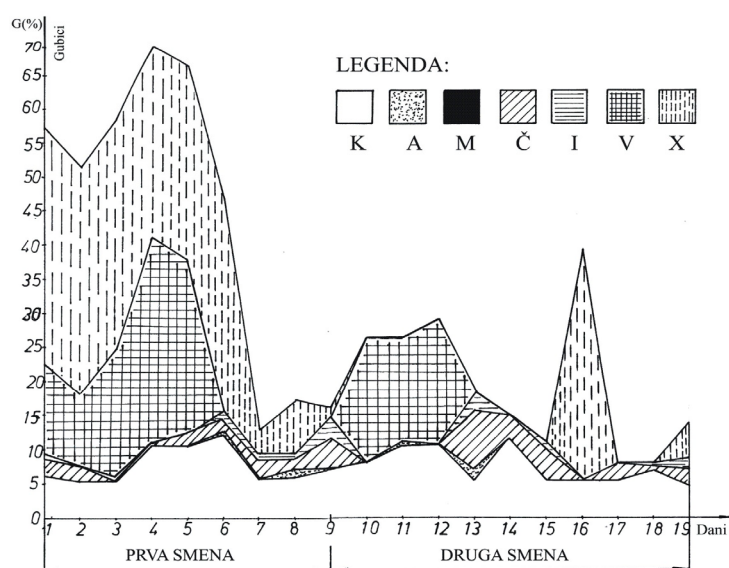
Pri definisanju eksploatacionog kapaciteta ( $T_m$ ) potrebno je utvrditi strukturu gubitaka mašinskih kapaciteta ( $G$ ) da bi odredili koeficijent  $\eta_m$ . Istraživanje strukture gubitaka mašinskih

kapaciteta nije bitno samo zbog toga što će mo u matematičkom modelu kao ograničenje staviti realni kapacitet umesto npr. projektovanog ili idealnog. Istraživanje strukture gubitaka bitno je prevashodno zbog toga što se kroz veličinu ovog gubitka odražava dejstvo drugih ograničenja koja nisu eksplicitno prisutna u matematičkom modelu optimizacije. Za istraživanje gubitaka mašinskih kapaciteta korišćena je Metoda trenutnih zapažanja (MTZ). Na osnovu probnog snimanja odabrano je sedam faktora uzročnika zastoja i to: K(kvar mašina), M (nedostaje materijal), A (nedostaje alat), Č(faktor čovek– nedisciplina), I (unutar operacijski i međuoperacijski organizacioni zastoji), V (organizacioni zastoji zbog nedostatka poluproizvoda ili dela iz kooperacije), X (nedostatak posla).

U tabeli br.1 i br.2 prikazani su podaci o veličini uzorka i strukturi gubitaka a na sl.2 dijagramski prikaz gubitaka mašinskih kapaciteta u podsistemu  $S_{32}$ .

**Tabela 1 - Pregled organizacionih celina (podsistema) i broj mašina kod kojih je vršeno snimanje aktuelnih uzročnika zastoja u prvoj i drugoj smeni**

Org. nivo	Broj mašina			Snimljeno dana		Broj obilazaka/dan		Ukupan broj snimljenih podataka	Broj faktora uzročnika zastoja
	ukupno	snimano	%	1. smena	2. smena	1. smena	2. smena		
$S_{11}$	101	67	66	11	9	12-16	15-16	18492	7
$S_{21}$	175	99	57	9	9	12	12	21384	7
$S_{22}$	226	124	55	8	9	12	12	25296	7
$S_{32}$	55	38	69	9	10	10	15	10830	7
$\Sigma$	<b>557</b>	<b>328</b>	<b>59</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>10-16</b>	<b>12-16</b>	<b>76002</b>	<b>7</b>



**Slika 2 - Dijagramski prikaz gubitaka po uzročnicima zastoja i danima snimanja u  $S_{32}$**

**Tabela 2 - Zbirni pregled proseka gubitaka mašinskih kapaciteta po uzročnicima zastoja i org. nivoima u % efektivno raspoloživog vremena rada mašina**

Org. nivo	UZROČNICI ZASTOJA - GUBICI (%)							
	K(g <sub>K</sub> )	A(g <sub>A</sub> )	M(g <sub>M</sub> )	Č(g <sub>Č</sub> )	I(g <sub>I</sub> )	V(g <sub>V</sub> )	X(g <sub>X</sub> )	Ukupno (g)
S <sub>11</sub>	12,24	2,47	0,33	1,75	7,64	0,00	9,55	33,98
S <sub>21</sub>	10,52	3,88	2,74	3,80	1,61	1,30	9,07	32,92
S <sub>22</sub>	4,08	2,56	0,17	2,61	0,84	0,14	6,91	17,31
S <sub>32</sub>	7,61	0,14	0,00	2,12	0,68	7,89	12,64	31,08
<b>prosek</b>	<b>8,38</b>	<b>2,56</b>	<b>0,91</b>	<b>2,66</b>	<b>2,69</b>	<b>1,54</b>	<b>8,98</b>	<b>27,72</b>

Nakon identifikacije i istraživanja najuticajnijih faktora, koristeći tehnološku dokumentaciju i grupišući opremu u komponentne kapacitete možemo definisati matrice A, B, C i X odnosno matematički model linearnog programiranja (1):

- S<sub>11</sub> T C (1 x 156), A (100 x 156), B (100 x 1), X (156 x 1)
- S<sub>21</sub> T C (1 x 175), A (92 x 175), B (92 x 1), X (175 x 1)
- S<sub>22</sub> T C (1 x 398), A (206 x 398), B (206 x 1), X (398 x 1)
- S<sub>31</sub> T C (1 x 52), A (30 x 52), B (30 x 1), X (52 x 1)
- S<sub>32</sub> T C (1 x 205), A (102 x 205), B (102 x 1), X (205 x 1)

## 5. ZAKLJUČAK

Kao rezultat optimizacije na prvom nivou pored optimalnih količina poluproizvoda u mogućnosti smo da sagledamo i optimalne tehnološke varijante njihove izrade. Na osnovu strukturne sastavnice proizvoda i pregleda upotrebe dela transformišemo dobijena rešenja u optimalne količine svakog proizvoda. Postoptimizacija na višim nivoima moguća je ukoliko „manjak” kapaciteta kod jednog podsistema možemo eliminisati „viškom” kapaciteta kod drugog. U konkretnom slučaju to nije moguće što znači da optimum sa prvog organizacionog nivoa istovremeno predstavlja optimalno rešenje na drugom i trećem nivou. Pre rešavanja matematičkih modela korišćenjem odgovarajućih softverskih paketa (SIMPLE, QSB,

MATEMATIKA) potrebno je izvršiti kapacitativnu analizu. Ovim postupkom možemo eliminisati ograničavajuće uslove koji su protivrečni i time izbeći nerešivost matematičkog modela.

Obim i struktura proizvoda koji čine optimalni proizvodni program za 40% daju veće efekte u odnosu na petogodišnji prosečan ostvaren obim proizvodnje.

Matematički modeli omogućavaju simulacione procese koji su od izuzetnog značaja za upravljanje složenim poslovno-proizvodnim sistemima.

## LITERATURA

- [1] Klarin M., Gudić M., Đukić R., i dr.: Utvrđivanje raspoloživih kapaciteta, stepena njihovog korišćenja i projektovanje mera i postupaka za povećanje proizvodnje u Kompaniji „Sloboda” – Čačak, Institut za ekonomiku industrije, Beograd, 1984.
- [2] Perović M., Arsovski S., Arsovski Z.: Proizvodni sistemi, CIM, Kregujevac, 1996.
- [3] Đukić R.: Istraživanje optimalnog proizvodnog programa kod sistema sa više nivoa, Mašinski fakultet, Beograd, 1985.
- [4] Đukić R.: Utvrđivanje i merenje uzročnika gubitaka proizvodnih kapaciteta, 30. savetovanje PMSCG, V.Banja, 2005.
- [5] Mesarović M., Macko D., Takahara Y.: Teorija hijerarhijskih sistema sa više nivoa, Univerzitet Clivlend, Ohajo, 1970.