

Mr. sc. Denis Jelačić
Šumarski fakultet, Zagreb

Pravila terminiranja i reterminiranja u proizvodnim sustavima drvne industrije

Scheduling and rescheduling rules in wood industry production systems

Pregledni rad

Primljeno: 21. 07. 1995. • Prihvaćeno: 20. 11. 1995. • UDK 630*79

SAŽETAK • Ovaj rad prinos je istraživanju načina planiranja, vođenja i terminiranja proizvodnje upotrebom novih metoda određivanja prioriteta pri odašiljanju proizvodnih nalog u proizvodnji te pokušaj njihova implementiranja u nove koncepcije upravljanja proizvodnjom i poslovanjem u drvenoindustrijskoj tvrtki.

Cilj istraživanja bio je ustanoviti na koje se načine razlike između pojedinih metoda određivanja prioriteta manifestiraju za konkretnu proizvodnju u promatranoj tvornici namještaja, koja metoda je najprihvatljivija za korištenje u području terminiranja, odnosno u području reterminiranja, kolike su mogućnosti smanjenja troškova proizvodnje, te na koji bi se način promatrane metode mogle prilagoditi za korištenje uz nove koncepcije upravljanja proizvodnjom i poslovanjem.

Dobiveni su rezultati bili osnova na kojoj je određena kvaliteta i primjenjivost pojedine metode te činitelji koji utječu na njihov izbor. Za područje terminiranja, odnosno određivanja redoslijeda proizvodnih nalog prije no što oni krenu u proizvodnju najbolje je rezultate postigla KVO metoda. To je metoda kod koje prednost dobijaju proizvodni nalozi koji imaju najmanju vrijednost trajanja ciklusa proizvodnje u prvoj ili prvim fazama obradbe. U području metoda za reterminiranje najbolje je rezultate postigla DRVP metoda, gdje prednost dobijaju proizvodni nalozi čiji je omjer vremena do roka isporuke umanjenog za preostalo očekivano vrijeme i preostalog posla, najmanji.

SUMMARY • This paper contributes to the research on planning, managing and scheduling of production by using new methods of determining priorities in issuing production orders; it is an attempt to apply those methods to new concepts of production and operations management implemented in a woodworkong firm.

The aim of the research was to establish the manner in which the differences between individual methods are manifested and their relevance for the particular production in the observed furniture factory; which of the methods is the most acceptable in production scheduling and rescheduling resp.; what are the possibilities to reduce production costs, and how could the observed methods be adapted and applied to new concepts of production and operations management.

In line with the research aims, relevant factors for the selection of scheduling and rescheduling methods in wood-technological industry were established. All the relevant factors were then analysed by means of different result processing methods and by establishing their impact upon the total production cycle duration.

The obtained results provided the basis upon which the quality and applicability of the individual method were established as well as the factors influencing their choice. The SOT (KVO) method achieved the best results. This method gives priority to orders that have the shortest production cycle duration in the first or the first two processing phases. Among the rescheduling methods, the best results were established with the DS/PT (DRVP) method which gives the priority to orders with the smallest ratio between the delivery time reduced by the remaining expected time on the one hand and remaining work on the other.

Further analysis resulted in an assumption that the observed methods may be applied in the planning process in wood- technological firms. With certain restrictions, they may be implemented in new concepts of production and operations management. The main achievement of these methods is rationalization of the production management process.

1. UVOD

1. Introduction

Jedna od dominantnijih tema devedesetih godina jest konkurenčija zasnovana na vremenu kao jedinici mjere. Tvrta koja ne odgovara na potrebe kupaca, odnosno korisnika dovoljno brzo gubi tržište i bitku od onih koji to čine. Brzina na tržištu neće samo povećati prodaju, već će povećati i profit kroz niže troškove i višu kvalitetu. Sve poslovne funkcije u tvrtki mogu biti ocijenjene vremenom. Pitanja koja su uz to vezana, a na koja je potrebno naći odgovor jesu:

1. Razvija li tvrtka proizvode brže od konkurenčije?
 2. Jesu li narudžbe i isporuke dovoljno brze?
 3. Koliko vremena proizvodi gube boreći u tvrtki?
 4. Isporučuju li se proizvodi kupcu prije nego što to čini konkurenčija?
 5. Odgovara li se dovoljno brzo na želje i potrebe kupaca?
 6. Odgovara li se dovoljno brzo na primjedbe i reklamacije kupaca?
 7. Stoji li "papirnati poslovi" predugo na nečijem stolu?
- Sve konkurenčke dimenzije - kvaliteta, pouzdanost, fleksibilnost i inovacije - posjeduju istu komponentu, vrijeme.

Vrijeme je postalo jedan od najvažnijih izvora konkurenčkih prednosti (1).

Kraća vremena proizvodnje povećavaju fleksibilnost tvrtke za udovoljavanje potreba i želja kupaca. Konačno, kako se brzo razvija tehnologija, proizvodi brzo zastarjevaju. Tvrte moraju biti sposobne brže odgovoriti novim i poboljšanim proizvodima, budući da je životni vijek proizvoda sve kraći. Stoga sve tvrtke, pa tako i drvenoindustrijske, ako žele biti uspješne, moraju skratiti vrijeme u svim aktivnostima proizvodnje i poslovanja. Govorili se o proizvodnji u užem smislu vrijeme je jedan od najbitnijih činitelja. Vrijeme je parametar na koji u području upravljanja operacijama treba obratiti posebnu pažnju. Naime, skraćenje proizvodnog ciklusa jedan je od činitelja smanjenja troškova proizvodnje, odnosno čini proizvodnju učinkovitijom i konkurentnijom na tržištu (1,7)

Rokovi proizvodnje, uz kvalitetu i cijenu, jadaju su od najznačajnijih zahtjeva koje kupac, odnosno korisnik postavlja pred modernu tvrtku drvene industrije. Svako kašnjenje u rokovima isporuke povlači za sobom neuspjerenje kupca i on na tržištu pronalazi konkurenčku tvrtku koja je u stanju ispoštovati rokove isporuke. Samim tim tvrtka koja je izgubila povjerenje kupca gubi

i mjesto na tržištu, a ponovno steći povjerenje i naći svoje mjesto na svjetskom tržištu vrlo je teško (3,4).

Sve koncepcije upravljanja proizvodnjom i poslovanjem bave se planiranjem proizvodnje do razine grubog planiranja. Fino se planiranje (terminiranje, određivanje rokova proizvodnje) obavlja samo upravljanjem unatrag, odnosno nakon što se definira rok isporuke unatrag se određuje vrijeme kada bi taj proizvodni nalog trebalo započeti. Ni u tom se slučaju ne uzimaju u obzir faze odradbe već samo ukupno trajanje proizvodnje jednog komada, odnosno jednog proizvodnog naloga.

U proizvodnji se, međutim, vrlo često događa da na isto radno mjesto istovremeno konkurira nekoliko proizvodnih naloge. Uzmu li se u obzir sve faze odrcdbe, a proizvodni se nalozi poredaju prema redoslijedu pristizanja, dobit će se određeno trajanje ciklusa proizvodnje. No, je li taj redoslijed proizvodnih nalog u proizvodnji ujedno i optimalan? Dobija li se tim redoslijedom najkraće trajanje proizvodnog ciklusa za tu skupinu proizvodnih nalog? Postoji li drugačiji redoslijed koji će dati ukupno kraće trajanje proizvodnog ciklusa od onog prema redoslijedu pristizanja?

Znanstvenici su se u prošlosti bavili tim problemom (1, 4, 5, 6, 7, 8) na taj način da su određivali kriterije prema kojima se uspostavlja redoslijed odašiljanja proizvodnih naloga u proizvodnju, odnosno prema kojima se određivao prioritet pojedinih proizvodnih naloga. Na taj se način dobjalo različito trajanje proizvodnih ciklusa za istu skupinu proizvodnih naloga. Početna točka u tim istraživanjima bili su određeni parametri koji utječu na izvođenje procesa proizvodnje kao što su operativno vrijeme, broj operacija, količina posla do završetka izrade proizvodnog naloga i slično.

Osnova rješavanja problema određivanja rokova proizvodnje metodama određivanja prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga zapravo je zakon permutacije. Pravilima za određivanje redoslijeda pri odašiljanju proizvodnih naloga zapravo se određuje hoće li prije u proizvodnju krenuti proizvodni nalog A ili B, a s ciljem da ukupno trajanje proizvodnog ciklusa oba proizvodna naloga bude najmanje.

2. ZADAĆA ISTRAŽIVANJA

2. Aim of research

Kod planiranja proizvodnje ukupno trajanje ciklusa proizvodnje je parametar koji je od presudne važnosti pri ugovaranju pos-

lova, pri terminiranju i određivanju rokova isporuke. Što je ukupno trajanje ciklusa proizvodnje kraće to je i proizvod tvrtke konkurentniji na tržištu. Ukupno trajanje ciklusa proizvodnje može se skratiti ukoliko se promijeni redoslijed odašiljanja proizvodnih naloga u pogon. Stoga su određeni sljedeći ciljevi ovog rada:

1. Identificirati pojedina pravila određivanja prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga u proizvodnju;
 2. Usporediti promatrana pravila određivanja prioriteta s realnim podacima iz drvnoindustrijske prakse;
 3. Ustanoviti na koje se način iskazuju razlike između pojedinih pravila određivanja prvenstva pri odašiljanju proizvodnih naloga i realne prakse;
 4. Koja pravila određivanja prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga pokazuju najbolje rezultate u konkretnim uvjetima terminiranja, odnosno reterminiranja u promatranom pogonu;
 5. Istražiti mogućnosti skraćenja ciklusa proizvodnje pravilima određivanja prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga u pogone drvne industrije;
 6. Preporučiti pravilo koje daje najbolje rezultate za terminiranje, odnosno reterminiranje pri odašiljanju proizvodnih naloga za konkretne uvjete u promatranom pogonu.

3. METODE ISTRAŽIVANJA

3. Research methods

Istraženo je petnaest pravila za određivanje prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga u proizvodnju, od kojih je nekoliko novih ili modifikacija nekih od ranije poznatih pravila.

Način kojim se proizvodni nalazi odašilju u pogon u promatranoj tvornici namještaja poslužio je kao etalon s kojim je uspoređivano ostalih četrnaest pravila. Taj se način može nazvati postupnim načinom izvođenja proizvodnih naloga.

Istraživana pravila podijeljena su u dvije potpuno odvojene skupine čija je jedina spona postupni način izvođenja proizvodnih naloga, koji se nalazi u obje skupine kao etalon. Prvu su skupinu činila pravila za terminiranje, odnosno pravila kojima se određuje redoslijed proizvodnih naloga prije negoli oni krenu u pogon. Drugu su skupinu činila pravila za reterminiranje, odnosno pravila kojima se određuje novi redoslijed proizvodnih naloga koji se već nalaze u pogonu, a zbog nekog im je razloga bilo potrebno promijeniti redoslijed izvođenja. Skupinu pravila za termini-

ranje, uz postupni način izvođenja proizvodnih naloga, činila su sljedeća pravila:

- **KVO** - najkraće vrijeme operacije (pravilo prednosti daje proizvodnom nalogu koji ima najkraće vrijeme trajanja prve ili prvi faza obradbe) (SOT - Shortest Operation Time),
- **KVP** - najkraće vrijeme procesa (prednost kod tog pravila dobija proizvodni nalog sa sveukupno najkraćim trajanjem) (SPT - Shortest Processing Time),
- **DVP** - najduže vrijeme procesa (prednost dobija proizvodni nalog s najdužim trajanjem) (LPT - Longest Processing Time),
- **PDPR** - prvi stigao, prvi se izrađuje (prioritet se daje proizvodnom nalogu koji je najduže čekao da bude poslužen) (FCFS - First Come, First Served),
- **ZDPR** - prvi stigao, posljednji se izrađuje (suprotno od PDPR pravila (LCFS - Last Come, First Served) i
- **RI** - rok isporuke (prednost dobija proizvodni nalog koji prvi mora biti završen) (DD - Due Date).

Skupinu pravila za reterminiranje, uz postupni način izvođenja proizvodnih naloga, činila su još i pravila:

- **PBO** - preostali broj operacija (prednost dobija proizvodni nalog s najmanjim preostalim brojem operacija) (FOR - Fewest Number of Operations Remaining),
- **KP** - najmanja količina posla (prednost se daje na osnovi najmanje količine preostalog posla u postotnom iznosu) (LWR - Least Work Remaining),
- **KR** - kritična razlika (najmanja razlika između vremena do roka isporuke i preostalog vremena obradbe) (ST - Slack Time),
- **KO** - kritični omjer (najmanji omjer između vremena do roka isporuke i preostalog vremena obradbe) (CR - Critical Ratio),
- **SRVP** - statičko reguliranje, preostalo vrijeme procesa (prednost dobija proizvodni nalog s najmanjim omjerom između preostalog vremena obradbe i preostalog posla) (SS/PT - Static Slack, Remaining Processing Time),
- **SRBO** - statičko reguliranje, preostali broj operacija (najmanji omjer između preostalog vremena obradbe i preostalog broja operacija dobija prednost) (SS/RO - Static Slack, Remaining Number of Operations),
- **DRVP** - dinamičko reguliranje, preostalo vrijeme procesa (najmanji omjer između kritične razlike i preostalog vremena obradbe) (DS/PT - Dynamic Slack, Remaining Processing Time) i
- **DRBO** - dinamičko reguliranje, preostali broj operacija (najmanji omjer između kritične razlike i preostalog broja operacija)

DS/RO - Dynamic Slack, Remaining Number of Operations).

Svako od navedenih pravila određivanja prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga u pogon kvantificirana su ukupnim trajanjem proizvodnog ciklusa (T_c), koje je dobiveno uporabom Ganttovih dijagrama unaprijed i novouspostavljenim koeficijentom protoka metode (f_m). Taj koeficijent protoka metode bezdimenzionalan je broj koji pokazuje koliko je puta proizvodni ciklus prema pojedinom pravilu odašiljanja proizvodnih naloga duži od postupnog načina izvođenja operacija i može se prikazati sljedećom relacijom:

$$f_m = \frac{T_m}{T_n},$$

pri čemu je

f_m - koeficijent protoka metode,

T_m - trajanje proizvodnog ciklusa prema pojedinom pravilu određivanja redoslijeda proizvodnih naloga (vj),

T_n - trajanje proizvodnog ciklusa prema postupnom načinu izvođenja operacija (vj).

Osim ukupnim trajanjem proizvodnog ciklusa T_c te koeficijentom protoka metode f_m , svako je pravilo kvantificirano i standardnom devijacijom koeficijenta protoka metode (σf_m)

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4. Research results

Rezultati istraživanja za područje pravila za terminiranje prikazani su u sljedećim tablicama i na sljedećim grafikonima. U tablici 1. prikazana su ukupna trajanja proizvodnih ciklusa za svako pojedino pravilo određivanja redoslijeda pri odašiljanju proizvodnih naloga u pogon.

Prosječna ukupna trajanja proizvodnih ciklusa radi usporedbe rezultata prikazani su na slici 1.

Kod pravila za reterminiranje prosječna su trajanja ukupnih proizvodnih ciklusa poprimila vrijednosti prikazane na slici 2.

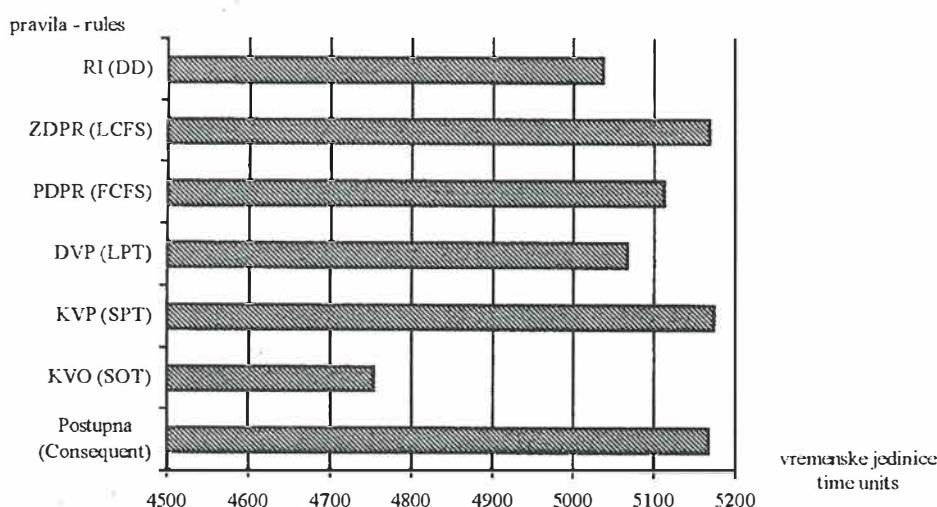
Vrijednosti koje su poprimila ukupna trajanja proizvodnih ciklusa za pravila reterminiranja prikazane su u tablici 2.

Rezultati usporedbe pojedinog pravila određivanja prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga u proizvodnju uporabom koeficijenta protoka metode f_m i njegove standardne devijacije σf_m prikazana je za pravila za terminiranje u tablici 3., a za pravila za reterminiranje u tablici 4.

| Skupina proizvodnih nalogi Group of production orders | Postupna Conse- quent | KVO SOT | KVP SPT | DVP LPT | PDPR FCFS | ZDPR LCFS | RI DD |
|---|--------------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|--------|
| 1. | 6 915 | 6 703 | 7 315 | 6 973 | 7 720 | 6 665 | 6 720 |
| 2. | 7 242 | - | 7 582 | 6 573 | 7 127 | 6 949 | 6 994 |
| 3. | 4 355 | - | 4 521 | 3 787 | 4 521 | 4 156 | 4 148 |
| 4. | 6 386 | 6 499 | 6 514 | 7 128 | 6 760 | 6 948 | 6 609 |
| 5. | 1 544 | - | 1 818 | 1 490 | 1 637 | 1 685 | 1 766 |
| 6. | 8 268 | 7 902 | 8 270 | 7 938 | 7 743 | 8 058 | 7 870 |
| 7. | 9 426 | - | 10 373 | 8 069 | 9 899 | 8 774 | 9 069 |
| 8. | 5 800 | - | 6 137 | 5 266 | 6 137 | 5 574 | 5 557 |
| 9. | 9 308 | 6 479 | 7 675 | 8 556 | 6 865 | 9 536 | 7 587 |
| 10. | 676 | 701 | 689 | 701 | 711 | 710 | 701 |
| 11. | 7 849 | - | 8 019 | 7 943 | 7 843 | 8 017 | 7 089 |
| 12. | 4 246 | - | 4 037 | 4 246 | 4 037 | 4 252 | 4 068 |
| 13. | 1 293 | 1 354 | 1 326 | 1 354 | 1 293 | 1 320 | 1 354 |
| 14. | 1 040 | - | 1 132 | 1 057 | 1 132 | 1 057 | 1 086 |
| 15. | 2 599 | - | 2 620 | 2 599 | 2 612 | 2 607 | 2 599 |
| 16. | 6 143 | 5 741 | 6 082 | 5 920 | 6 483 | 5 958 | 6 072 |
| 17. | 6 950 | 6 614 | 7 320 | 6 614 | 6 831 | 6 818 | 6 720 |
| 18. | 8 624 | - | 8 126 | 9 063 | 7 903 | 9 153 | 9 073 |
| 19. | 3 103 | 3 228 | 3 099 | 3 574 | 3 103 | 3 496 | 3 574 |
| 20. | 5 913 | 5 332 | 5 692 | 5 717 | 5 717 | 5 433 | 5 716 |
| 21. | 2 599 | - | 2 619 | 2 599 | 2 599 | 2 619 | 2 599 |
| 22. | 3 989 | - | 3 990 | 4 559 | 4 313 | 4 206 | 4 103 |
| 23. | 1 914 | - | 1 914 | 1 536 | 1 726 | 1 761 | 1 726 |
| 24. | 13 877 | - | 12 184 | 13 674 | 13 034 | 14 391 | 12 731 |
| 25. | 3 103 | 3 227 | 3 103 | 3 573 | 3 496 | 3 103 | 3 407 |
| 26. | 7 054 | - | 7 948 | 6 242 | 6 974 | 7 065 | 7 446 |
| 27. | 1 519 | - | 1 621 | 1 475 | 1 621 | 1 475 | 1 475 |
| 28. | 1 933 | 1 993 | 1 950 | 1 993 | 1 996 | 1 933 | 1 996 |
| 29. | 6 183 | 6 023 | 6 353 | 6 737 | 6 434 | 6 171 | 6 238 |

Tablica 1.

Ukupno trajanje proizvodnih ciklusa u vremenskim jedinicama prema pojedinom pravilu • Total production cycle duration in time units for particular rule

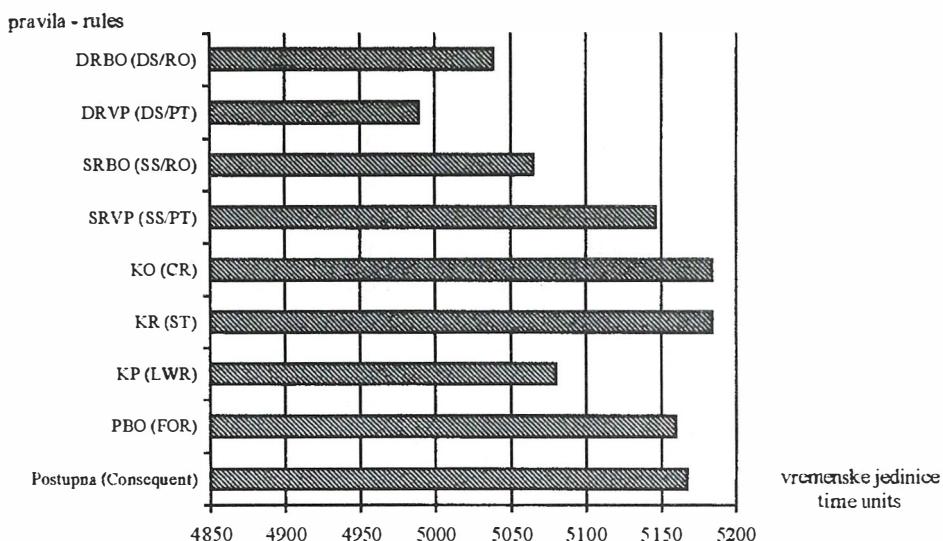


Slika 1.

Prosječna ukupna trajanja proizvodnih ciklusa (VJ) • Average total production cycle duration (TU)

Slika 2.

Prosječna ukupna trajanja proizvodnih ciklusa (VJ) • Average total production cycle duration (TU)



Tablica 2.

Ukupno trajanje proizvodnog ciklusa u vremenskim jedinicama prema pojedinom pravilu za reterminiranje • Total production cycle duration in time units for particular rescheduling rule

| Skupina proizv. naloga Product. order group | Postup. Conseq. | PBO FOR | KP LWR | KR ST | KO CR | SRVP SS/PT | SRBO SS/RO | DRV DS/PT | DRBO DS/RO |
|---|--------------------|------------|-----------|----------|----------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| 1. | 6 915 | 6 604 | 6 996 | 7 149 | 7 036 | 6 973 | 7 012 | 6 874 | 7 012 |
| 2. | 7 242 | 7 582 | 7 242 | 7 242 | 6 949 | 6 960 | 7 127 | 7 582 | 7 127 |
| 3. | 4 355 | 3 943 | 3 943 | 4 156 | 4 156 | 4 438 | 4 355 | 4 156 | 4 120 |
| 4. | 6 386 | 6 916 | 7 047 | 6 209 | 7 204 | 6 661 | 6 520 | 6 600 | 6 497 |
| 5. | 1 544 | 1 818 | 1 818 | 1 766 | 1 818 | 1 484 | 1 515 | 1 624 | 1 490 |
| 6. | 8 268 | 8 010 | 8 010 | 8 532 | 8 532 | 7 589 | 7 589 | 8 010 | 7 420 |
| 7. | 9 426 | 8 716 | 8 716 | 9 726 | 9 948 | 10 373 | 10 373 | 9 189 | 10 373 |
| 8. | 5 800 | 5 613 | 5 557 | 5 304 | 5 266 | 6 137 | 5 800 | 5 738 | 6 119 |
| 9. | 9 308 | 8 728 | 7 869 | 6 496 | 6 496 | 7 794 | 7 890 | 6 559 | 7 224 |
| 10. | 676 | 710 | 710 | 710 | 710 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| 11. | 7 849 | 8 167 | 7 615 | 7 794 | 7 708 | 8 459 | 7 512 | 7 096 | 7 819 |
| 12. | 4 246 | 3 957 | 4 023 | 4 037 | 4 037 | 4 237 | 4 299 | 4 192 | 4 254 |
| 13. | 1 293 | 1 366 | 1 366 | 1 320 | 1 366 | 1 367 | 1 367 | 1 326 | 1 367 |
| 14. | 1 040 | 1 059 | 1 075 | 1 062 | 1 072 | 1 124 | 996 | 1 138 | 1 062 |
| 15. | 2 599 | 2 612 | 2 599 | 2 599 | 2 599 | 2 620 | 2 599 | 2 599 | 2 599 |
| 16. | 6 143 | 5 507 | 5 752 | 6 377 | 5 936 | 6 377 | 6 072 | 5 730 | 5 777 |
| 17. | 6 950 | 7 244 | 7 244 | 6 831 | 6 831 | 6 585 | 6 508 | 7 244 | 6 585 |
| 18. | 8 624 | 9 043 | 8 875 | 8 512 | 8 126 | 8 202 | 8 268 | 7 800 | 8 126 |
| 19. | 3 103 | 3 574 | 3 103 | 3 574 | 3 496 | 3 574 | 3 228 | 3 496 | 3 496 |
| 20. | 5 913 | 6 210 | 5 494 | 6 477 | 6 477 | 5 717 | 5 359 | 5 872 | 5 139 |
| 21. | 2 599 | 2 619 | 2 612 | 2 619 | 2 619 | 2 599 | 2 599 | 2 619 | 2 599 |
| 22. | 3 989 | 4 433 | 4 621 | 4 252 | 4 252 | 4 231 | 3 989 | 4 056 | 4 056 |
| 23. | 1 914 | 1 644 | 1 560 | 1 825 | 1 825 | 1 914 | 1 825 | 1 825 | 1 825 |
| 24. | 13 877 | 13 782 | 13 722 | 14 850 | 14 850 | 12 511 | 12 917 | 13 232 | 12 752 |
| 25. | 3 103 | 3 103 | 3 103 | 3 407 | 3 407 | 3 407 | 3 496 | 3 227 | 3 573 |
| 26. | 7 054 | 6 845 | 6 724 | 7 588 | 7 588 | 7 067 | 7 073 | 6 463 | 7 067 |
| 27. | 1 519 | 1 475 | 1 475 | 1 475 | 1 577 | 1 621 | 1 519 | 1 475 | 1 519 |
| 28. | 1 933 | 2 044 | 1 993 | 1 993 | 1 993 | 1 950 | 2 064 | 1 996 | 2 064 |
| 29. | 6 183 | 6 312 | 6 451 | 6 460 | 6 460 | 6 568 | 6 313 | 6 264 | 6 339 |

| Pravilo Rule | KVO SOT | KVP SPT | DVP LPT | PDPR FCFS | ZDPR LCFS | RI DD |
|-----------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-------|
| f_m | 0,969 | 1,017 | 0,992 | 1,008 | 1,003 | 0,996 |
| σ_{fim} | 0,095 | 0,068 | 0,088 | 0,077 | 0,050 | 0,071 |

Tablica 3.
Vrijednosti koeficijenta protoka metode za pravila za terminiranje • Method flow coefficients for scheduling rules

| Pravilo Rule | PBO FOR | KP LWR | KR ST | KO CR | SRVP SS/PT | SRBO SS/RO | DRVDP DS/PT | DRBO DS/RO |
|--------------|---------|--------|-------|-------|------------|------------|-------------|------------|
| f_m | 1,009 | 0,995 | 1,013 | 1,017 | 1,015 | 0,994 | 0,989 | 0,995 |
| σf_m | 0,074 | 0,078 | 0,083 | 0,088 | 0,067 | 0,058 | 0,076 | 0,077 |

Tablica 4.
*Vrijednosti
 koeficijenta protoka
 metode za pravila za
 reterminiranje • Method
 flow coefficients for
 rescheduling rules*

5. DISKUSIJA O REZULTATIMA IS-TRAŽIVANJA

5. Discussion

U jednom od prethodnih poglavlja napomenuto je da su za određene metode korištene različite varijante. Prije svega to se odnosi na RI metodu, kod koje postoji dvojna varijanta izračuna ukupnog trajanja ciklusa proizvodnje. Prema jednoj varijanti rok isporuke služi samo kao obračunska veličina i prema njemu se Ganttovim dijagramom unaprijed određuje ukupno trajanje ciklusa proizvodnje. Druga varijanta uzima rok isporuke kao fiksnu vrijednost od koje se Ganttovim dijagramom unatrag određuje datum početka izrade pojedinog proizvodnog naloga (ovim se načinom uglavnom služe metode određivanja rokova isporuke u novim proizvodnim koncepcijama). U ovom je radu upotrijebljena prva varijanta zbog mogućnosti usporedbi rezultata s ostalim metodama određivanja redoslijeda pri odašiljanju proizvodnih naloga u pogon.

Druga metoda na koju se odnosi prethodno navedena tvrdnja je KVO metoda, koja ima postavljene uvjete za rad u tri faze obradbe ($t_{ijmin} \geq t_{ijmax}$, ili $t_{ijjmin} \geq t_{ijmax}$). Budući da su u promatranim slučajevima radilo o radu u pet faza obradbe, bilo je potrebno uspostaviti novu metodu, koja se zasniva na načelima SOT metode (Johnsonova metoda za dvije faze, odnosno Vila-Horvatecova metoda za tri faze obradbe). Tom, novouvedenom KVO (najkraće vrijeme operacije) pokušalo se SOT metodu prilagoditi za rad sa više od tri faze obradbe na taj način da se veći broj faza obradbe sintezom pojedinih faza dobiju dvije, odnosno tri faze obradbe i pravilima SOT metode dobio redoslijed odašiljanja proizvodnih naloga u pogon. U određenom broju slučajeva (šesnaest od dvadesetdevet) sintezom pojedinih faza obradbe dobivene su takve vrijednosti za tri faze koje nisu zadovoljavale postavljene uvjete KVO metode za tri faze obradbe, pa zbog toga postoje rezul-

tati samo za trinaest skupina proizvodnih naloga.

Na prvi je pogled vidljivo da najveće skraćenje proizvodnog ciklusa, i u absolutnom i u relativnom iznosu, pokazuje KVO metoda za devetu skupinu proizvodnih naloga. Za tu je skupinu proizvodnih naloga skraćenje ukupnog trajanja proizvodnog ciklusa iznosilo 2 829 vremenskih jedinica (ovdje norma-sati) u absolutnom iznosu, što u relativnom iznosu daje skraćenje ciklusa proizvodnje za gotovo nevjerojatnih 30,4%. Slične su rezultate za istu skupinu proizvodnih naloga pokazale metode PDPR (2 443 vremenske jedinice, odnosno 26,2%), RI (1 721 vremensku jedinicu, odnosno 18,5%) i KVP (1 633 vremenske jedinice, odnosno 17,5% u relativnom iznosu). Rezultati približnih vrijednosti u absolutnim iznosima dobiveni su i za dvadesetičetvrtu skupinu proizvodnih naloga, gdje je KVP metoda dostigla rezultat od 1 693 vremenske jedinice skraćenja proizvodnog ciklusa, što iznosi 12,2%. Za sedmu skupinu proizvodnih naloga DVP metodom dobiveno je skraćenje proizvodnog ciklusa od 1 357 norma-sati, što daje 14,4% skraćenja ciklusa. U usporedbi sa dosad navedenim rezultatima, skraćenje ciklusa od 378 sati u absolutnom iznosu koji je dobiveno DVP metodom za dvadesetitreću skupinu nije veliko, no ako se napomene da je to u relativnom iznosu 19,7%, tada i taj rezultat dobiva na težini.

Kad se govori o absolutnim i relativnim iznosima skraćenja potrebno je napomenuti da nijedno produljenje ciklusa u absolutnim iznosima ne prelazi tisuću vremenskih jedinica, a najveće produljenje iznosi 947 vremenskih jedinica koje je postigla KVP metoda za sedmu skupinu proizvodnih naloga, što daje relativno produljenje proizvodnog ciklusa od 10%. Slično produljenje, koje je u relativnom iznosu najveće (15,2%), pokazale su metode DVP i RI za devetnaestu skupinu proizvodnih naloga (471 vremenska jedinica), te DVP metoda za

dvadesetipetu skupinu proizvodnih naloga (470 vremenskih jedinica, 15,1%).

Ni za jednu metodu terminiranja nije moguće reći da je apsolutno najbolja za određivanje redoslijeda pri odašiljanju proizvodnih naloga u pogon. Naime, svaka od promatranih metoda daje u pojedinim slučajevima skraćenje, a u pojedinim slučajevima produljenje proizvodnih ciklusa. Tako se može reći da su metode KVO i RI metode koje su u najviše slučajeva dale skraćenje proizvodnog ciklusa (KVO - 53,85%, RI - 51,72%). To su ujedno i jedine metode za terminiranje koje su pokazale skraćenje proizvodnog ciklusa za više od 50% skupina proizvodnih naloga.

Ranije je navedeno da je koeficijent protoka metoda fm koeficijent koji najvjernije pokazuje valjanost pojedine metode određivanja redoslijeda pri odašiljanju proizvodnih naloga u pogon, kako za terminiranje, tako i za reterminiranje. Uzme li se u obzir prosječna vrijednost koeficijenta protoka metode za šest metoda za terminiranje, može se vidjeti da najbolje rezultate daje KVO metoda, čiji prosječni fm iznosi 0,969. Osim KVO metode, još dvije metode daju skraćenje prosječnog ciklusa proizvodnje. To su DVP i RI metode, čiji su prosječni koeficijenti protoka metode 0,992 za DVP metodu i 0,996 za RI metodu. To ujedno znači da je prosječno skraćenje ciklusa proizvodnje za KVO metodu oko 3,1%.

Koeficijent protoka metode potrebno je promatrati zajedno s njegovom standardnom devijacijom. Naime, standardna devijacija srednjeg koeficijenta protoka metode mjera je rasipanja rezultata oko njihove srednje vrijednosti. Stoga je logično zaključiti da je rasipanje podataka oko srednje vrijednosti fm za KVO metodu prilično veliko (0,095), dok je za sve ostale metode fm manji od te vrijednosti. Najmanji je za ZDPR metodu i iznosi 0,050 za srednju vrijednost koeficijenta protoka metode od 1,003. Što se tiče metoda koje daju prosječno skraćenje ciklusa proizvodnje, najmanja vrijednost standardne devijacije prosječnog koeficijenta protoka je kod RI metode (0,071), čiji je fm najveći od onih koji još daju skraćenje (0,996).

U drugom dijelu ovog istraživanja bile su promatrane metode određivanja prioriteta pri reterminiranju proizvodnje. Naime, radi se o metodama kojima se nanovo određuje redoslijed proizvodnih naloga koji su već u procesu proizvodnje, ali im se iz bilo kojeg razloga mora promijeniti redoslijed. Razlozi koji mogu dovesti do promjene redoslijeda mogu biti različiti. Jedan od razloga može biti

kvar nekog stroja ili grupe strojeva, problemi u pojedinoj fazi obradbe, problemi sa čekanjem na podešavanje strojeva za novi proizvod ili neki novi, hitni proizvodni nalog.

Govori li se o ukupnom trajanju ciklusa proizvodnje, koju kao rezultat određenog redoslijeda izvođenja proizvodnih naloga u pogonu pokazuje svaka pojedina metoda, može se vidjeti da se kreću od 676 (zadesetu skupinu proizvodnih naloga) do 14 850 vremenskih jedinica (za dvadesetičetvrtu skupinu proizvodnih naloga). Mnogo su, međutim, zanimljivije razlike koje su postigнуте uporabom pojedine metode za reterminiranje.

Skraćenje ukupnih proizvodnih ciklusa promatrane su metode pokazale u 93 od 232 slučaja, odnosno u 40,09% slučajeva. U 20 je slučajeva trajanje ciklusa proizvodnje prema pojedinoj metodi bilo jednak postupnom načinu izvođenja proizvodnih naloga što iznosi 8,62%. U ostalim je slučajevima došlo do produljenja proizvodnog ciklusa.

U najviše slučajeva, petnaest, skraćenja ciklusa postigla je DRVP metoda. To je ujedno i jedina metoda koja je postigla skraćenje ciklusa proizvodnje u više od 50% slučajeva (točnije 51,72%). Dobre su rezultate postigle još i metode KP (44,83% slučajeva) te PBO, SRBO i DRBO metoda sa 41,38% slučajeva.

U apsolutnim su veličinama najveće skraćenje ciklusa proizvodnje dostigle metode KR i KO sa 2 812 vremenskih jedinica za devetu skupinu proizvodnih naloga, a približno dobar rezultat postigla je i DRVP metoda sa 2 749 vremenskih jedinica, odnosno norma-sati.

U relativnim iznosima iste su vrijednosti ujedno i najveće. Naime, skraćenje ciklusa proizvodnje od 2 812 vremenskih jedinica, koje su postigle KR i KO metode, iznosi vrlo visokih 30,2% u odnosu na način određivanja redoslijeda u promatranom pogonu. DRVP metoda je postigla skraćenje od visokih 2 749 vremenskih jedinica što relativno iznosi 29,5%. Zanimljivo je napomenuti da su najveća skraćenja proizvodnog ciklusa postignuta kod devete skupine proizvodnih naloga. Kao velike vrijednosti skraćenja mogu se kod devete skupine proizvodnih naloga istaknuti i 2 084 vremenske jedinice DRBO metode, 1 514 vremenskih jedinica SRVP metode, 1 439 vremenskih jedinica KP metode i 1 418 vremenskih jedinica SRBO metode.

U apsolutnom iznosu visoke vrijednosti skraćenja dobivene su i kod dvadesetičetvrtne skupine proizvodnih naloga. Kod ove su skupine SRVP metoda sa 1 366 vre-

menskih jedinica i DRBO metoda sa 1 125 norama-sati pokazali dobre rezultate. Zanimljivo je da se kod ove metode mogu vidjeti i, u apsolutnom iznosu, najveća produljenja proizvodnih ciklusa (KR i KO metoda sa produljenjem ciklusa od 973 vremenske jedinice, što u relativnom iznosu daje 7% produljenja). Relativno to, međutim, nisu i najveća produljenja proizvodnih ciklusa. Takva je vrijednost 17,7% produljenja ciklusa kod pete skupine proizvodnih naloga za metode PBO, KP i KO (u apsolutnom iznosu 274 vremenske jedinice).

Promotre li se prosječne vrijednosti koeficijenta protoka metode za reterminiranje, može se vidjeti da su od osam promatranih metoda, njih četiri pokazale prosječni fm manji od jedan. To su metode KP, SRBO, DRVP i DRBO. Najveće prosječno skraćenje ciklusa (1,1 %), odnosno najmanji prosječni koeficijent protoka metode od 0,989 pokazala je DRVP metoda. SRBO metoda ima srednji fm od 0,994, dok su metode KP i DRBO pokazale prosječni fm od 0,995.

Standardne devijacije prosječnog koeficijenta protoka metode za promatrane metode reterminiranja najmanje su kod metoda SRBO (0,058) i SRVP (0,067). Ostale su metode ostvarile cfm između 0,074 za PBO metodu i 0,088 za KO metodu.

Međutim, potrebno je napomenuti da to nije i jedini cilj uporabe ovih metoda. Budući da se u današnjoj proizvodnji i poslovanju sve aktivnosti koje se poduzimaju svode na finansijski efekt, jasno je i da se skraćenjem ciklusa može, isto tako, i smanjiti troškove u proizvodnji. Osnovna je ideja današnjeg načina poslovanja smanjiti troškove i povećati dobit tvrtke različitim racionalizacijama i aktivnostima za povećanje kvalitete proizvoda, proizvodnje i poslovanja, što propagiraju i nove proizvodne koncepcije, prije svih JIT/TQC i LEAN, ali i MRP II. Jedna je od racionalizacija i uporaba ovih pravila za terminiranje, odnosno za reterminiranje.

Rad će se zasnovati na podjeli troškova na direktnе i indirektnе budући da se najveći broj kalkulacija u drvoindustrijsim tvrtkama temelji na direktnim troškovima. Direktne troškove чine troškovi koji se izravno odnose na određeni učinak ili mjesto troška, pa u tu kategoriju pripadaju: troškovi materijala izrade, troškovi plaća izrade, troškovi direktnih usluga i amortizacija obračunata prema funkcionalnom sustavu. Posebnu pažnju u ovom radu pridat će se plaćama izrade, budућi da je za njihovo dobijanje uz vrijednost pojedinog norma-sata, potrebno znati i trajanje ukupnog procesa

proizvodnje, što je osnovni rezultat ovih istraživanja.

Ostali direktni troškovi nisu u ovom slučaju promjenjivi, budući da su troškovi materijala isti bez obzira na trajanje ciklusa proizvodnje, a isti je slučaj i sa troškovima direktnih usluga i sa troškovima amortizacije prema funkcionalnom sustavu.

Suma plaća izrade, koju je kao trošak moguće smanjiti uporabom metoda za određivanje prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga u pogon, izračunava se prema sljedećoj jednadžbi:

$$\Sigma \text{ plaća izrade} = \Sigma \text{ bruto satnica} \times \Sigma \text{ broj sati}$$

U promatranom pogonu bruto satnica je iznosila 10 nj/vj (novčana jedinica = 3,56 kn na dan 10. lipnja 1995.). Da bi se prikazala ušteda, odnosno smanjenje troškova do kojeg se dolazi uporabom prethodno prikazanih metoda za određivanje prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga u proizvodnju, prikazat će se samo jednim primjerom.

U području metoda za terminiranje na-
jveće skraćenje proizvodnog ciklusa
pokazala je za devetu skupinu proizvodnih
nalogu metoda KVO i to je skraćenje iznosilo
2 829 vremenskih jedinica (norma-sati).
Budući da je već ranije navedeno da je bruto
satnica pogona iznosila u vrijeme is-
traživanja 10 novčanih jedinica po vremen-
skoj jedinici, jasno je da je ušteda, odnosno
smanjenje troškova samo za tu skupinu
proizvodnih naloga iznosilo 28 290 novčanih
jedinica, odnosno 103 258,50 kn.

Kako je prethodni primjer ekstremni, budući da se radi o ekstremnom skraćenju proizvodnog ciklusa od preko 30%, da bi se dobila realnija slika za svih dvadesetidevetske skupine proizvodnih naloga, sljedeći će primjer biti za prosječno trajanje proizvodnog ciklusa za KVO metodu. Prosječno skraćenje ciklua prema KVO metodi iznosi 3,1%. Uzme li se da prosječno ciklus proizvodnje traje 5 090,31 vremensku jedinicu, a prema KVO metodi njegovo trajanje iznosi 4 753,74 vremenskih jedinica, tada je trošak smanjen za 336,57 vremenskih jedinica, odnosno 3 365,70 novčanih jedinica (12 284,81 kn po skupini proizvodnih naloga).

6. ZAKLJUČAK

6. Conclusion

Prema svim relevantnim pokazateljima za metode za terminiranje može se doći do zaključka da je dobra odluka terminiranje obavljati uz uporabu KVO metode, jer ona prosječno daje najkraći ciklus proizvodnje i najmanji koeficijent protoka, iako uz na-

jveće raspisanje podataka oko srednje vrijednosti f_m . Uz navedenu metodu potrebno je, svakako, uzeti u razmatranje i ostale metode, jer se jasno vidi da u određenim slučajevima KVO metoda nije mogla biti uporabljena ili je dala loše rezultate, dok su druge metode pokazale bolje rezultate. U prilog tome ide i činjenica da nijedna metoda za terminiranje nije za sve skupine proizvodnih naloga dala skraćenje ciklusa proizvodnje.

Iz podastrijetih se rezultata može zaključiti da bi za reterminiranje u promatranom pogonu najpogodnija odluka bila uporabiti DRVP metodu ili metodu SRBO zbog najmanjih koeficijenata protoka metode i njihovih standardnih devijacija.

Promatrane bi metode određivanja prioriteta, bez obzira na koncepcije upravljanja proizvodnjom i poslovanjem, bilo potrebno uvesti i u drvnoindustrijske pogone u nas, s obzirom da bi jednostavnom primjenom mogli postići zadovoljavajuće rezultate i uštede pri planiranju i upravljanju proizvodnjom. U prijašnjem sustavu određivanje rokova i njihovo strogo pridržavanje nije bilo potebno i uposleni u području planiranja i terminiranja proizvodnje nisu se bavili tim problemom. Drugi je razlog što zbog nepoznavanja materije ili straha od nečeg novog nije bilo dovoljno zanimanja za metode određivanja prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga, pa su stoga one uvjek ostale postrani zbijanja u tehnološkoj i operativnoj pripremi proizvodnje. Treći je razlog što se uvođenjem računalske tehnologije u pripremu proizvodnje uporabom jednostavnijih računalskih programa (uglavnom osobne izrade s ciljem sređivanja finansijskog poslovanja i s vrlo malo programa veznih za proizvodnju) planiranje počelo odvijati u drugom smjeru. Računalskih programa za uporabu ovih metoda još uvjek na našem tržištu nema, a oni su vrlo rijetki i u svjetskim razmjerima, pa su stoga razmišljanja u tvrtkama da te metode ne mogu pridonijeti poboljšanjima, ili su uposleni vrlo skeptični prema njima.

Ovaj je rad, zbog svih navedenih razloga, pokušaj da se drvnoindustrijskoj praksi još više približe promatrane metode koje omogućuju racionalizacije i uštede u proizvodnji i poslovanju. Nastavak bi se istraživanja trebao kretati u pravcu implementiranja istraživanih metoda određivanja prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga u drvnoindustrijske pogone u nas, čime bi oni postali konkurentniji na svjetskom i domaćem tržištu. Osim toga, sljedeći je

korak u istraživanjima uspostavljanje i provjera kvalitete računalskog programa koji bi sadržao promatrane metode određivanja prioriteta za odašiljanje proizvodnih naloga, čija je izrada u tijeku.

Na osnovi provedenog istraživanja te na temelju prikazanih rezultata i zaključaka može se postaviti osnovni doprinos ovog rada znanosti vezane za drvnu tehnologiju. To su:

- nova metoda za određivanje prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga u proizvodnju - KVO,
- potpuna afirmacija koeficijenta protoka metoda f_m , kojeg je autor ovog rada uspostavio u svojim prethodnim istraživanjima,
- implementiranje promatranih metoda za određivanje prioriteta pri odašiljanju proizvodnih naloga u proizvodnju u nove koncepcije upravljanja proizvodnjom i poslovanjem u drvnoj industriji.

7. LITERATURA

7. References

1. Evans, J. R. 1993: APPLIED PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT, West Publishing Company, Minneapolis
2. Figurić, M. 1990: UPRAVLJANJE KAPACITETIMA U DRVNOJ INDUSTRII, Zbornik radova "Upravljanje proizvodnim sistemima u drvnoj industriji", Šumarski fakultet Zagreb, Zavod za istraživanje u drvnoj industriji, Tehnički centar za drvo, PZ Exportdrvo, Novi Vinodolski
3. Jelačić, D. 1993: ODREĐIVANJE SKRAĆENJA PROIZVODNOG CIKLUSA KOEFICIJENTOM PROTOKA METODE, Proizvodni sustavi u drvnoj industriji III, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 59-73
4. Krajewski, L. J.; Ritzman, L. P. 1993: OPERATIONS MANAGEMENT: STRATEGY AND ANALYSIS, Addison-Wesley Publishing Co., Reading
5. Meredith, J. R. 1992: THE MANAGEMENT OF OPERATIONS: A CONCEPTUAL EMPHASIS, J. Wiley & Sons Inc., New York
6. Nanot, Y. R. 1963: AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND COMPARATIVE EVALUATION OF PRIORITY DISCIPLINES IN JOB SHOP-LIKE QUEUEING NETWORKS, Management Sciences Research Report No. 87, UCLA
7. Stevenson, J. W. 1993: PRODUCTION/OPERATIONS MANAGEMENT, Rochester Institute of Technology, Irwin, Homewood
8. Vila A.; Leicher, Z. 1983: PLANIRANJE PROIZVODNJE I KONTROLA ROKOVA, Informator, Zagreb