

Optimizacija proizvodnog programa **

Rezime : U radu je razmatran problem optimizacije proizvodnog programa i promene u organizacionoj strukturi koje mogu nastati kao rezultat odluke o primeni optimalnog proizvodnog programa. U radu je na primeru rešavanja jednog problema optimizacije proizvodnje analizirana potreba za prilagođavanjem organizacione strukture radi omogućavanja implementacije optimalnog proizvodnog programa i stvaranja uslova da se efekti optimizacije proizvodnog programa u potpunosti realizuju.

Ključne reči: proizvodni program, metode optimizacije, organizaciona struktura

Summary: Problem of production program optimization and organizational structure changing are analyzed in this paper. On one example of production program optimization it is shown how optimal production plan is connected with organization changes.

Key words: production programme, optimizations methods, organizational structure

1. OPTIMIZACIJA PROIZVODNOG PROGRAMA

Kao primer preduzeća u kojem će optimizacija proizvodnog programa biti izvršena izabrana je fabrika sa proizvodnim programom od 6 različitih proizvoda koji su u dosadašnjoj praksi bili namenjeni inostranom tržištu podjednako kao i domaćem. Pored proizvodnje pomenutih proizvoda u fabrici se vrši i remont istih.

Prema podacima koji se odnose na petogodišnji period 1995-2000 fabrika je imala stepen iskorišćenja kapaciteta radne snage i stepen iskorišćenja mašinskih kapaciteta prema tabeli 1.

* Mašinski fakultet, Beograd

** Rad predstavlja deo rezultata istraživanja na projektu 1324 finansiranog od strane MNTRS

Tabela 1. Stepen korišćenja kapaciteta

F[V]	1995			2000		
	Rasp. kap. u čas/god	Isk.kap. u čas/god	Stepen iskori. u čas/god	Rasp. kap. u čas/god	Isk.kap. u čas/god	Stepen iskori. u čas/god
Stepen iskorišćenja kapaciteta radne snage	1.123.705	1.013.150	90 %	1.190.258	671.022	56 %
Stepen iskorišćenja mašinskih kapaciteta	337.111	303.945	90 %	296.316	177.168	60 %

Tabela 1.

U tabelama 2 i 3 dat je prikaz stanja u fabrici za 2000 godinu.

Tabela 2. Ekonomski pokazatelji

ELEMENTI	2000 god. (000)
1. Ukupni prihod	21850.5
a) prihod od prodaje na domaćem tržištu	9922.5
b) prihod od prodaje na stranom tržištu	11928
2. Ukupni rashodi	18813
a) materijalni troškovi i amortizacija	9299.5
- troškovi materijala	4045.5
- ostali materijalni troškovi	4616
- amortizacija	634.5
b) nematerijalni troškovi	4212
c) bruto zarade	5166
d) rashodi finansiranja – kamate	135.5
3. Dobit-neto prihod	3037.5
4. Porez i doprinosi na dobit	759.5
5. Dobit za raspoređivanje	2278

Na osnovu snimljenog stanja evidentano je opadanje stepena iskorišćenosti mašinskih kapaciteta i stepena iskorišćenja radne snage fabrici u proteklom periodu (tabela 1).

Takođe zabeleženo je i opadanje stepena korišćenja radne snage (tabela 1).

Kako je smanjena uposlenost proizvodnih kapaciteta i kadrovskih potencijala razloge treba tražiti u realnim unutrašnjim i spoljašnjim ograničenjima. Identifikacijom ograničenja koje je uticalo na proizvodnu uposlenost utvrdiće se da li je to ograničenje moguće otkloniti ili ne. Prilagođavanjem proizvodnog asortimana po ceni, količini, kvalitetu, preduzeće može na različite načine izaći u susret potrebama tržišta i na taj način obezbediti svoj rast i razvoj. Sa druge strane, unutrašnji resursi preduzeća utiču na oblikovanje proizvodnog programa, misleći pri tom na kadrovska, materijalna, sredstva za rad, finasijska i druga

ograničenja. Balansiranjem unutrašnjih potencijala i spoljnjih zahteva i potreba dolazimo do optimalnog proizvodnog programa.

Optimizacija proizvodnog programa izvršena pomoću stohastičkog programiranja najbolje predstavlja realni sistem. Međutim karakteristično je za stohastičke procese: da za svakom posmatranju u vremenu t odgovara različita stohastička funkcija. To dalje znači da ako u posmatranom vremenskom intervalu dođe do pojave nekog slučajnog događaja, stohastička funkcija će poprimiti vrednosti koje ne odgovaraju "prosečnom" ponašanju sistema. Optimizacija proizvodnog programa korišćenjem stohastičkog programiranja predstavlja složen zadatak koji zahteva identifikaciju stohastičkih funkcija. Naime opisivanjem zavisnosti bilo kojom nelinearnom funkcijom predstavlja složen zadatak koji zahteva da se prethodno izvrši identifikacija te nelinearne funkcije. Suvišno detaljisanje ne doprinosi kvalitetu postupka, već povlači za sobom dalji utrošak vremena i troškova koji progresivno rastu (Bulat, 1999). Nelinearna funkcija u dovoljno malom intervalu ΔQ , obima proizvodnje, može da se aproksimira linarnom zavisnošću. Usvajanjem linearnih zavisnosti među veličinama zadatak nelinearnog programiranja može da se preformuliše u zadatak linearnog programiranja.

U literaturi postoje opisani primeri optimizacije proizvodnog programa (Stojanović, 1966), (Todić, Marković, 1965), (Bulat, 1999) korišćenjem metoda linearnog programiranja.

U optimizaciji proizvodnog programa neophodno je da sagledamo ključne uticajne kriterijume i realna tržišna i proizvodna ograničenja. Identifikacija uticajnih kriterijuma suštinski se svodi na izbor osnovnih ekonomskih pokazatelja pa su u red kriterijuma svrstani: dobit preduzeća, maksimalni stepen iskorišćenja kapaciteta i troškovi.

Identifikacija ograničenja za navedene kriterijume predstavlja nešto složeniji zadatak. Razlog tome leži u činjenici da su podložna uticaju aktuelne ekonomske politike, tehničko-tehnološkog razvoja i sl.

Postavljene zavisnosti između ograničenja i postavljenih kriterijuma mogu se predstaviti sledećim matematičkim zapisima (samo za ograničenja koja se mogu kvantifikovati)

Pretpostavimo da preduzeće ima:

n – različitih proizvoda koji se mogu proizvesti ($j=1,2,\dots,n$),

m – različitih oruđa za rad ($i=1,2,\dots,m$),

h – različitih kategorija radnika ($l=1,2,\dots,h$),

g – različitih vrsta sirovina i materijala ($v=1,2,\dots,g$)

Uvedene su sledeće oznake:

x_j – količina j -tog proizvoda koja ulazi u program proizvodnje
 y_j – količina j -tog proizvoda koja se može prodati na tržištu

s_{vj}	—	količina v -te sirovine, materijala koja je potrebna za proizvodnju jedinice j -tog proizvoda
s_{vo}	—	količina v -te sirovine, materijala na zalihama
b_{lj}	—	vreme koje je potrebno radniku l -te kategorije (struke, specijalnosti, kvalifikacije) da proizvede j -tu jedinicu proizvoda
b_{lo}	—	raspoloživ fond radnog vremena radnika l -te kategorije
a_{ij}	—	vreme koje je potrebno da se na i -toj vrsti oruđa za rad proizvede jedinica j -tog proizvoda
a_{io}	—	kapacitet i -te mašine, izražen u vremenskim jedinicama
w_{ckj}	—	jedinična cena koštanja j -tog proizvoda
w_{cpj}	—	jedinična cena prodaje j -tog proizvoda
d_j	—	jedinična dobit j -tog proizvoda
$T_{nr\ ij}$	—	<i>normalno vreme za r-tu operaciju na i-toj mašini za j-ti proizvod ($T_{nr\ i} = T_{pzi} + T_{kri}$), gde je T_{pzi} - pripremno-završno vreme za r-tu operaciju na i-toj mašini za j-ti proizvod ; T_{kri} - vreme po komadu za r-tu operaciju na i-toj mašini za j-ti proizvod</i>
T_{mj}	—	<i>vreme potrebno za montažu j-tog proizvoda</i>
T_{pj}	—	<i>vreme potrebno za pakovanje j-tog proizvoda</i>
T_{tj}	—	<i>vreme potrebno za transport j-tog proizvoda do potrošača (spoljašnji transport ili distribucija)</i>
d_{oj}	—	<i>rok isporuke</i>
f_j	—	<i>finansijsko ulaganje u proizvodnju jedinice j-tog proizvoda</i>
f_{jo}	—	<i>ukupna raspoloživa finansijska sredstva za ulaganje u proizvodnju</i>

Sada možemo da pristupimo formiranju matematičkog zapisa za pojedina ograničenja:

1) Ograničenje potrebe tržišta može se izraziti

$$0 \leq x_j \leq y_j, \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

2) Ograničenje materijalni resursi može se izraziti

$$\sum_{j=1}^n s_{vj} x_j \leq s_{v0}, \quad (v=1,2,\dots,g)$$

3) Ograničenje kadrovski resursi može se izraziti

$$\sum_{j=1}^n b_{lj} x_j \leq b_{l0}, \quad (l=1,2,\dots,h)$$

4) Ograničenje sredstva za rad može se izraziti

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq a_{i0}, \quad (i=1,2,\dots,m)$$

5) Pod ograničenjem prodajna cena podrazumevamo da je prodajna cena veća od cene koštanja ili drugim rečima da je dobit pozitivna. Međutim, moguće je da preduzeće posluje i sa negativnom dobiti.

6) Ograničenje rok isporuke podrazumeva da vreme potrebno za izradu j-tog proizvoda ($T_n = T_{pz} + T_k$), za motažu, pakovanje i distribuciju treba biti kraće od ugovorenog roka isporuke:

$$\left(\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^g T_{nrij} + T_{mj} + T_{pj} + T_{tj} \right) \cdot k \leq d_{oj}, \quad (j=1,2,\dots,n)$$

k- korigujući faktor koji uzima u obzir preklapanje navedenih vremena.

6) Ograničenje finansijska sredstva podrazumeva da troškovi proizvodnje po određenom proizvodu treba da budu manji od raspoloživih finansijskih sredstava u preduzeću. Nedostatak finasijskih sredstava za realizaciju proizvodnog programa može da se nadoknadi iz različitih izvora, putem kreditiranja, pozajmica, i slično.

Matematički ovo ograničenje može da se izrazi:

$$\sum_{j=1}^n f_j x_j \leq f_{i0}, \quad (j=1,2,\dots,n)$$

7) Ograničenje energenti označava da posmatani kriterijum treba uskladimo sa raspoloživim energetskim resursima (ugalj, struja, benzin, nafta, gas,..) koja predstavljaju ograničavajuć faktor za realizaciju planiranog obima proizvodnje. Matematičko izražavanje ovog ograničenja odnosilo bi se na izračunavanje potrošnje određenog energenta za j proizvoda i ograničavanje potrošnje tog energenata sa određenom vrednošću e_{en} (gde je $en=1,2,\dots,g$ u zavisnosti od broja energenata). Dakle,

$$e_{ug1} x_1 + e_{ug2} x_2 + \dots + e_{ugn} x_n \leq e_{ugalj}$$

$$e_{gas1} x_1 + e_{gas2} x_2 + \dots + e_{gasn} x_n \leq e_{gas}$$

gde je npr. e_{ug1} - potrošnja uglja za proizvodnju proizvoda 1 sa nepoznatim obimom proizvodnje x_1 .

U opštem slučaju biće:

$$\sum_{j=1}^n e_{enj} x_j \leq e_{enl}$$

U metaloprerađivačkoj industriji dominira kao energent električna energija pa ovo ograničenje može da se iskaže kao:

$$\sum_{j=1}^n e_{el.energija_j} x_j \leq e_{el.energija}$$

ili rečima potrošnja električna energije po jedinici proizvoda treba da bude manja od količine električne energije koja predstavlja ograničavajuć faktor. Pošto se u ovo slučaju radi godišnjem planiranju proizvodnog programa kod ograničenja "energenti" el.energija može biti količina el.energije koja nam stoji na raspolaganju za korišćenje u narednom periodu od godinu dana uz uslov da se data količina na prekorači.

U opštem slučaju za neki proslovno-proizvodni sistem pretpostavimo da se želi izvesti optimizacija po sva tri postavljena kriterijum i da sva identifikovana ograničenja u matrici zavisnosti kriterijuma i ograničenja predstavljaju realna ograničea u posmatranom poslovno-proizvodnom sistemu. Za takav slučaj matematički modeli imali bi oblik:

1) Kriterijum: Dobit preduzeća

U cilju optimizacije proizvodnog programa potrebno je pronaći količine proizvoda koje preduzeće može da proizvede uz najpovoljnije korišćenje raspoloživih resursa (kadrovskih, kapaciteta sredstva za rad, materijalnih) pri čemu te količine treba da imaju plasman na tržištu. Uz navedena ograničenja nepochodno je ostvariti maksimalnu dobit u poslovanju.

Funkcija kriterijuma glasi:

$$Z_1(X) = \sum_{j=1}^n d_j x_j$$

za koju treba naći maksimum.

Ograničavajući uslovi mogu se izraziti sledećim nejednačinama:

$$0 \leq x_j \leq y_j, \quad (j=1,2,\dots,n)$$

$$\sum_{j=1}^n s_{vj} x_j \leq s_{v0}, \quad (v=1,2,\dots,g)$$

$$\sum_{j=1}^n b_{lj} x_j \leq b_{l0}, \quad (l=1,2,\dots,h)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq a_{i0}, \quad (i=1,2,\dots,m)$$

$$x_j \geq 0, \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

U tabeli 3 dat je pregled cene koštanja, cene prodaje i jedinične dobiti po proizvodima. Podaci iz tabele 3. koršćeni su za formiranje funkcije cilja za kriterijum dobiti.

Tabela 3. Ekonomski rezultati po proizvodima

	Cena koštanja (Eur)	Prodajna cena (Eur)	Jedinična dobit (Eur)
Proizvod x1	816000	850000	34000
Proizvod x2	360000	375000	15000
Proizvod x3	504000	525000	21000
Proizvod x4	1099200	1145000	45800
Proizvod x5	532800	555000	22200
Proizvod x6	273600	285000	11400

Sledi da funkcija cilja za kriterijum dobiti glasi:

$$Z_1(X) = 34000x_1 + 15000x_2 + 21000x_3 + 45800x_4 + 22200x_5 + 11400x_6$$

Prvi ograničavajući uslov odnosi se na potrebe tržišta, a izražava se matematičkim zapisom:

$$0 \leq x_j \leq y_j, \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

Prema trenutnoj strukturi tražnje za proizvodima fabrike šinskih vozila mogu se za naredni period od godinu dana formirati sledeća ograničenja:

$$x_1 \leq 20$$

$$x_2 \leq 23$$

$$x_3 \leq 10$$

$$x_4 \leq 5$$

$$x_5 \leq 5$$

$$x_6 = 0$$

Drugi ograničavajući uslov odnosi se na materijalne resurse.

Tabela 4 daje prikaz strukture materijalnih resursa u fabrici.

Tabela 4. Materijalni resursi

	Proizvod x1	Proizvod x2	Proizvod x3	Proizvod x4	Proizvod x5	Proizvod x6	Raspoloživa količina zaliha za godinu dana
Čelični profil	42,37	42,37	42,37	42,37	42,37	42,37	3000
Šper ploča	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	50
PVC	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	400
Plastika	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	45
Oplata	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	400
Staklo	0,325	0,325	0,325	0,325	0,325	0,325	25
Poliuretan	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	90
Dekorativni materijal	350	516	516	350	516	116	28000
....	1,662	1,720	1,530	1,469	1,640	0,65	110
...	0,585	0,585	0,585	0,585	0,585	0,585	42
.....	251	300	300	235	300	70	17000
Platno	42	50	50	40	50	12	3000
Sintetička disperzija smole	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	130
Rezervoar	0,262	0,262	0,262	0,422	0,422	0,140	26
Obojeni metali	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	115
Cevi	2	2	2	2	2	2	150
Instalacioni kablovi	14750	14750	14750	14750	14750	14750	1035000

Kod formiranja materijalnih ograničenja imamo podatke koji se odnose na ukupnu količinu materijala (sirovina, poluproizvoda i sl) koji uđe u fabriku u periodu od godinu dana.

Kako se ograničenje materijalni resursi izražava formulom:

$$\sum_{j=1}^n s_{vj}x_j \leq s_{v0}, \quad (v = 1, 2, \dots, g)$$

može se pristupiti formiranju materijalnih ograničenja korišćenjem podataka iz tabele 4.

$$42.37x_1 + 42.37x_2 + 42.37x_3 + 42.37x_4 + 42.37x_5 + 42.37x_6 \leq 3000$$

$$0.7x_1 + 0.7x_2 + 0.7x_3 + 0.7x_4 + 0.7x_5 + 0.7x_6 \leq 50$$

$$5.2x_1 + 5.2x_2 + 5.2x_3 + 5.2x_4 + 5.2x_5 + 5.2x_6 \leq 400$$

$$0.58x_1 + 0.58x_2 + 0.58x_3 + 0.58x_4 + 0.58x_5 + 0.58x_6 \leq 45$$

$$5.6x_1 + 5.6x_2 + 5.6x_3 + 5.6x_4 + 5.6x_5 + 5.6x_6 \leq 400$$

$$0.325x_1 + 0.325x_2 + 0.325x_3 + 0.325x_4 + 0.325x_5 + 0.325x_6 \leq 25$$

$$1.219x_1 + 1.219x_2 + 1.219x_3 + 1.219x_4 + 1.219x_5 + 1.219x_6 \leq 90$$

$$350x_1 + 516x_2 + 516x_3 + 350x_4 + 516x_5 + 116x_6 \leq 28000$$

$$1.662x_1 + 1.720x_2 + 1.530x_3 + 1.469x_4 + 1.640x_5 + 0.65x_6 \leq 110$$

$$0.585x_1 + 0.585x_2 + 0.585x_3 + 0.585x_4 + 0.585x_5 + 0.585x_6 \leq 42$$

.....

Treći ograničavajući uslov odnosi se na formiranje kadrovskih ograničenja. U tabeli 5 dat je pregled strukture proizvodnih radnika, u tabeli 6 data su vremena angažovanja određenih kategorija radnika na proizvodnji pojedinih proizvoda.

Tabela 5. Proizvodni radnici

Redni broj kategorije	Oznaka kategorije	STRUKTURA	Broj radnika
1	b ₁	Bravarski	211
2	b ₂	Električarski	36
3	b ₃	Farbarski	64
4	b ₄	Galvanizerski	11
5	b ₅	Metalobrusački i metalostrugarski	19
6	b ₆	Prerač. polimera	25
7	b ₇	Stolarski (modelari)	39
8	b ₈	Tapetarski	16
9	b ₉	Zavarivački	40
		UKUPNO	461

Posebno treba naglasiti da su npr. u formiranju kadrovskih ograničenja izuzete one strukture radnika koje ne utiču direktno na proces proizvodnje kao npr. projektanti, administrativno osoblje, čistačice, čuvari i sl., već samo proizvodno osoblje.

Tabela 7. Angažovanost proizvodnih sredstava

R.br.	VRSTA GRUPE MAŠINA	Broj mašina jedne vrste	Raspolož. kapacitet	Ukupno raspoloživi kapacitet u	iskorišć. (ostvareni) kapacitet u % (zasebno)	Stepen iskorišć.	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	Valjci	4	2864	11456	3478,4	30,3	23	28	35	41	15	10
2	Makaze	7	2864	20048	10779,5	53,8	10	15	16	18	17	16
3	Testere	9	1864	25776	4636,6	17,9	18	19	20	22	24	20
4	Prese (ekscentar, mahaničke, hidrauličke, numeričke...)	7	2864	20048	10779,5	53,8	21	25	29	30	35	20
5	Mašine za savijanje cevi i profila	4	2864	11456	3769,5	32,9	64	72	69	73	61	60
6	Bušilice (stubne, stone i radijalne)	12	2086	34368	6077,4	17,7	97	84	92	71	65	70
7	Strugovi	5	2864	14320	15729,1	109,8	73	78	62	92	84	90
8	Glodalica	4	2864	11456	15439,1	134,7	73	78	64	79	80	75
9	Rendisaljke	2	2864	5728	2317,6	40,6	62	59	64	63	46	56
10	Mašina za rezanje navoja (na cevima)	1	2864	2864	329,3	11,5	16	14	13	15	23	14
11	Brusilice	1	2864	2864	242,1	8,5	54	60	50	49	47	48
12	Oštrilica	1	2864	2864	-	-	30	29	31	34	35	29
13	Mašine za gasno sečenje	2	2864	5728	3276,2	57,2	67	68	69	69	67	65
14	Mašine i uređaji za tačkasto zavarivanje	9	2864	25776	249,2	0,9	52	54	60	72	52	31
15	Uređaj za elektro-otporno šavno zavarivanje	1	2864	2864	737,9	25,7	20	34	27	31	26	23
16	Automat za zavarivanje	3	2864	2864	46,5	1,6	31	32	38	37	31	35
17	Poluauto-matski aparati za zavarivanje	69	2864	197616	29567,4	14,9	84	82	87	81	72	65
18	Aparati za ručno zavarivanje	23	2864	65872	283,8	0,4	32	30	38	31	30	32
19	Mašine za obradu ivica	1	2864	2864	11,8	0,4	15	14	10	20	17	14
20	Tačne testere za drvo	2	2864	5728	610,3	10,6	7	8	9	16	8	9
21	Mašine za ravnanje (ravnalica i debeljačica)	5	2864	14320	791,7	5,5	15	17	12	18	14	15
22	Strug za obradu drveta	2	2864	5728	11,5	0,2	30	34	42	38	31	32
23	Brusilica za brušenje drvenih ploča	4	2864	11456	98,4	0,8	20	17	27	25	24	20
24	Dvolisna testera	1	2864	2864	86,1	3	7	8	14	9	10	9
25	Sušara	1	2864	2864	-	-	30	30	30	30	30	30

26	Mašina za peskarenje	3	2864	8592	6639,6	77,2	21	23	27	24	22	20
27	Uređaj za nanošenje boje prskanjem	98	2864	280672	7047,1	2,5	51	54	52	58	55	50
28	Trakaste brusilice (abrazivnim papirom)	3	2864	8592	458,3	5,3	71	68	80	65	62	60
29	Rotacione mašine za brušenje i poliranje	4	2864	11456	5485,4	47,8	20	15	18	24	20	21
30	Mašina za livenje poliuretana	1	2864	2864	-	-	15	10	18	17	12	18
31	Mašina za livenje PUR-a	1	2864	2864	-	-	32	34	38	40	30	27
32	Mašina za nanošenje (prskanje) PUR-a	1	2864	2864	2	0,06	40	37	32	38	32	31
33	Mašina za obradu poliestera	1	2864	2864	868	30,3	50	52	51	58	54	50
34	Mašina za livenje meke pene	1	2864	2864	803,8	28,1	30	31	32	38	34	33
35	Mašina za nanošenje (prskanje) zvučne izolacije	1	2864	2864	686,5	23,9	42	41	45	46	47	42
	Ukupno	293		816240	127077,6	15,6	1323	1354	1401	1472	1312	1240
	Procentualno			100%			0,16 2	0,16 5	0,17 1	0,18 0	0,16 0	0,15 2

za fabriku šinskih vozila kadrovska ograničenja mogu se predstaviti:

$$8700x_1 + 7710x_2 + 7500x_3 + 10230x_4 + 930x_5 + 5700x_6 \leq 211 \cdot 2864$$

$$950x_1 + 1050x_2 + 1000x_3 + 1300x_4 + 1100x_5 + 550x_6 \leq 36 \cdot 2864$$

$$1100x_1 + 1350x_2 + 1300x_3 + 1350x_4 + 1300x_5 + 900x_6 \leq 64 \cdot 2864$$

$$500x_1 + 750x_2 + 710x_3 + 800x_4 + 710x_5 + 250x_6 \leq 11 \cdot 2864$$

$$1300x_1 + 360x_2 + 350x_3 + 1700x_4 + 600x_5 + 100x_6 \leq 19 \cdot 2864$$

$$1650x_1 + 850x_2 + 811x_3 + 640x_4 + 1200x_5 + 250x_6 \leq 25 \cdot 2864$$

$$900x_1 + 490x_2 + 480x_3 + 1300x_4 + 900x_5 + 300x_6 \leq 39 \cdot 2864$$

$$830x_1 + 890x_2 + 880x_3 + 580x_4 + 1100x_5 + 100x_6 \leq 16 \cdot 2864$$

$$2300x_1 + 2400x_2 + 2380x_3 + 2350x_4 + 2400x_5 + 1900x_6 \leq 40 \cdot 2864$$

četvrti ograničavajući uslov odnosi se na formiranje ograničenja "sredstva za rad". U tom smislu u tabeli 7 dat je pregled angažovanosti sredstava za rad po određenim proizvodima.

Kako se ograničenje sredstva za rad može se izraziti:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq a_{i0}, \quad (i=1,2,\dots,m)$$

Za dati primer ograničavajuće nejednačine imaće oblik:

$$23x_1 + 28x_2 + 35x_3 + 41x_4 + 15x_5 + 10x_6 \leq 11456$$

$$10x_1 + 15x_2 + 16x_3 + 18x_4 + 17x_5 + 16x_6 \leq 20048$$

$$18x_1 + 19x_2 + 20x_3 + 22x_4 + 24x_5 + 20x_6 \leq 25776$$

$$21x_1 + 25x_2 + 29x_3 + 30x_4 + 35x_5 + 20x_6 \leq 20048$$

$$64x_1 + 72x_2 + 69x_3 + 73x_4 + 61x_5 + 60x_6 \leq 11456$$

$$97x_1 + 84x_2 + 92x_3 + 71x_4 + 65x_5 + 70x_6 \leq 34368$$

$$73x_1 + 78x_2 + 62x_3 + 92x_4 + 84x_5 + 90x_6 \leq 14320$$

.....

2. PRIKAZ REZULTATA DOBIJENIH PRIMENOM METODA LP

Primenom softverskog paketa za rešavanje problema generisanja modela i njegovog rešavanja primenom linearnog programiranja dobijeni su sledeći rezultati.

1) Kriterijum dobiti

Funkcija cilja data je u obliku:

$$Z_1(X) = 34000x_1 + 15000x_2 + 21000x_3 + 45800x_4 + 22200x_5 + 11400x_6$$

gde su koeficijenti uz promenljive u funkciji cilja su jedinične dobiti po proizvodima.

Rezultat je dobijen u 6-oj iteraciji:

$$x_1=20$$

$$x_2=8.75167$$

$$x_3=10$$

$$x_4=5$$

$$x_5=5$$

$$x_6=0$$

$$X_0=(20,8.75167,10,5,5,0)$$

Maksimalna vrednost funkcije cilja je

$$\max Z_1(X_0)=1.361.275$$

2) Kriterijum maksimalnog stepena korišćenja kapaciteta

Funkcija cilja je data u obliku:

$$Z_2(X) = 0,162x_1 + 0,165x_2 + 0,171x_3 + 0,180x_4 + 0,160x_5 + 0,152x_6$$

gde su koeficijenti u funkciji cilja – stepeni iskorišćenja proizvodnih kapaciteta po proizvodima.

Rezultat je dobijen u 10-oj iteraciji:

$$\begin{aligned}x_1 &= 20 \\x_2 &= 13.75417 \\x_3 &= 10 \\x_4 &= 5 \\x_5 &= 0 \\x_6 &= 0\end{aligned}$$

$X_0 = (20, 13.75417, 10, 5, 0, 0)$
Maksimalna vrednost funkcije cilja je
 $\max Z_2(X_0) = 8,119$

3) Kriterijum minimalnih troškova

Funkcija cilja je data u obliku:

$$Z_3(X) = 1632000x_1 + 720000x_2 + 1008000x_3 + 2198400x_4 + 1065600x_5 + 547200x_6$$

gde su koeficijenti uz promenljive u funkciji cilja jedinične cene koštanja.

Rezultat je dobijen u 7-oj iteraciji:

$$\begin{aligned}x_1 &= 0 \\x_2 &= 20 \\x_3 &= 0 \\x_4 &= 0 \\x_5 &= 0 \\x_6 &= 0\end{aligned}$$

$X_0 = (0, 20, 0, 0, 0, 0)$
Minimalna vrednost funkcije cilja je
 $\min Z_3(X_0) = 14.400.000$

3. ANALIZA REZULTATA DOBIJENIH PRIMENOM METODE LP

Analizom problema definisanja proizvodnog programa u fabrici ustanovljena su tri kriterijuma i izdvojeno 71 ograničenje. Dalje rešavanje problema vodi ka primeni matematičkih metoda u cilju dobijanja optimalnih količina proizvoda. Uporedimo sada rezultate dobijne po prvom, drugom i trećem kriterijumu:

Tabela 8. Poređenje rezultata

	VAR1	VAR2	VAR3
	$x_1=20$	$x_1=20$	$x_1=0$
	$x_2=8.75167$	$x_2=13.75417$	$x_2=20$
	$x_3=10$	$x_3=10$	$x_3=0$
	$x_4=5$	$x_4=5$	$x_4=0$
	$x_5=5$	$x_5=0$	$x_5=0$
	$x_6=0$	$x_6=0$	$x_6=0$
(Z1)	1.361.275 Eur	1.325.310 Eur	529.000 Eur
(Z2)	8,093%	8,119 %	3,3 %
(Z3)	32.670.000	31.805.600	7.200.000

Poređenjem rezultata dobijenih za dobit i stepen korišćenja kapaciteta po optimalnom proizvodnom programu iz prvog i drugog kriterijuma može se zaključiti da postoje izvesne razlike.

Naime, ako preduzeće usvoji optimalan proizvodni program po drugom kriterijumu, ostvarena dobit biće za 2,6% manja nego u slučaju da je preduzeće prihvatilo optimalan proizvodni program po prvom kriterijumu.

Sa druge strane, ako preduzeće usvoji optimalan proizvodni program po prvom kriterijumu, realizovaće maksimalnu dobit ali će stepen korišćenja mašinskih kapaciteta biti 0,32% manji nego u slučaju da se radi po optimalnom proizvodnom programu iz drugog kriterijuma.

Kako je za preduzeće od veće važnosti kriterijum dobiti u odnosu na ostale kriterijume optimalan proizvodni program po prvom kriterijumu prihvatljiviji je u odnosu na ostale alternative.

Tabela 9. optimalni proizvodni program

Ograničenja "potrebe tržišta"	Rezultati po prvom kriterijumu
$x_1 \leq 20$	$x_1 = 20$
$x_2 \leq 23$	$x_2 = 8.75167$
$x_3 \leq 10$	$x_3 = 10$
$x_4 \leq 5$	$x_4 = 5$
$x_5 \leq 5$	$x_5 = 5$
$x_6 = 0$	$x_6 = 0$

Uočljiva je razlika samo za vrednost X_2 , dok su ostale vrednosti iste. Stoga se nameće zaključak da je ova grupa ograničenja od presudnog uticaja.

4. ANALIZA ORGANIZACIONIH ASPEKATA I ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Po izvršenoj optimizaciji proizvodnog programa analizirane su potrebe organizacionog prilagođavanja novom proizvodnom programu. Postojeća organizaciona struktura fabrike je "funkcionalna organizaciona struktura". S obzirom da promene u strukturi proizvodnog programa nisu toliko velike, promena organizacione forme nije neophodna. Po predloženom optimalnom planu potpuno je isključena proizvodnja proizvoda X_6 . U tom smislu neophodno je sagledati organizacione mere ukoliko preduzeće usvoji odluku o isključenju ovog proizvoda iz svog proizvodnog programa.

Interesantno je da je stepen iskorišćenja kapaciteta izuzetno mali u sve tri varijante optimalnog proizvodnog programa. Sa druge strane potrebe tržišta za proizvodima ove fabrike su jako male u poređenju sa projektovanim kapacitetom.

Analizom poslovanja preduzeća može se zaključiti da posmatrano preduzeće ima dva alternativna pravca za formulisanje svoje strategije. Prvi se odnosi na

traženje novih tržišta i povećanje obima proizvodnje čime bi se uposlili kapaciteti mašinske opreme kao i raspoloživi kapacitet radne snage. Sa druge strane ukoliko se preduzeće prilagodi postojećoj tražnji za analiziranim proizvodima treba razmišljati o iznajmljivanju dela mašinske opreme i smanjenju obima radne snage.

Poređenjem rezultata iz 2000 godine i projekcije prihoda koji bi se ostvarili na osnovu trenutnog stanja primećuje se drastičan pad i po projektovanom prihodu i po stepenu iskorišćenja mašinskih kapaciteta i stepana iskorišćenja radne snage.

Kao zaključak sprovedene analize može se istaći da optimizacija proizvodnog programa ne daje zadovoljavajuće rezultate. Postoptimalnom analizom utvrđeno je da ograničenja koja potiču od potreba tržišta imaju najznačajniji uticaj na oblikovanje optimalnog proizvodnog programa čime se uticaj ostalih ograničenja praktično minimizira. Organizacionim merama neophodno je pojačati sektor marketinga.

LITERATURA

Bulat, V., Organizacija proizvodnje, MF, Beograd, 1999.

Klarin, M., Organizacija i planiranje proizvodnih procesa, MF, Beograd, 1992

Misita, M., Rešavanje kompleksnih problema odlučivanja u poslovno-proizvodnim sistemima, magistarski rad, MF, Beograd, 2001.