

## MOGUĆNOST PRIMENE PROJEKTOG PRISTUPA U PROCESU PLANIRANJA SERIJSKE PROIZVODNJE PRIMENOM PD METODE

### THE POSSIBILITIES OF THE PROJECT APPROACH IN THE PLANNING OF MASS PRODUCTION BY APPLYING THE PD METHOD

MSc, Sanja Puzović, asistent<sup>180</sup>  
MSc, Vladan Paunović, asistent<sup>181</sup>  
dr, Jasmina Vesić Vasović, vanredni profesor<sup>182</sup>

---

**Sadržaj:** *U radu su prikazane mogućnosti primene projektnog pristupa, u procesu planiranja serijske proizvodnje primenom PD (Precedence Diagramming) metode. Konkretna istraživanja primene PD metode izvršena su na primeru terminiranja proizvodnog procesa sklopa koji ulazi u sastav artikla koji se izrađuje u Kompaniji „Sloboda“ Čačak.*

**Ključne reči:** *PD metoda, projektni pristup, mrežno planiranje, serijska proizvodnja.*

---

**Abstract:** *This paper presents the possibilities of a project approach in the planning of mass production by applying the PD (Precedence Diagramming) method. The concrete investigation of PD method implementation has been carried out on an example of production process scheduling – an assembly, which is a part of the composition of item produced in the company „Sloboda” Cacak.*

**Key words:** *PD method, project approach, network planning, mass production.*

---

## 1 UVOD

**S**tohastička priroda proizvodnje i potreba za detaljnom organizacijom proizvodnih procesa i preciznim terminiranjem proizvodnih operacija nameće potrebu za primenom različitih metoda upravljanja projektima. Iako se organizacija procesa proizvodnje, zbog njenog stohastičkog karaktera, delom obavlja u toku same proizvodnje, većim delom sve mora biti unapred isplanirano i određeno.

U tu svrhu u praksi se koriste različite tehnike, a njihovu primenu diktiraju uslovi u kojima se proizvodnja realizuje i njene specifičnosti. Efikasnost planiranja se može znatno povećati primenom PD (Precedence Diagramming) metode. Kao tehnika mrežnog planiranja PD metoda je našla široku primenu u planiranju različitih projekata. Ova metoda nam pomaže u

---

<sup>180</sup> Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka, Svetog Save 65, Čačak

<sup>181</sup> Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka, Svetog Save 65, Čačak

<sup>182</sup> Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka, Svetog Save 65, Čačak

vizuelnom razumevanju zavisnosti između aktivnosti nekog projekta i omogućava praćenje dinamike toka realizacije tog poduhvata. Kao prednost PD metode ističe se i to što ona koristi četiri različita tipa veza čime se lakše predstavlja prirodna zavisnosti među aktivnostima.

PD dijagrami se konstruišu na bazi principa „activity on the node“ koji aktivnosti predstavlja kao čvorove, a veze između njih kao strelice. Prednost ove metode se ogleda u njenoj fleksibilnosti i jednostavnosti primene budući da je “oslobodena” složenih pravila konstruisanja, što nije slučaj sa ostalim metodama mrežnog planiranja. Njena jednostavnost proizilazi i iz činjenice da eliminiše potrebu za fiktivnim aktivnostima već su sve veze među aktivnostima direktnog tipa.

Pri definisanju rasporeda i položaja aktivnosti na mrežnom dijagramu, kao i njihove povezanosti treba dati odgovore na pitanja koje aktivnosti mogu biti realizovane tek nakon realizacije drugih aktivnosti, koje aktivnosti mogu biti realizovane u isto vreme i koje aktivnosti ne zavise od ostalih aktivnosti.

Dinamička priroda proizvodnih procesa često uslovljava kašnjenja i zastoje u realizaciji operacija različitog tipa, pa je radi efikasnijeg upravljanja vremenom korisno znati koliko su to maksimalno dozvoljene oscilacije stvarnih termina realizacije proizvodnih operacija od onih predviđenih planom proizvodnje. Taj pokazatelj dobijamo proračunom vremenskih rezervi za koje je neophodno utvrditi rani i kasni položaj aktivnosti u funkciji vremena čime dobijamo vremenski interval u kome je moguće realizovati neku aktivnost. Taj vremenski interval je definisan vremenskim odrednicama rani početak i završetak i kasni početak i završetak.



Slika 1: Položaj aktivnosti u funkciji vremena



*Sanja Puzović je asistent na Fakultetu tehničkih nauka u Čačku Univerzitet u Kragujevcu za užu naučnu oblast Menadžment i operaciona istraživanja. Osnovne i master akademske studije završila je na istom fakultetu i student je doktorskih studija.*

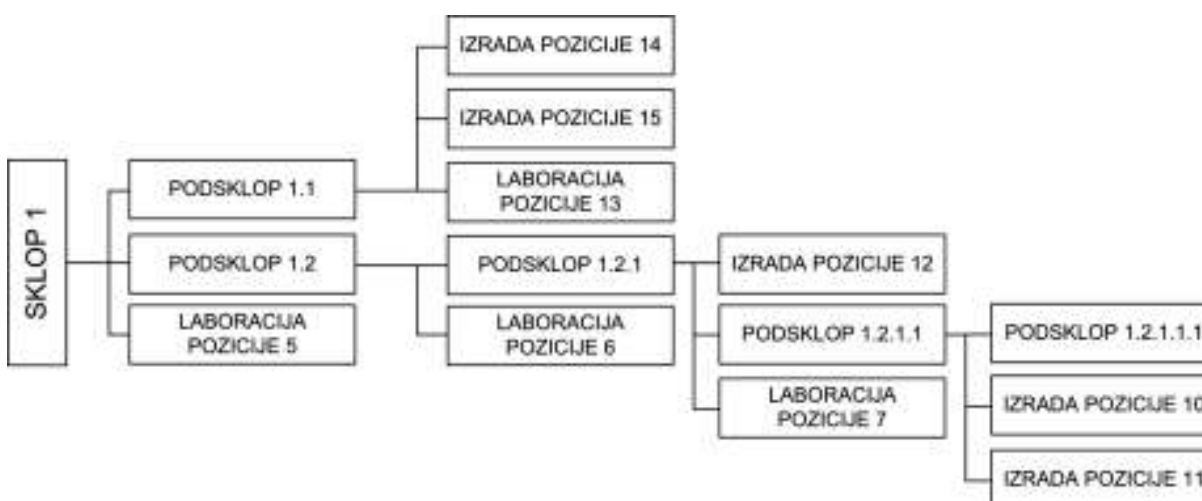
Na Slici 1 je dat grafički prikaz položaja aktivnosti u funkciji vremena.

## 2 METODOLOŠKI ASPEKTI PRIMENE PD METODE ZA TERMINIRANJE PROIZVODNIH PROCESA

U cilju detaljnijih istraživanja mogućnosti primene ove metode na praktičnom primeru proizvodnog procesa za jedan od sklopova (*Sklop 1*) koji ulazi u sastav artikla koji se izrađuje u fabrici namenske industrije „Sloboda“ Čačak izvršeno je terminiranje proizvodnih operacija primenom PD metode.

Proces izrade *Sklopa 1* se sastoji iz tri komponente: izrada *Podsklopa 1.1*, izrada *Podsklopa 1.2* i laboracije ova dva podsklopa.

Struktura tehnološkog procesa za izradu datog sklopa dalje je razrađena i data na Slici 2.



Slika 2: Šema tehnološkog postupka za *Sklop 1*

Radi se o artiklu koji se izrađuje u seriji od 50 000 komada. Izrada svake od pozicija se sastoji iz većeg broja različitih operacija, različitog vremena trajanja i redosleda realizacije. Operacije je moguće organizovati primenom uzastopnog, paralelnog ili kombinovanog tipa toka izrade serije. Kao najefikasniji vid organizacije redosleda operacija izdvaja se paralelni tip, stoga će on i biti primenjen u realizaciji operacija posmatranog proizvodnog procesa.

Na osnovu definisanih tehnoloških postupaka i normiranih vremena realizacije svih operacija za svaku poziciju utvrđeno je trajanje proizvodnog ciklusa pri primeni paralelnog tipa toka izrade serije primenom odgovarajućih obrazaca i odgovarajuće metodologije. Kao softverska podrška korišćen je MS Excel. (Slika 3)

| OPERACIJA                | MARŠINA       | BROJ KADROVA | KAPACITET ZA 73h | BROJ SATEMA | KAPACITET ZA DAN | VREMJE USTROJNO PO KADROVIMA | BROJ PRODUKCIJA                          | UKUPNO VREMJE U DANIMA |
|--------------------------|---------------|--------------|------------------|-------------|------------------|------------------------------|--|------------------------|
| 1 Prosecanje i savijanje | Presat        | 1            | 5200             | 2           | 10400            | 144                          | 50000                                    | 7200000.00             |
| 2 Kračenje na menu       | Dorađni strug | 1            | 1950             | 2           | 3900             | 385                          | 50000                                    | 19250000.00            |
| 3 Tehnička kontrola      | Ručno-očno    | 1            | 25000            | 2           | 50000            | 30                           | 50000                                    | 1500000.00             |
| 4 Tehnička kontrola      | Očno          | 1            | 6500             | 2           | 13000            | 115                          | 50000                                    | 5750000.00             |
| 5 Lakovanje              | Ručno         | 1            | 75000            | 2           | 150000           | 10                           | 50000                                    | 500000.00              |
| 6 Tehnička kontrola      | Očno          | 1            | 8200             | 2           | 16400            | 92                           | 50000                                    | 4600000.00             |
| 7 Transport              | Elektrokaret  | 1            | 750000           | 2           | 1500000          | 1                            | 50000                                    | 50000.00               |
| <b>UKUPNO</b>            |               |              |                  |             |                  | <b>779</b>                   |  |                        |
| <b>PARALELNI TIP</b>     |               |              |                  |             |                  |                              | <b>UKUPNO VREMJE ZA OPERACIJU (min)</b>  | <b>19.250.392</b>      |
|                          |               |              |                  |             |                  |                              | <b>UKUPNO VREMJE ZA OPERACIJU (h)</b>    | <b>192.50392</b>       |
|                          |               |              |                  |             |                  |                              | <b>UKUPNO VREMJE ZA OPERACIJU (dani)</b> | <b>12.63359</b>        |

Slika 3: Proračun trajanja proizvodnog ciklusa za jednu od pozicija primenom Excel-a

Detaljnim proučavanjem tehnološkog postupka, zatim raspoloživih proizvodnih kapaciteta u posmatranom periodu, uvažavanjem organizacionih i materijalnih ograničenja i drugih uslova u kojima se proizvodnja realizuje utvrdili smo prirodu zavisnosti među aktivnostima posmatranog proizvodnog procesa.

| Redni broj                | Aktivnost              | Zavisi od | Tip veze | Vreme trajanja (dana) |
|---------------------------|------------------------|-----------|----------|-----------------------|
| <b>Sklop 1</b>            |                        |           |          |                       |
| <b>Podsklop 1.1</b>       |                        |           |          |                       |
| 1                         | Nabavka materijala     | -         |          | 45                    |
| 2                         | Prijem materijala      | 1         | KP       | 2                     |
| 3                         | Izrada Pozicije 14     | 2         | KP       | 11                    |
| 4                         | Izrada Pozicije 15     | 2         | KP       | 13                    |
| 5                         | Laboracija Pozicije 13 | 3, 4      | PP, PP   | 23                    |
| 6                         | Testiranje             | 5         | KP       | 3                     |
| <b>Podsklop 1.2</b>       |                        |           |          |                       |
| 7                         | Nabavka materijala     | -         |          | 45                    |
| 8                         | Prijem materijala      | 7         | KP       | 2                     |
| <b>Podsklop 1.2.1</b>     |                        |           |          |                       |
| 9                         | Izrada Pozicije 12     | 8         | KP       | 46                    |
| <b>Podsklop 1.2.1.1</b>   |                        |           |          |                       |
| <b>Podsklop 1.2.1.1.1</b> |                        |           |          |                       |

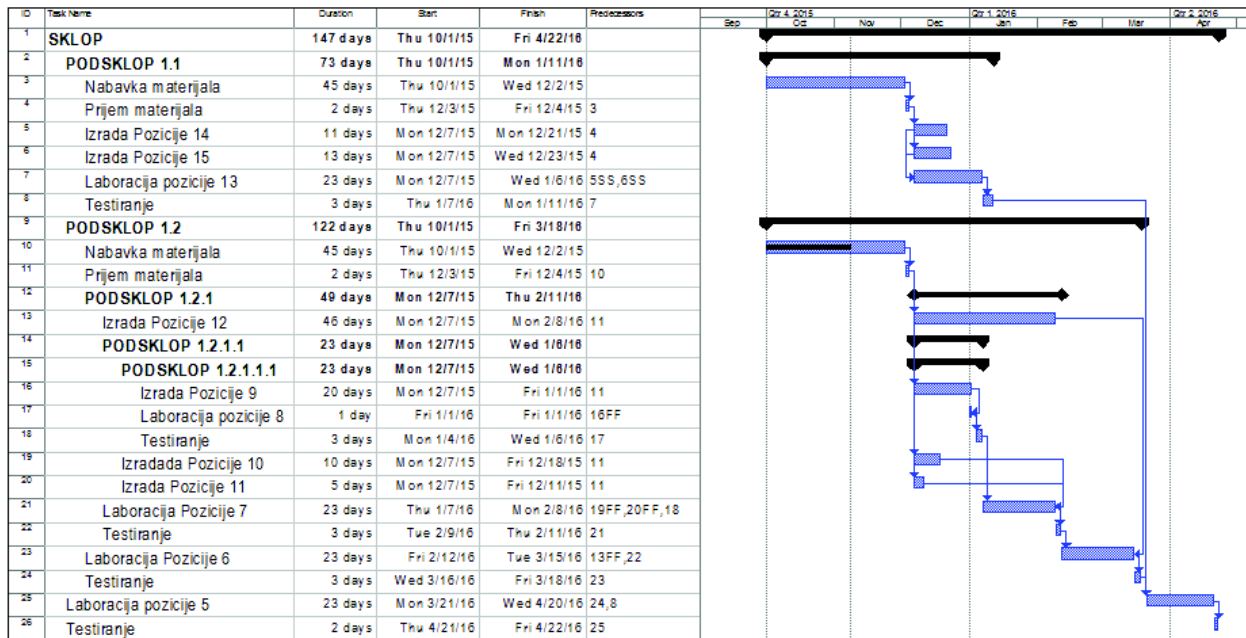
|    |                       |            |            |    |
|----|-----------------------|------------|------------|----|
| 10 | Izrada Pozicije 9     | 8          | KP         | 20 |
| 11 | Laboracija pozicije 8 | 10         | KK         | 1  |
| 12 | Testiranje            | 11         | KP         | 3  |
| 13 | Izrada Pozicije 10    | 8          | KP         | 10 |
| 14 | Izrada Pozicije 11    | 8          | KP         | 5  |
| 15 | Laboracija Pozicije 7 | 12, 13, 14 | KP, KK, KK | 23 |
| 16 | Testiranje            | 15         | KP         | 3  |
| 17 | Laboracija Pozicije 6 | 9, 16      | KK, KP     | 23 |
| 18 | Testiranje            | 17         | KP         | 3  |
| 19 | Laboracija pozicije 5 | 6, 18      | KP, KP     | 23 |
| 20 | Testiranje            | 19         | KP         | 2  |

Tabela 1: Aktivnosti, njihove međuzavisnosti, tipovi veza i vreme trajanja za proizvodni proces Sklopa 1

Spisak aktivnosti, njihove međuzavisnosti, tipovi veza i vreme trajanja aktivnosti proizvodnog procesa Sklopa 1 date su u Tabeli 1. Pored procesa izrade 11 pozicija iz kojih se sklop sastoji, što predstavlja neposredne proizvodne aktivnosti u proizvodni proces su uključene i neproizvodne aktivnosti kao što su naručivanje i prijem materijala i testiranje koje su, takođe, uslovljene realizacijom ostalih aktivnosti.

### 3 REZULTATI PRIMENE PD METODE U TERMINIRANJU PROCESA PROIZVODNJE

Primenom aplikacije MS Project, alata za efikasno planiranje i upravljanje poslovnim poduhvatima konstruisan je gantogram za dati proizvodni proces (Slika 4). Uz uvažavanje prirode povezanosti aktivnosti i vremena njihovog trajanja utvrđenih kroz detaljno proučavanje tehnološkog postupka izvršeno je detaljno terminiranje procesa proizvodnje posmatranog sklopa.



Slika 4: Gantogram za proizvodni proces Sklopa 1

Na Slici 4 dat je gantogram za proizvodni proces *Sklopa 1* sa terminima realizacije svake proizvodne operacije u okviru proizvodnog procesa.

Na Slici 5 dat je mrežni dijagram za posmatrani proizvodni proces konstruisan primenom PD metode. Položaj i povezanost aktivnosti u mreži određeni su na osnovu definisanog tehnološkog postupka za dati sklop i uz uvažavanje specifičnosti proizvodnje i uslova u kojima se ona odvija. Možemo zaključiti da PD metoda, za razliku od ostalih metoda mrežnog planiranja, pruža šire mogućnosti u pogledu predstavljanja karaktera zavisnosti među aktivnostima, budući da poznaje četiri različita tipa veza.

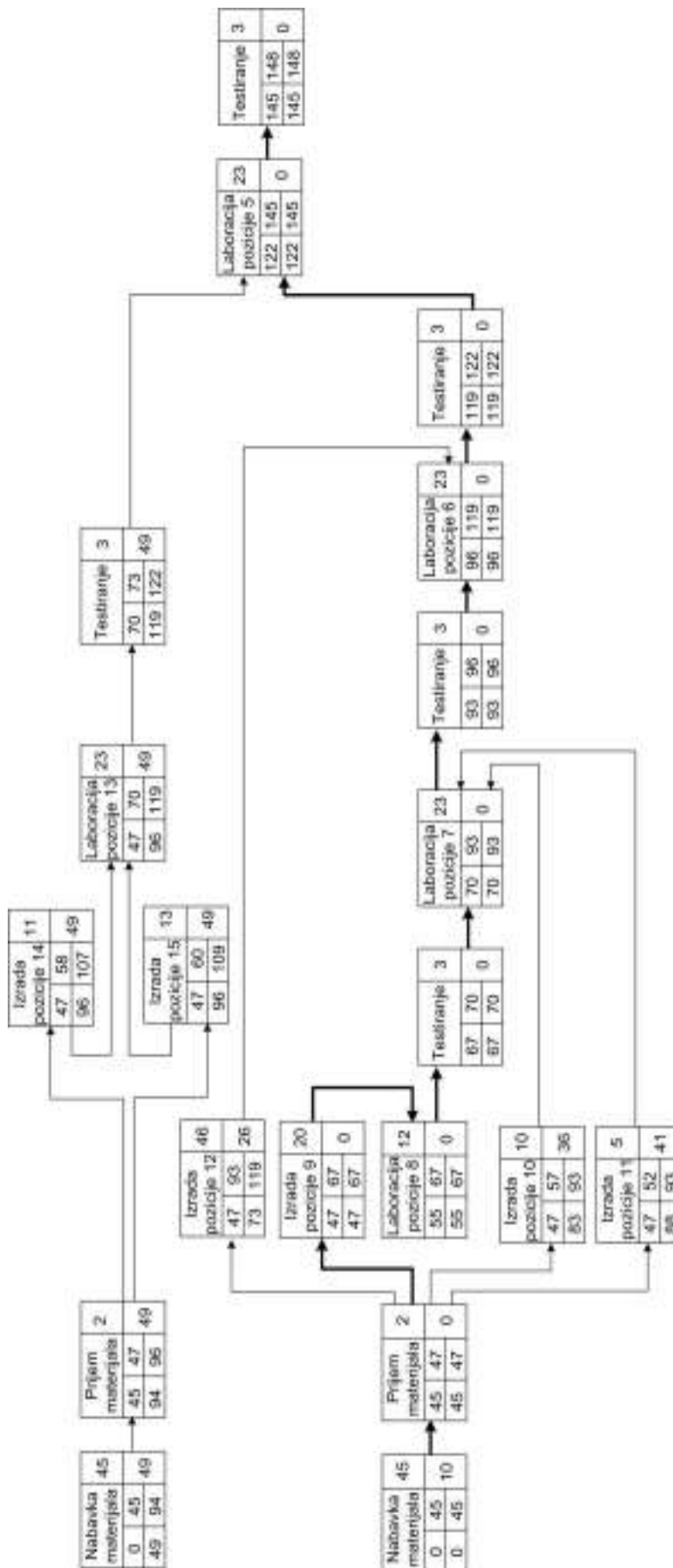
Pored vizuelnog predstavljanja prirode zavisnosti među aktivnostima, kroz dati primer vidimo da nam ova metoda omogućava i praćenje toka realizacije proizvodnog procesa u funkciji vremena.

Na Slici 5 dat je mrežni dijagram za posmatrani proizvodni proces konstruisan primenom PD metode.

Proračunom je utvrđeno da se proizvodni proces posmatranog sklopa za seriju od 50 000 komada može realizovati za 148 dana. Za svaku od aktivnosti u mreži izvršen je proračun vremena ranog početka i završetka aktivnosti kao i vremena kasnog početka i završetka istih. Uz to je izvršen i proračun vremenskih rezervi, koje nam pokazuju koliko je moguće odložiti realizaciju aktivnosti, a da to ne utiče na krajne rokove realizacije celokupnog projekta. Na taj način dobijamo vremenski pokazatelj o tome kolike su dozvoljene oscilacije stvarnih termina realizacije proizvodnih operacija u odnosu na one planirane a da se pri tome ne utiče na krajni rok realizacije projekta.



*Vladan Paunović je asistent za užu naučnu oblast Menadžment i operaciona istraživanja na Fakultetu tehničkih nauka u Čačku Univerziteta u Kragujevcu, Srbija. Osnovne i master studije je završio na istom fakultetu i student je doktorskih studija.*



Slika 5: PD dijagram za proizvodni proces Sklopa 1



PD metoda nam ukazuje i na postojanje aktivnosti koje ne mogu biti odložene, kod ovih aktivnosti ne postoje vremenske rezerve, pa bilo kakvo odlaganje njihove realizacije može dovesti do odlaganja ostalih aktivnosti ali i završetka celokupnog proizvodnog procesa što je izvor neefikasnosti. To ukazuje na potrebu za većim monitoringom realizacije ovih aktivnosti. Aktivnosti bez vremenskih rezervi sa identičnim ranim i kasnim položajem u funkciji vremena su kritične aktivnosti i čine kritični put.

Kritični put za dati mrežni dijagram čine aktivnosti: *Nabavka materijala – Prijem materijala – Izrada pozicije 9 – Laboracija pozicije 8 – Testiranje – Laboracija pozicije 7 – Testiranje – Laboracija pozicije 6 – Testiranje – Laboracija pozicije 5 – Testiranje.*

#### 4 ZAKLJUČAK

U radu prikazane su mogućnosti primene savremenih metoda za planiranje i upravljanje projektima u procesu terminiranja proizvodnje složenog sklopa jednog proizvoda.

Ovakav pristup omogućava da se različite tehnološke operacije koje se izvode na različitim mašinama sa različitim vremenima izrade usklade u vremenskom smislu na najbolji način što omogućava realizaciju proizvodnog procesa za najkraće vreme.

Primenom PD metode pokazana je fleksibilnost koja se ogleda kroz preklapanje istovremenih aktivnosti, čime se može postići povećanje efikasnosti proizvodnih procesa. Primenom ove metode je moguće realno "preslikati" stvarnu međuzavisnost aktivnosti na mrežni dijagram i na taj način dobiti precizne termine realizacije istih. Uticaj bilo kakvih unutrašnjih organizacionih i tehničkih prekida i zastoja može se efikasno otkloniti korišćenjem ove metode uz softversku podršku, što ukazuje na široku mogućnost primene ove metode u različitim projektima, a pogotovo u terminiranju serijske proizvodnje kao što je prikazano u ovom primeru.

#### REFERENCES

- [1] Agrawal, I., Minis, R. (2000) *Cycle time reduction bz improved MRP-based production planning*, International Journal of Project Management, pp.355-362.
- [2] Baykasoglu, A., Gocken, T. (2010) *Multi-objective aggregate production planning with fuzzy parameters*, Advances in Engineerig Software, pp.1124-1131.
- [3] Čočkaló D., Stanisavljev, S., Đorđević, D., Klarin, M., Brkić, A.Đ. (2013) *Determination Of The Elements Of Production Cycle Time In Serial Production: The Serbian Case*, Transaction of the Canadian Society for Mechanical Engineering, Vol 38(3).



*Jasmina Vesić Vasović je vanredni profesor Fakulteta tehničkih nauka u Čačku Univerziteta u Kragujevcu, Srbija. Doktorirala je 2006. godine na istom Fakultetu. Oblast istraživanja uključuje višekriterijumsko odlučivanje, projektni menadžment, operaciona istraživanja.*



- [4] Cohen, M., Shepherd, D. *Adjustment delays in production and the impact of cyclical shocks*, International Journal of Manufacturing Technology and management, pp.698-713.
- [5] Galante G., Passannanti., G. (2006) *Minimizing the cycle time in serial manufacturing systems with multiple dual-gripper robots*, International Journal of Production Research, pp.639-652.
- [6] Glock, C. H. (2011) *Batch sizing with controllable production rates in a multi-stage production system*, International Journal Of Production Research, pp.6017-6039.
- [7] Klarin, M., Milanović, D. D., Misita, M., Spasojević-Brkić, K.V., Jovanović, A. (2010) *A method to assess capacity utilization in short cycle functional layouts*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part E-Journal of Process Mechanical Engineering, pp.49-58.
- [8] Martinell, F., Piedimonte, F. (2008) *Optimal cycle production of a manufacturing system subject to deterioration*, Automatical (Journal of IFAC), Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA, pp.2388-2391.
- [9] Radojičić, M. (2004) *Organizacija i ekonomika poslovanja i proizvodnje*, Tehnički fakultet, Čačak.
- [10] Radojičić, M., Vesić Vasović, J., Nešić Z. (2013) *Application of optimization methods in the function of improving performance of organization systems*, Faculty of Technical Sciences, Čačak.
- [11] Radojičić, M., Vesić Vasović, J., Nešić, Z. (2010) *Razvoj softverske podrške za upravljanje proizvodnjom*, Tehnički fakultet, Čačak.
- [12] Radojičić, M., Nešić, Z., Vesić Vasović, J. (2012) *Production Delays and Possibilities for Their Reduction*, Metalurgija international, pp.140-145.
- [13] Vesić Vasović, J., Radojičić, M., Klarin, M., Spasojević Brkić, V. (2011) *Multi-criteria approach to optimization of enterprise production programme*, Metalurgija international, pp.1951-1963.