

PLANIRANJE PROIZVODNJE ELEMENATA KONSTRUKCIJE MONTAŽNE HALE

PLANNING OF THE PRODUCTION OF STRUCTURAL ELEMENTS OF THE PREFABRICATED HALL

Ljiljana Božić, Jasmina Dražić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je planirana proizvodnja elemenata konstrukcije montažne hale. Pri razmatranju mogućih rešenja planiranja proizvodnje, variran je broj radnih brigada, a kriterijumi na osnovu kojih je izabrano najpovoljnije rešenje, bazirani su na trajanju proizvodnog ciklusa i racionalnom utrošku resursa.

Ključne reči: planiranje, resursi, montažna hala, varijante, radne brigade

Abstract – The paper plans the production of prefabricated hall construction elements. When considering possible solutions for production planning, the number of work brigades was varied, and the criteria on the basis of which the most favorable solution was chosen are based on the duration of the production cycle and the rational use of resources.

Key words: planning, resources, prefabricated hall, variants, work brigades

1. UVOD

Industrijska proizvodnja predstavlja viši stepen proizvodnje koji se bitno razlikuje od klasične proizvodnje. Svako uvođenje proizvodnje na industrijski način mora da bude rezultat obimne tehničko-tehnološke i ekonomske analize. Potvrda opravdanosti njene primene je veoma važna, jer se ulažu velika novčana sredstva u opremu, materijal i energiju.

U radu je planirana proizvodnja elemenata konstrukcije montažne hale: temeljnih čašica, stubova, glavnih nosača, rožnjača i olučnih greda. Analizirani su osnovni resursi, količine materijala (betona, armature, oplata) i radna snaga i planirana je proizvodnja elemenata. Planiranje proizvodnje rađeno je u tri varijante: V1 - varijanta 1 – proizvodnja je organizovana sa jednom radnom brigadom, V2 - varijanta 2 – proizvodnja je organizovana sa dve radne brigade i V3 - varijanta 3 – proizvodnja je organizovana sa tri radne brigade. Kriterijumi na osnovu kojih je izabrano najpovoljnije rešenje planiranja proizvodnje, bazirani su na trajanju proizvodnog ciklusa i racionalnom utrošku resursa.

Cilj rada je bio da se na osnovu analize osnovnih resursa, i dinamike proizvodnje predloži optimalna varijanta proizvodnje elemenata konstrukcije montažne hale.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jasmina Dražić, red. prof.

2. SPECIFIKACIJA ELEMENATA MONTAŽNE HALE

Analize u ovom radu rađene su na objektu u Kuli, natkrivenog skladišta, bez spoljnih pregradnih zidova, u osnovi dimenzija 22,50m x 100,50m, korisne visine +9,20m i spratnosti P. Konstrukcija objekta hale je montažna armirano-betonska iz programa "Novotehna" iz Novog Sada. Broj elemenata i njihove dimenzije dati su u projektno-tehničkoj dokumentaciji. Specifikacija elemenata prikazana je u tabelama 1,2,3,4 i 5.

Tabela 1. Specifikacija elemenata - temeljne čašice


Red. br.	Element	Šifra	Geometrijske karakteristike	Kom.	V [m ³]
1.		TČ1	110/100/110	22	0,824

Tabela 2. Specifikacija elemenata - stubovi

Red. br.	Element	Šifra	Geometrijske karakteristike	Kom.	V [m ³]
2.		S1	50/50/1050	22	2,625

Tabela 3. Specifikacija elemenata - glavni krovni nosači


Red. br.	Element	Šifra	Geometrijske karakteristike	Kom.	V [m ³]
3.		GN1	40/178,2/2200	11	6,35

Tabela 4. *Specifikacija elemenata - rožnjače*



Red. br.	Element	Šifra	Geometrijske karakteristike	Kom.	V [m ³]
4.		R1	20/65/1000	30	1,07

Tabela 5. *Specifikacija elemenata - olučne grede*

Red. br.	Element	Šifra	Geometrijske karakteristike	Kom.	V [m ³]
5.		OG1	50/60/1000	20	1,60

3. PLANIRANJE PROIZVODNJE

Proizvodnja elemenata-prefabrikata planirana je u preduzeću Novotehna, koje se nalazi u Novom Sadu. Preduzeće raspolaže sopstvenim pogonom za proizvodnju elemenata. Proizvodnja je organizovana na otvorenom i u fabrici. Izrada betonskih prefabrikovanih elemenata se obavlja u kontrolisanim uslovima.

Proizvodnja elemenata organizovana po principima industrijske proizvodnje povlači za sobom moguća ograničenja u prostornim kapacitetima, mehanizaciji, opremi kao i radnoj snazi. Sa druge strane, kontinuitet procesa izgradnje montažne hale i poštovanje ugovorenih rokova može ograničiti trajanje proizvodnog ciklusa.

Ova ograničenja pri planiranju proizvodnje zahtevaju paralelizaciju radova, a sigurno direktno utiču na dinamiku i osnovne resurse proizvodnje. Da bi se predložilo najpovoljnije rešenje, planirana je proizvodnja elemenata konstrukcije montažne betonske hale u tri varijante, u kojima je variran broj kompleksnih radnih brigada od jedne u prvoj varijanti, dve u drugoj i tri u trećoj varijanti proizvodnje.

Kompleksna radna brigada je formirana od betoniraca, armirača i pomoćnih radnika, pa je planirana za sve radne aktivnosti proizvodnog procesa prefabrikacije (pripremu, armiranje i betoniranje). Ove brigade moguće je lako prebacivati sa jednog elementa na drugi ili sa jedne vrste elemenata na drugu. Kombinovanjem većeg broja kompleksnih radnih brigada, otvara se prostor za izbor najpovoljnije varijante proizvodnje.

4. IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE

Za izbor optimalne varijante proizvodnje elemenata konstrukcije montažne hale, na bazi racionalizacije vremena i resursa proizvodnje, formiran je model optimizacije u obliku:

$$\min F(x) = \min (f_1, f_2, f_3) \quad (1)$$

U modelu optimizacije vektorska kriterijumska funkcija minimizira sve tri pojedinačne kriterijumske funkcije, a varijaju se tri moguća rešenja planiranja proizvodnje.

Razmatrane varijante proizvodnje su:

- V1 - varijanta 1 – proizvodnja elemenata organizovana sa jednom kompleksnom brigadom,
- V2 - varijanta 2 – proizvodnja elemenata organizovana sa dve kompleksne brigade i
- V3 - varijanta 3 – proizvodnja elemenata organizovana sa tri kompleksne brigade.

Definisane su tri kriterijumske funkcije:

- f_1 - vreme potrebno za proizvodnju svih elemenata konstrukcije u [min.],
- f_2 - broj angažovanih radnika dnevno u brigadama (radne operacije),
- f_3 - koeficijent upotrebe kalupa.

Treća kriterijumska funkcija f_3 , koeficijent upotrebe kalupa predstavlja odnos između potrebne površine kalupa (oplate) i-te varijante i maksimalne potrebne površine kalupa (oplate).

$$K_{up} = P_i/P_{max} \quad i=1,2,3 \quad (2)$$

gde su:

- K_{up} – koeficijent upotrebe kalupa
- P_{max} – maksimalna površina kalupa
- P_i – površina kalupa za i-tu varijantu.

Analizom proizvodnog ciklusa, dinamike proizvodnje i osnovnih resursa, baziranih na internim normativima preduzeća Novotehna, izračunati su ulazni podaci za optimizaciju. Ulazni podaci su prikazani u tabeli 6, a u tabeli 7 data je rang lista varijanti prema pojedinačnim kriterijumima.

Tabela 6. *Ulazni podaci*

krit.fun/alter.	V1	V2	V3
f1	14380min	7850min	5760min
f2	4	8	12
f3	0,3985	0,71198	1

Tabela 7. *Pojedinačna rang lista*

krit.fun/alter	V1	V2	V3
f1	3	2	1
f2	1	2	3
f3	1	2	3

Za rešavanje zadatka izabrana je metoda višekriterijumske optimizacije, metoda kompromisnog programiranja i metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja alternativnih rešenja [1]. U prvom prolazu sve kriterijumske funkcije imale su isti značaj. Rezultati optimizacionog postupka prikazani su tabelarno. U tabelama 8, 9 i 10, je dat redosled varijantnih rešenja dobijen metodom kompromisnog programiranja za tri različite strategije odlučivanja:

- $p=1$ - rešenje je najbolje po svim kriterijumima posmatranim zajedno,
- $p=2$ - rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački i
- $p=\infty$ - prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem.

Tabela 8. Metoda kompromisnog programiranja - $p = 1$ rešenje je najbolje po svim kriterijumima posmatranim zajedno

alter.rešenje	V1	V2	V3
redosled alter. rešenja	1	2	3

Tabela 9. Metoda kompromisnog programiranja - $p=2$ rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački

alter.rešenje	V1	V2	V3
redosled alter. rešenja	2	1	3

Tabela 10. Metoda kompromisnog programiranja - $p=\infty$, prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem

alter.rešenje	V1	V2	V3
redosled alter. rešenja	2	1	3

Redosled varijantnih rešenja, primenom metode višekriterijumskog kompromisnog rangiranja prikazan je u tabeli 11. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja alternativnih rešenja omogućuje da se zadaju i težine strategija odlučivanja v_1 i v_2 ; gde je $v_2 = 1 - v_1$. Pri tome:

- ako je $v_1 > v_2$, daje se prednost zadovoljenju većine kriterijuma, ne vodeći računa da jedan od kriterijuma može biti potpuno nezadovoljen,
- ako je $v_2 > v_1$, ne dopušta se potpuno nezadovoljenje bilo kog kriterijuma.

Tabela 11. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja - isti težinski koeficijenti

redosled alternativnih rešenja			
Alter.rešenje	V1	V2	V3
$Q_j(v_1=0,0)$	2	1	3
$Q_j(v_1=0,3)$	2	1	3
$Q_j(v_1=0,6)$	2	1	3
$Q_j(v_1=0,9)$	1	2	3
$Q_j(v_1=1,0)$	1	2	3

Izbor najpovoljnije varijante proizvodnje potkrepljen je i analizama u kojima su varirane težine (značaj) svake pojedinačne kriterijumske funkcije:

- ANALIZA 1 - naglašen je značaj vremena (trajanja) proizvodnje, sa vrednostima težinskih koeficijenata $w_1=0,6$; $w_2=0,2$ i $w_3=0,2$,
- ANALIZA 2 - naglašen je značaj resursa (radna snaga), sa vrednostima težinskih koeficijenata $w_1=0,2$; $w_2=0,6$ i $w_3=0,2$ i
- ANALIZA 3 - naglašen je značaj resursa (kalupi-oplata), sa vrednostima težinskih koeficijenata $w_1=0,2$; $w_2=0,2$ i $w_3=0,6$.

Redosled variranih rešenja prikazan je u tabelama 12, 13 i 14.

Tabela 12. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja - različiti težinski koeficijenti - ANALIZA 1

redosled alternativnih rešenja			
Alter.rešenje	V1	V2	V3
$Q_j(v_1=0,0)$	3	1	2
$Q_j(v_1=0,3)$	3	1	2
$Q_j(v_1=0,6)$	3	1	2
$Q_j(v_1=0,9)$	3	1	2
$Q_j(v_1=1,0)$	3	1	2

Tabela 13. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja - različiti težinski koeficijenti - ANALIZA 2

redosled alternativnih rešenja			
Alter.rešenje	V1	V2	V3
$Q_j(v_1=0,0)$	1	2	3
$Q_j(v_1=0,3)$	1	2	3
$Q_j(v_1=0,6)$	1	2	3
$Q_j(v_1=0,9)$	1	2	3
$Q_j(v_1=1,0)$	1	2	3

Tabela 14. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja - različiti težinski koeficijenti - ANALIZA 3

redosled alternativnih rešenja			
Alter.rešenje	V1	V2	V3
$Q_j(v_1=0,0)$	1	2	3
$Q_j(v_1=0,3)$	1	2	3
$Q_j(v_1=0,6)$	1	2	3
$Q_j(v_1=0,9)$	1	2	3
$Q_j(v_1=1,0)$	1	2	3

Rezultati proračuna primenom metoda višekriterijumske optimizacije pokazuju da je optimalno rešenje:

1. Metoda kompromisnog programiranja;

- u strategiji $p = 1$ - rešenje je najbolje po svim kriterijumima posmatranim zajedno – **varijanta 1**
- u strategiji $p = 2$ - rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački – **varijanta 2**
- u strategiji $p = \infty$ - prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem - **varijanta 2**

2. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja alternativnih rešenja;

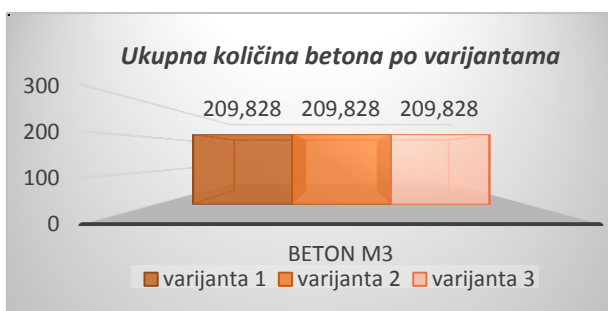
- u strategiji koja daje prednost zadovoljenju većine kriterijuma, ne vodeći računa da jedan od kriterijuma može biti potpuno nezadovoljen - **varijanta 1**
- u strategiji koja ne dopušta potpuno nezadovoljenje bilo kog kriterijuma - **varijanta 2**.

U drugom prolazu kada su varirane težine kriterijumskih funkcija:

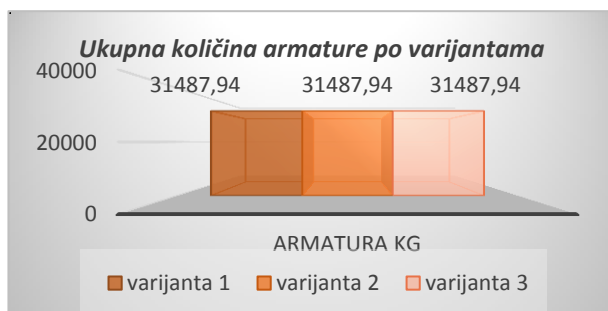
- u ANALIZI 1, sa naglašavanjem značaja vremena (trajanja) proizvodnje optimalno rešenje je – **varijanta 2**
- u ANALIZI 2, sa naglašavanjem značaja resursa (radna snaga) optimalno rešenje je - **varijanta 1** i
- u ANALIZI 3, sa naglašavanjem značaja resursa (kalupi-oplata) optimalno rešenje je – **varijanta 1**.

5. OSNOVNI MATERIJAL ZA PROIZVODNJU ELEMENATA I VREME PROIZVODNJE

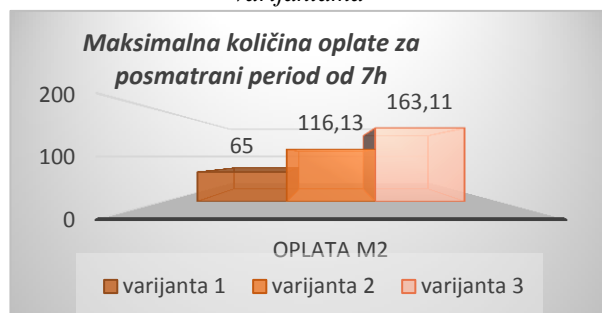
Na osnovu normativa iz "Novotehne" [2] koji se primenjuju u praksi i stalno ažuriraju, izračunate su količine osnovnog materijala, vrednosti utrošaka, betona, armature i oplata (kalupa), broj radnika u radnoj brigadi i trajanje proizvodnog ciklusa [3]. Usporedne vrednosti osnovnih resursa za sve tri varijante proizvodnje, prikazane su na slikama 1, 2, 3, 4 i 5.



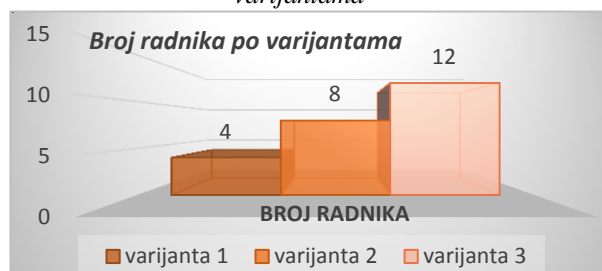
Slika 1. Uporedni prikaz količine betona po varijantama



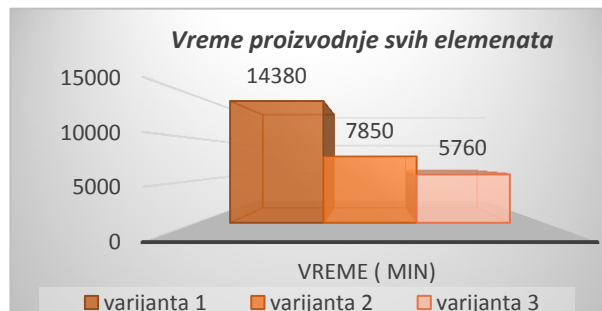
Slika 2. Uporedni prikaz količine armature po varijantama



Slika 3. Uporedni prikaz maksimalne količine oplata po varijantama



Slika 4. Uporedni prikaz broja radnika po varijantama



Slika 5. Uporedni prikaz vremena proizvodnje svih elemenata po varijantama

6. ZAKLJUČAK

Planiranje proizvodnje i resursa elemenata konstrukcija u prefabrikaciji predstavlja bitan faktor u ekonomskom smislu. To naglašava značaj sveobuhvatne analize i dobrog planiranja u kome dolazimo do podataka koji će nam pomoći da predložimo optimalno rešenje proizvodnje. Kako je prefabrikacija jedna od faza montažne izgradnje, izbor najpovoljnijeg rešenja proizvodnje omogućava na nivou kompletnog objekta kvalitetniju, bržu i ekonomski povoljniju izgradnju.

Izbor optimalne varijante proizvodnje elemenata konstrukcije montažne hale u ovom radu, baziran je na tri varijante i tri kriterijumske funkcije. U varijantama su razmatrana moguća rešenja organizacijom proizvodnje sa jednom, dve ili tri kompleksne radne brigade, dok su kriterijumi obuhvatili vreme proizvodnje i resurse (radna snaga, oplata). Definisane kriterijumske funkcije su:

- f_1 - vreme potrebno za proizvodnju svih elemenata konstrukcije u [min.],
- f_2 - broj angažovanih radnika dnevno u brigadama (radne operacije) i
- f_3 - koeficijent upotrebe kalupa.

Na osnovu karakteristika razmatranog problema i mogućnosti metoda višekriterijumske optimizacije za rešavanje zadatka izabrane su metoda kompromisnog programiranja i metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja alternativnih rešenja. Na osnovu izlaznih rezultata optimizacionog postupka moguće je izabrati dve varijante proizvodnje:

- **varijantu 1** - ako je bitan racionalan utrošak resursa (radna snaga i oplata) ili
- **varijantu 2** - ako je prioritet vreme, dužina trajanja proizvodnog ciklusa.

Konačan izbor načina organizovanja proizvodnje elemenata konstrukcije montažne hale (varijante), zavisi od zahteva investitora.

7. LITERATURA

- [1] Opricović S.: "Optimizacija sistema", *Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1992.*
- [2] Interne građevinske norme preduzeća Novotehna, Novi Sad.
- [3] Božić J.: "Analiza resursa za proizvodnju elemenata konstrukcije montažne hale u Kuli", *Diplomski (bachelor) rad, FTN Novi Sad, 2020.*

Kratka biografija:



Ljiljana Božić rođena je u Sremskoj Mitrovici 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Tehnologija i organizacija građenja odbranila je 2021. god.



Jasmina Dražić, rođena je u Novom Miloševu 1958. godine. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2005. godine, a od 2015. godine je u zvanju redovnog profesora. Oblast Zgradarstvo – građevinske konstrukcije i tehnologije.