

Gordana Matičević<sup>1</sup>, Tadija Lovrić<sup>2</sup>

# Upravljanje proizvodnjom u konceptu digitalnih poduzeća za preradu drva i proizvodnju namještaja

## Production management within the concept of digital enterprises of wood-processing and furniture production

### Pregledni rad • Review paper

Prispjelo – received: 15. 9. 2007.

Prihvaćeno – accepted: 25. 2. 2008.

UDK: 630\*79; 684.4; 658.5.012.4:004.8

**SAŽETAK** • Prerada drva i proizvodnja namještaja velika su šansa Hrvatske za izlazak na međunarodno tržište. Osim prirodnih prednosti sadržanih u kvaliteti drva svjetske klase, Hrvatska ima i tradiciju te iskustvo i tehnološko znanje u proizvodnji poluproizvoda i finalnih proizvoda. Za konkurentni izlazak i opstanak na međunarodnom tržištu potrebno je podići razinu logističke potpore pripremi proizvodnje i proizvodnji radi boljeg iskorištenja drva i drvnih materijala, smanjenja gubitaka vremena u razvoju i usvajanju novog proizvoda, pripremi proizvodnje, i osobito smanjenju vremena protoka kroz proizvodnju. U radu su prikazani rezultati ostvareni u razvoju i primjeni sustava upravljanja proizvodnjom, razvijenoga na teorijskim postavkama JIT (Just In Time) i MRPII (Manufacturing Resource Planning) japanske i američke proizvodne filozofije, ugrađenoga u ERP (Enterprise Resource Planning) sustav u poduzećima za preradu drva i proizvodnju namještaja. Na taj su način ostvarene pretpostavke za razvoj digitalnog poduzeća za preradu drva i proizvodnju namještaja.

**Key words:** prerada drva, proizvodnja namještaja, sustav upravljanja proizvodnjom, integrirani informacijski sustav, ERP sustav, digitalno poduzeće

**ABSTRACT** • Wood processing and furniture production represent a big chance for Croatia to enter the international market. Besides the natural advantages such as world-class quality of wood, Croatia also has the tradition, experience and current technological knowledge in production of semi-manufactured products and final products. In order to enter and survive at the competitive international market it is necessary to increase the level of logistics support for production preparation and production in order to increase the use of wood and wood material, to decrease time loss during development and acceptance of the new product and during production preparation, and especially to decrease time required for production. This paper deals with the results achieved during the development and application of the production management system that was based on theoretical principles of JIT (Just In Time) and MRPII (Manufacturing Resource Planning) Japanese and American production theory and integrated in ERP (Enterprise Resource Planning) system in wood processing and furniture production enterprises. In this way, the prerequisites are created for the development of the digital enterprise in wood processing and furniture production.

**Ključne riječi:** wood processing, furniture production, production management system, integrated information systems, ERP system, digital enterprise

<sup>1</sup> Autorica je viša asistentica na Strojarskom fakultetu u Slavonskom Brodu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska. <sup>2</sup> Autor je zaposlen u tvrtki Informatički inženjering ININ d.o.o., Slavonski Brod, Hrvatska.

<sup>1</sup> The author is a Senior Assistant at the Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Slavonski Brod, Croatia. <sup>2</sup> The author is employed with an IT engineering firm ININ d.o.o., Slavonski Brod, Croatia.

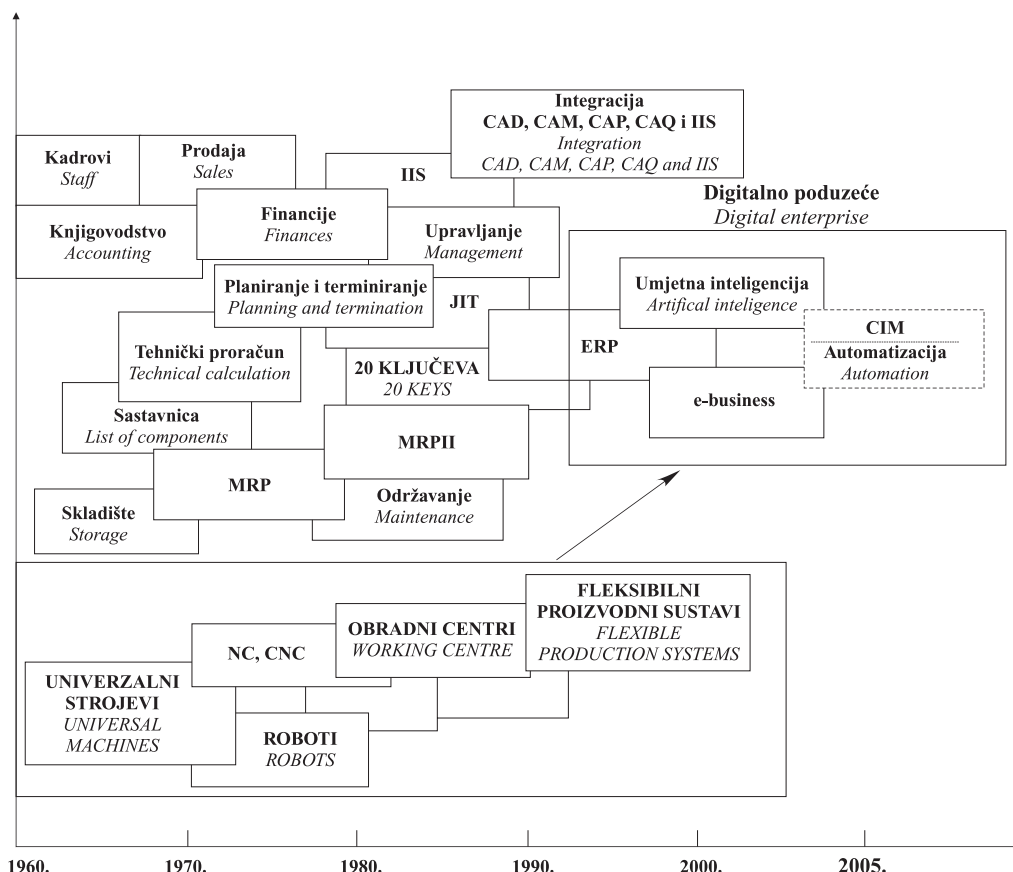
**1. UVOD**  
1 INTRODUCTION

Sve veća konkurencija, globalizacija i zahtjevi modernog tržišta doveli su do primjene novih metoda i strategija upravljanja proizvodnjom: MRP (Material Requirements Planning), MRPII, JIT, OPT (Optimized Production Technology), kao i programskih sustava za brzi razvoj proizvoda i tehnologije proizvodnje: CAD (Computer Aided Design), RP (Rapid Prototyping), CAM (Computer Aided Manufacturing), CAP (Computer Aided Planning) te visokoautomatizirane proizvodne opreme: CNC (Computer Numerical Control), FTS (Flexible Technological System) i robota, kao i integracije svih tih postignuća u sustav računalom integrirane proizvodnje – CIM (Computer Integrated Manufacturing). Na slici 1. prikazan je razvoj informatičke potpore tom tehnološkom razvoju: od pojedinačnih programa do digitalnih poduzeća (Majdandžić, 2004).

U Republici Hrvatskoj šumarstvom, preradom drva i proizvodnjom namještaja bavi se oko 1 200 poduzeća koja zapošljavaju 33 400 djelatnika ili 3,8 % ukupnog broja zaposlenih (Hrvatska gospodarska komora, 2007). S obzirom na kvalitetu drva i tradiciju u preradi drva te na iskustva i postojeće tehnološko znanje, prerada drva i proizvodnja proizvoda od drva u Hrvatskoj je prepoznata kao strateška grana i jedna je od malobrojnih djelatnosti prerađivačke industrije u kojoj Hrvatska ima suficit u robnoj razmjeni s inozemstvom (u hrvatskom izvozu prerada drva i proizvodnja namještaja sudjeluju s oko 8 %) (Zubak i sur., 2007).

Rezultati istraživanja obavljenih u projektima razvoja ERP sustava u poduzećima za preradu drva i proizvodnju namještaja otkrivaju ove probleme (Majdandžić i Majdandžić, 2007):

- maleno je iskorištenje polaznog drvnog materijala,
- potrebno je uvesti CNC strojeve na radnim mjestima koja su uska grla ili točke odstupanja od kvalitete,
- dugo je vrijeme protoka kroz proizvodnju,
- dugo je vrijeme pripreme proizvodnje (dobivanja narudžbe, definiranje sastavnice proizvoda, izrada tehnologije i otvaranje radnog naloga, izrada plana proizvodnje),
- nedovoljno je brza komunikacija među odjelima, s kooperantima i kupcima,
- spor je razvoj novih proizvoda i njihovo prezentiranje kupcima,
- nema pravodobnih i točnih informacija o ostvarenim troškovima po radnim nalogima i proizvodima,
- nema kvalitetnog praćenja dnevnog učinka strojeva, linija i zaposlenika radi analize zastoja i povećanja učinkovitosti,
- ne postoje modeli predviđanja poslovnih rezultata za radne naloge s postojećim ili novim proizvodima,
- nema organiziranog sustava osiguranja kvalitete koji rješava korektivne mjere (mjere nakon prijave odstupanja od tražene kvalitete radi korekcije greške doradom) i preventivne mjere (uvođenje postupaka koji će smanjiti mogućnost pojave istog odstupanja od kvalitete u proizvodnji),
- postoji veliki broj dokumenata (u većine poduzeća u svim granama industrije) koji cirkuliraju u papirna-



Slika 1. Razvoj informatičke potpore od pojedinačnih programa do digitalnih poduzeća (Majdandžić, 2004)  
Figure 1 Enterprise computerization from single programmes to digital enterprises



industriji, koja se temelje na MRP strategiji određivanja potreba materijala i poluproizvoda, odnosno planiranja i upravljanja proizvodnjom (MRPII), ERPINS-D sustav za preradu drva i proizvodnju namještaja ima brojne specifičnosti. Neke od njih jesu:

- zbog velike količine podataka i brze promjene statusa (trupac, daska, sušeni element, blanjeni element, poluproizvod, proizvod) nužno je imati model automatskog dodjeljivanja šifri elementima nastalim u procesu proizvodnje,
- veliki opseg i širok asortiman proizvoda na narudžbama zahtijeva automatsko kreiranje sastavnica finalnog proizvoda prema tipskoj sastavnici, pri čemu se dimenzije elemenata određuju ugrađenim formulama uz klasifikacijsku grupu elemenata,
- potreba brze izrade tehnoloških postupaka istih elemenata različitih dimenzija zahtijeva razvoj modela za izračun tehnoloških vremena ovisno o brzini rada stroja ili linije odnosno o dimenzijama elementa,
- zbog čestih promjena u procesu proizvodnje u sustavu upravljanja potrebno je imati model rebalansa plana prouzročene hitnim narudžbama ili zastojima u procesu proizvodnje,
- planiranje mora omogućiti izradu varijanti plana, uz mogućnost angažiranja dodatnih kapaciteta (produljeni rad, rad u neradne dane, zamjenski kapaciteti, kooperacija).

### 3. UPRAVLJANJE PROIZVODNjom U ERPINS-D SUSTAVU

#### 3 PRODUCTION MANAGEMENT WITHIN ERPINS-D SYSTEM

Sustav upravljanja proizvodnjom koji je razvijen na matematičkome modelu (Matičević, 2005) i prilagođen potrebama prerade drva i proizvodnje namještaja te montaže finalnih proizvoda na terenu (hoteli, poslovne prostorije, kampovi) omogućuje:

- u planiranju aktivnosti – pridruživanje kapaciteta iz trenutačnih, dnevno ažurnih podataka o raspoloživim kapacitetima (prema podacima o ispravnosti strojeva iz podsustava održavanja kapaciteta),
- definiranje kritičnih kapaciteta za koje se raspoređivanje obavlja provjerom raspoloživosti kapaciteta,
- prijenos aktivnosti iz troškovnika u tabličnom kalkulatoru (EXCEL) te spajanje više aktivnosti troškovnika u jednu plansku aktivnost, kao i razbijanje jedne aktivnosti troškovnika u više aktivnosti plana, uz zadržavanje veza među njima,
- korištenje dodatnih mogućnosti i raspoloživih kapaciteta za kritične kapacitete (dodatni produljeni rad, rad u neradne dane, rad rezervnih kapaciteta, davanje posla kooperantima) pri izradi varijanti plana te prikaz troškova za svaku varijantu,
- jednostavnu i brzu prijavu gotovosti korištenjem bar koda za prijavu postotka gotovosti ili količine obavljenog posla,
- grafički prikaz stanja svih planova na istom grafu,
- proračun očekivanog trajanja preostalih aktivnosti i planiranih troškova prema predviđenom trajanju plana prilikom rebalansa plana,

- izrada pojedinačnih planova za sve kapacitete i kooperante uključene u realizaciju,
- jednostavno praćenje ispunjenja plana i prikaz poslovnih rezultata.

Model raspoređivanja i izrade plana dan je u radu Matičević (2005), a model rebalansa plana, koji se provodi kada se pojave odstupanja od planiranih vrijednosti tijekom realizacije ima ovakvu proceduru :

$$g_{j^1} = \frac{R'_{j^1}}{R_{j^1}} = \frac{t_{j^1, R'_{j^1}}}{t_{j^1}} \quad (1)$$

gdje su:

- $g_{j^1}$  - ispunjenje aktivnosti,
- $t_{j^1, R'_{j^1}}$  - planirano trajanje aktivnosti za obavljenu količinu poslova,
- $t_{j^1}$  - planirano trajanje aktivnosti,
- $R'_{j^1}$  - stvarna (obavljena) količina poslova.

Gotovost aktivnosti prema (2) jest:

$$\begin{cases} 1 & \text{ako je } R_{j^1} = R'_{j^1} \\ 0 & \text{ako je } R'_{j^1} = 0 \\ 0 < g_{j^1} < 1 & \text{ako je } 0 < R'_{j^1} < R_{j^1} \end{cases} \quad (2)$$

Ako je gotovost aktivnosti  $j$   $g_j=1$ , onda je aktivnost  $j$  završena i poznata je vrijednost njezina stvarnog trajanja  $t'_j$ ; ako aktivnost u stvarnom trenutku  $t_s$  nije ni počela, trajanje aktivnosti jednako je planiranom vremenu trajanja, a ako je aktivnost počela i nije završena u stvarnom trenutku  $t_s$ , onda je  $0 < g_j < 1$  i mora se odrediti očekivano trajanje aktivnosti prema prijavljenom postotku gotovosti aktivnosti u trenutku  $t_s$ .

Razlika između planiranih vremena završetaka aktivnosti u postojećem planu i njihovih stvarnih vremena završetaka posljedica je djelovanja poremećaja na planirane aktivnosti. Odstupanja od planiranog vremena završetka mogu se smanjiti uzimanjem u obzir utjecaja rizika u planu i poduzimanjem akcija za njihovo ublažavanje.

Stvarno trajanje aktivnosti koja je završena određuje se prema (3):

$$t'_{j^1} = tz'_{j^1} - tp'_{j^1} + 1 \quad (3)$$

gdje su:

- $t'_{j^1}$  - stvarno trajanje aktivnosti  $j^1$ ,
- $tz'_{j^1}$  - ostvareno vrijeme završetka aktivnosti  $j^1$ ,
- $tp'_{j^1}$  - ostvareno vrijeme početka aktivnosti  $j^1$ .

Očekivano trajanje aktivnosti  $j^1$  koja se trenutno izvršava određuje se prema (4):

$$ot_{j^1} = t_{j^1} \cdot O_{j^1} \quad (4)$$

gdje su:

- $ot_{j^1}$  - očekivano trajanje aktivnosti  $j^1$ ,
- $O_{j^1}$  - faktor realizacije aktivnosti  $j^1$ , omjer stvarnoga i planiranog trajanja aktivnosti  $j^1$ , a određuje se prema (5):

$$O_{j^1} = \frac{t_s - tp'_{j^1}}{t_{j^1}} = \frac{t_s - tp'_{j^1}}{t_{j^1} \cdot g_{j^1}} \quad (5)$$

gdje je:

- $t_s$  - aktualna terminska jedinica.

Prema tome, trajanje aktivnosti  $j^1$  u određenom trenutku  $t_s$  s obzirom na gotovost aktivnosti određuje se prema (6):

$$t'_{j^1} = \begin{cases} tz'_{j^1} - tp'_{j^1} & \text{ako je } g_{j^1} = 1 \\ t_{j^1} & \text{ako je } g_{j^1} = 0 \\ \frac{t_s - tp'_{j^1}}{g_{j^1}} & \text{ako je } 0 < g_{j^1} < 1 \end{cases} \quad (6)$$

Novo ukupno vrijeme trajanja projekta s obzirom na stanje realizacije, odnosno na novo trajanje kritičnog puta izračunava se prema (7):

$$T_{CP}^r = \max \sum_{j^1=1}^n x_{j^1,p} \cdot (t'_{j^1} + L_{i^1,j^1} + k_{j^1}) \quad (7)$$

gdje je:

$T_{CP}^r$  - trajanje kritičnog puta nakon rebalansa plana.

Kašnjenje aktivnosti  $j^1$  s obzirom na realizaciju njezinih prethodnih aktivnosti određuje se prema (8):

$$k_{j^1} = \begin{cases} 0 & \text{za } g_{j^1} = 0 \\ tp'_{j^1} - tz'_{i^1} - L_{i^1,j^1} & \text{za } j^1 = 2,3..n^1 \text{ i } 0 < g_{j^1} \leq 1 \\ tp'_{j^1} - tp_{i^1} & \text{za } j^1 = 1 \text{ i } 0 < g_{j^1} \leq 1 \end{cases} \quad (8)$$

gdje je:

$k_{j^1}$  - kašnjenje aktivnosti  $j^1$  s obzirom na prethodne aktivnosti,

$tp_{i^1}$  - planirano vrijeme početka aktivnosti  $j$

Stvarno kašnjenje aktivnosti  $k_{j^1}^s$  s obzirom na planirano vrijeme početka aktivnosti i stvarno trajanje raz-

lika je ostvarenoga i planiranog vremena završetka aktivnosti prema (9):

$$k_{j^1}^s = tz'_{j^1} - tz_{j^1} \quad (9)$$

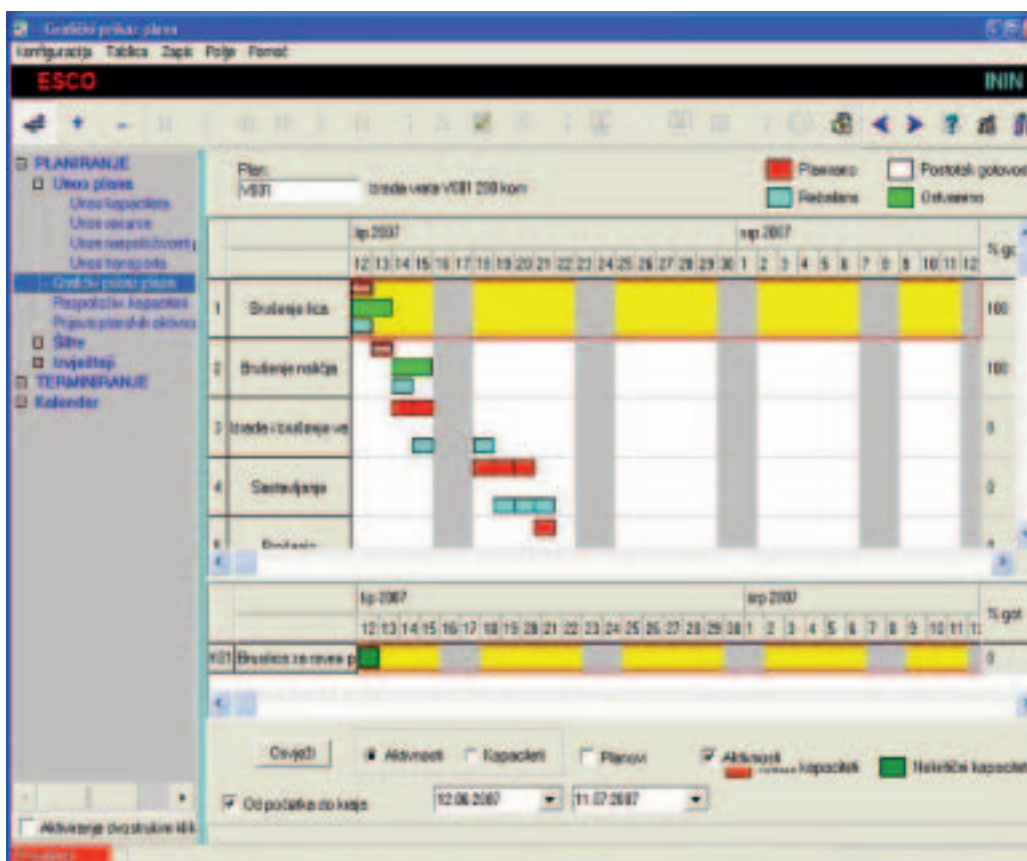
Kašnjenje plana povećava se linearno nakon prekoračenja roka isporuke (jednako je nuli prije roka isporuke). Kašnjenje plana određuje se prema (10):

$$K = \begin{cases} T_{CP}^r - D_{isp} & \text{ako je } T_{CP}^r > D_{isp} \\ 0 & \text{ako je } T_{CP}^r \leq D_{isp} \end{cases} \quad (10)$$

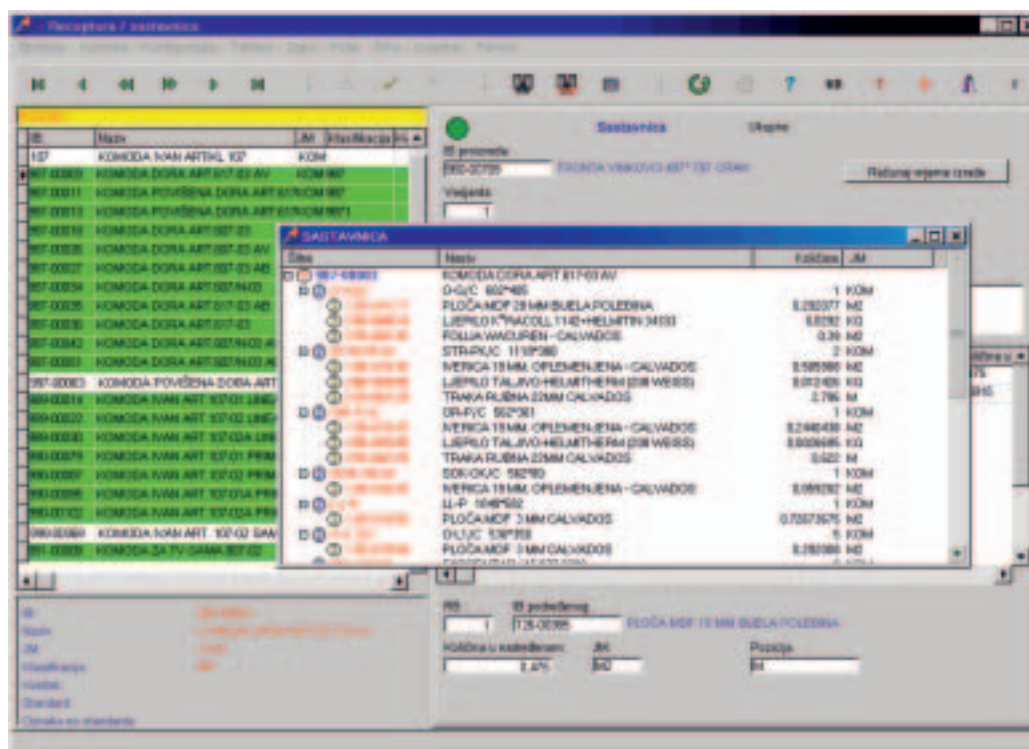
Ako je  $K > 0$ , tada treba poduzeti akcije za ublažavanje utjecaja rizika. Plan mora biti modificiran prije nego nastupi kašnjenje vremena završetka.

#### 4. PRIMJENA MODELA 4 MODEL APPLICATION

Rezultate rada modela prezentirat ćemo s nekoliko izvještaja i pregleda ERPINS-D sustava. Na slici 3 prikazan je dio osnovnog plana, nakon prijave gotovosti i obavljenog rebalansa. Prikazane su aktivnosti plana, gotovost u postotku aktivnosti, ostvareno trajanje aktivnosti te očekivano trajanje aktivnosti i cjelokupnog plana nakon rebalansa, a prema trenutnom stanju gotovosti aktivnosti (operacija) radnog naloga. Na slici 4. prikazana je sastavnica proizvoda na temelju koje se obavlja proračun potrebnih poluproizvoda, materijala i trgovačke robe te obavlja lansiranje, naručivanje i rezerviranje za određeni radni nalog.



Slika 3. Plan radnog naloga za izradu vrata V001 nakon rebalansa  
Figure 3 Work order plan for making doors V001 after the rescheduling



Slika 4. Sastavnica proizvoda za proračun potrebnih poluproizvoda, materijala i trgovačke robe

Figure 4 Product component for the estimate of necessary semi-manufactured products, materials and merchandise

#### 4.1. Praćenje pripreme i proizvodnje

##### 4.1 Monitoring of preparation and production

Dok se izradom planova omogućuje raspoređivanje aktivnosti ili/i tehnoloških operacija po zaposlenicima u pripremi proizvodnje (odnosno po proizvodnim kapacitetima i zaposlenicima u proizvodnji), praćenje proizvodnje treba omogućiti kontrolu izvršenja planova, a rebalansom plana postiže se približavanje ili ispunjenje ugovorenih odnosno planiranih rokova. Postoji nekoliko razina prijave gotovosti aktivnosti ili tehnoloških operacija:

- prijava početka i završetka aktivnosti i operacije, s gotovom količinom napravljenih proizvodnih elemenata na za to priređenim formularima s kojih se podaci unose u ERP sustav,
- prijava završetka operacija u proizvodnji koju obavlja poslovođa unosom u sustav ili operativa proizvodnje za svoju grupu radnika,
- prijava koja se obavlja bar kod čitačima uz svako radno mjesto ili na zajedničkom radioničkom računalu s priključenim bar kod čitačima.

Na slici 5. prikazan je primjer ekrana za unos svih promjena u proizvodnom i pripremnom procesu koji je osnova za razvoj koncepta digitalnog poduzeća.

Radnici u proizvodnji dolaze do upisnog mjesta i prelaskom bar kod čitačem preko radnog odijela učitavaju svoj bar kod i tipkom biraju izbor unosa. Nakon toga prelazeći čitačem bar koda preko radnog naloga, automatski popunjavaju proizvodno-tehnološke podatke i upisuju količinu proizvodnih elemenata napravljenih tijekom te operacije. Na isti način unose i sve ostale događaje u procesu proizvodnje (zastoje, kvarove, čekanja i ostale gubitke vremena). Odmah nakon unosa

zaposlenici zaduženi za pojedine procese (planska priprema, prodaja, održavanje, osiguranje kvalitete, menadžment) dobiju na ekranu poruku s vremenom za poduzimanje određenih akcija i definiranjem vremena prijema i čitanja poruke.

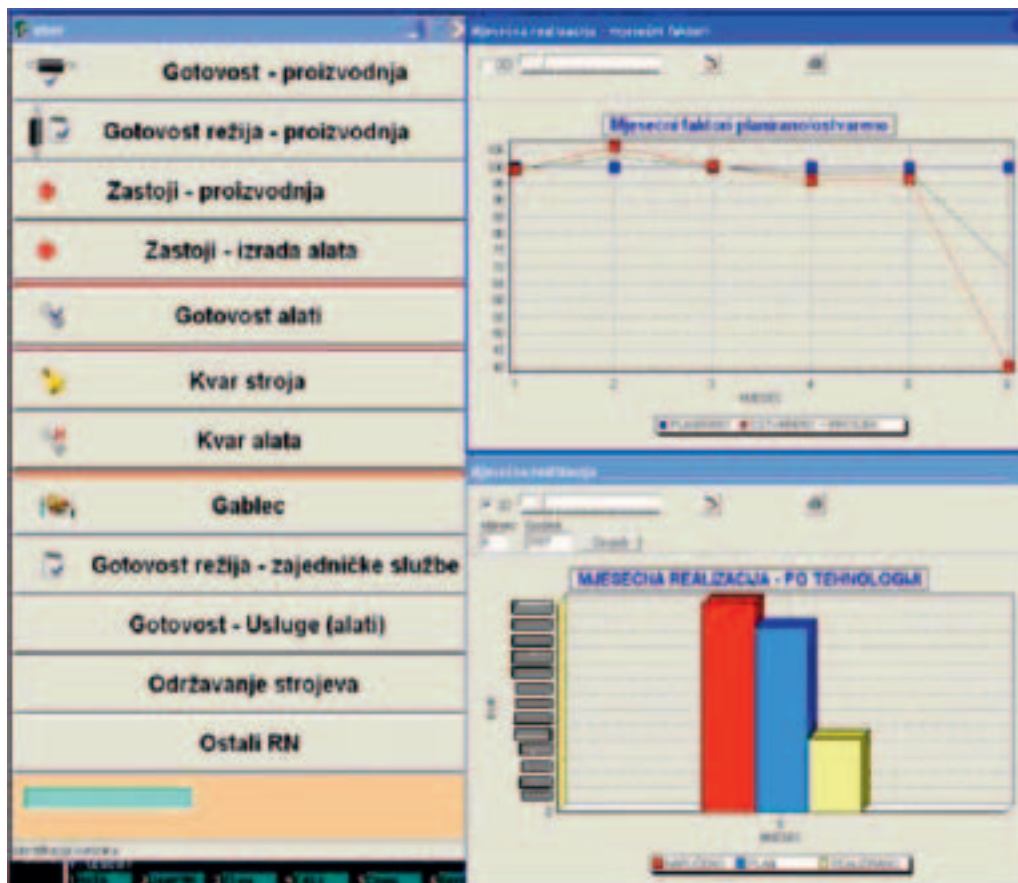
Na osnovi tih prijava dobiju se izvještaji, pregledi i grafičke interpretacije poslovnih i proizvodnih rezultata:

- stanje gotovosti proizvodnih elemenata i ukupna gotovost radnih naloga,
- stanje gotovosti određene narudžbe kupca,
- planirani i ostvareni troškovi na radnom nalogu,
- ostvarenje plana (vrijednosno i količinski),
- iskorištenje radnog vremena,
- analitika radnih sati po zaposleniku za obračun plaće,
- ostvarena produktivnost po strojevima i radnim nalogima itd.

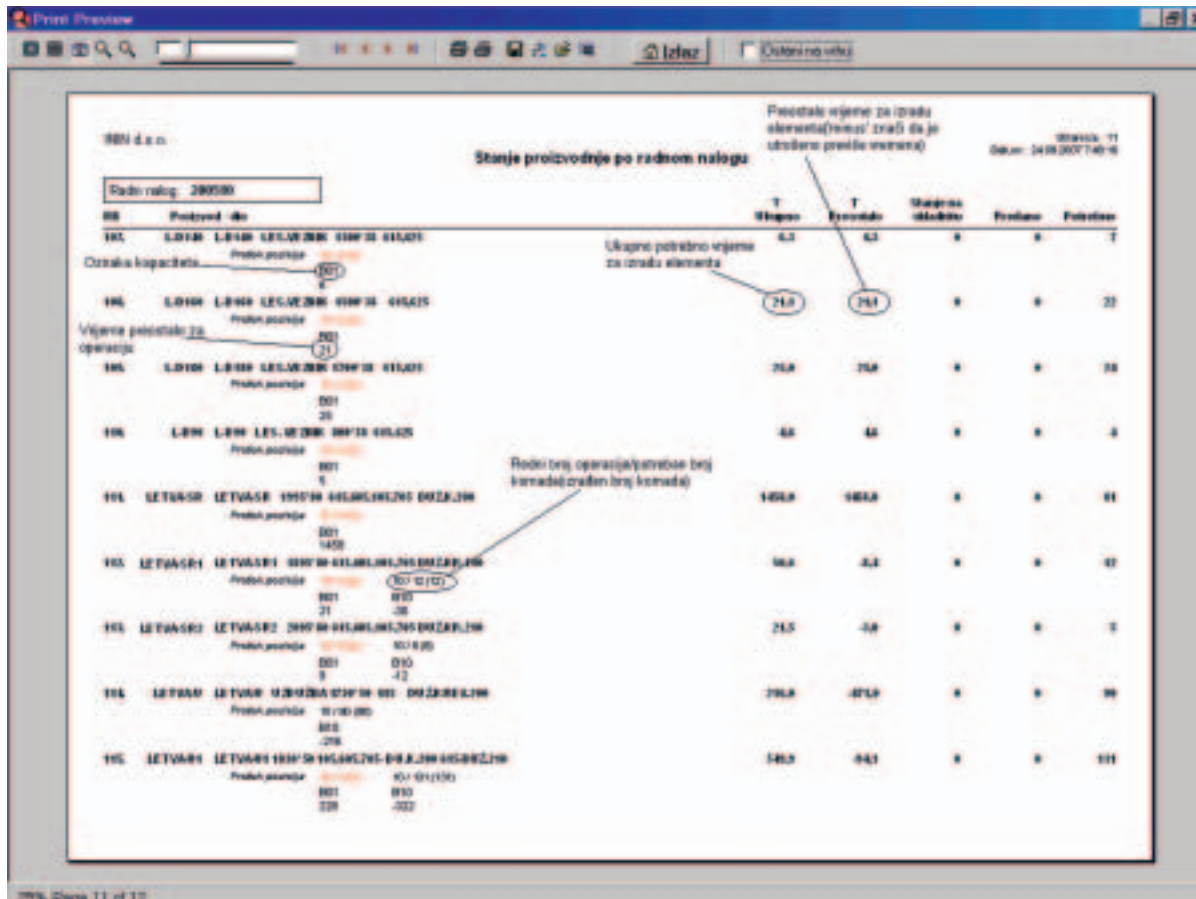
Na slici 5. vide se trenutačni rezultati poslovanja poduzeća tako da svi zaposlenici mogu pratiti proizvodne i poslovne rezultate.

Na slici 6. prikazan je izvještaj o stanju radnih naloga.

Na slici 6. vidi se stanje gotovosti u proizvodnji za sve proizvodne elemente na radnom nalogu, ukupno potrebno vrijeme izrade i preostalo vrijeme izrade u trenutku kreiranja izvještaja te popis i stanje gotovosti po svim operacijama u izradi proizvodnog elementa. U prvom redu vide se operacije i količina gotovih elemenata u toj operaciji, u drugom redu šifra kapaciteta, a u trećem preostalo ili prekomjerno utrošeno tehnološko vrijeme. Na drugoj strani ekrana prikazane su ukupno lansirane količine i količine predane u skladište poluproizvoda.



Slika 5. Unos svih događaja u procesu pripreme i proizvodnje u poduzeću  
 Figure 5 Entering of all events during the process of preparation and production in the enterprise



Slika 6. Pregled gotovosti radnih naloga  
 Figure 6 Overview of work order readiness

## 5. ZAKLJUČAK 5 CONCLUSION

Iskustva u razvoju i uvođenju ERP sustava pokazala su postojanje niza specifičnosti u preradi drva i proizvodnji namještaja koji onemogućuju izravnu uspješnu primjenu poznatih metoda MRP, MRPII i JIT, ugrađenih u ERP sustave metaloprerađivačke, elektroindustrije i građevinske industrije. Te specifičnosti zahtijevaju razvoj novih metoda utemeljenih na teorijskim postavkama navedenih metoda, od kojih je dio sustava upravljanja proizvodnjom prikazan u ovom radu. Osim što pridonose povećanju produktivnosti, što je utvrđeno primjenom upravljanja proizvodnjom uz pomoć razvijenih ERP sustava u nekoliko poduzeća za preradu drva i proizvodnju namještaja, prikazani rezultati ujedno su i polazna pretpostavka za razvoj koncepta digitalnog poduzeća u toj perspektivnoj i za Hrvatsku značajnoj industrijskoj grani.

## 6. LITERATURA 6 REFERENCES

1. Dangelmaier, W.; Fischer, M.; Gausemeier, J.; Grafe, M.; Matysczok, C.; Mueck, B., 2005: Virtual and augmented reality support for discrete manufacturing system simulation. *Computers in Ind.* 56(4): 371-383
2. Majdandžić, N., 2004: Izgradnja informacijskih sustava proizvodnih poduzeća. Prvo izdanje. Slavonski Brod, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu.
3. Majdandžić, N.; Majdandžić, I., 2007: Iskustva u razvoju i primjeni ERP sustava u drvoprerađivačkoj industriji. 4. drvno-tehnološka konferencija, Opatija, str. 40-45.
4. Maropoulos, P.G., 2003: Digital enterprise technology-defining perspectives and research priorities. *International Journal of Computer Integration Manufacturing.* 16(7-8): 467-478.
5. Matičević, G., 2005: Model višerazinskog planiranja i terminiranja pojedinačne i maloserijske proizvodnje. Disertacija. Sveučilište u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu.
6. Wenzel, S.; Jessen, U.; Bernhard, J., 2005: Classifications and conventions structure the handling of models within the Digital Factory. *Computers in Ind.* 56(4): 334-346.
7. Woerner, J.; Woern, H., 2005: A security architecture integrated co-operative engineering platform for organised model exchange in a Digital Factory environment, *Computers in Industry*, 56(4), p. 347-360.
8. Zubak, D. i sur., 2007: *Gospodarska kretanja* br. 6, Belošević Matić J.(ur), Hrvatska gospodarska komora, Centar za makroekonomske analize, lipanj 2007, Zagreb, <http://www.hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/10113.pdf>, datum pristupanja: 5. 8. 2007.
9. \*\*\*, 2007. Hrvatska gospodarska komora, Sektor za poljoprivredu, prehrambenu industriju i šumarstvo. <http://www.hgk.hr/>, datum pristupanja: 5. 8. 2007.

### Zahvala Acknowledgment

Autori zahvaljuju recenzentima na korisnim primjedbama. Članak je nastao kao rezultat rada na projektima *Razvoj ERP sustava za digitalno poduzeće (152-2235)* Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske i *Model digitalnog poduzeća u drvoprerađivačkoj industriji* Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva, 2007. Autori zahvaljuju na financijskoj potpori.

### Corresponding address:

Assistant GORDANA MATIČEVIĆ, PhD

Faculty of Engineering in Slavonski Brod  
University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek  
Trg Ivane Brlić-Mažuranić 2  
35000 Slavonski Brod  
CROATIA  
e-mail: gmatic@sfsb.hr