

UDK: 65.012.122

Izvirni znanstveni članek (Original Scientific Paper)

Simulacija stroškov za izbor fleksibilnih proizvodnih sistemov

Cost simulation for choosing the flexible production systems

Franc BIZJAK*, Ana RIHTAR**

Povzetek

Simulacija stroškov je lahko pomembno orodje pri izbiri proizvodnih sistemov, ki zagotavljajo minimalne stroške. V prispevku so opisane možnosti in model simulacije stroškov, ki upošteva storilnost, fleksibilnost in organiziranost tehnologije, odvisno od stroškov. Ta omogoča izbiro proizvodnih sistemov, s katerimi ob enakih drugih pogojih, kot so kakovost in dobavni roki, izberemo optimalen proizvodni sistem.

Abstract

Cost simulation can be an important instrument for choosing production system, which guarantees minimal costs. In the article possibilities and cost simulation model, which counts on productiveness, flexibility and technology organisation, in dependence of costs, are described. This model enables choosing of the productional systems with which at equal other conditions, like quality and delivery times, we can choose the optimal production system.

Ključne besede: simulacija, stroški, fleksibilni proizvodni sistem

Keywords: simulaton, costs, flexible production system

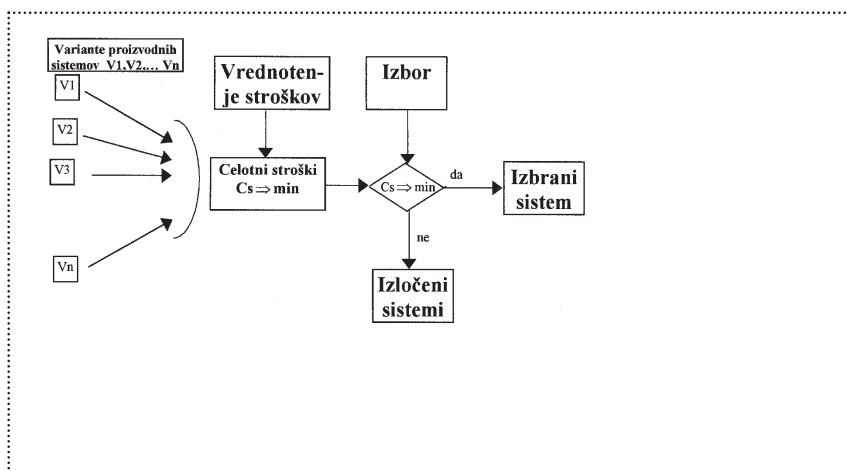
1. Problem

Sodobna tehnika in organizacija nudita številne možnosti proizvodnje, torej možnost različnih proizvodnih sistemov, ki se ob enaki kakovosti proizvodnje in enakih dobavnih rokih razlikujejo le po stroških proizvodnje. Gledano ekonomsko, je seveda smotrno oblikovati take proizvodne sisteme, ki zagotavljajo proizvodnjo z minimalnimi stroški. Problem simulacije stroškov za te potrebe torej lahko predstavimo tako, kot kaže slika 1.

Pri tem na minimiziranje stroškov najbolj vpliva:

- storilnost tehnologije in proizvodnega sistema,
- fleksibilnost proizvodnega sistema,
- organizacija tehnologije.

Poglejmo najprej, kakšne so te odvisnosti, nato pa, kako je mogoče simulirati stroške za izbor ustreznega proizvodnega sistema.



Slika 1. Problem simulacije stroškov

2. Proizvodnost tehnologije in stroški

Kot že vemo, bolj proizvodna tehnologija troši manj nekaterih spremenljivih prvin (V_s) proizvodnega procesa, zato je običajno zanjo značilno, da povzroča nižje spremenljive stroške. Hkrati pa taka tehnologija troši več stalnih prvin (V_t), zaradi česar je nabavna vrednost te tehnologije večja; ta pa pogojuje višje stalne stroške (F_s).

Če primerjamo stroške med bolj proizvodnim in manj proizvodnim sistemom, dobimo:

za tehnološki sistem (1):

$$Cs1 = Fs1 + Vs1, \quad (1)$$

$$Vs1 = vs1 \times p, \quad (2)$$

kjer je

$Cs1$ = celotni stroški sistema 1,
 $Fs1$ = stalni stroški sistema 1,

* prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina, C. VIII/34, 1000 Ljubljana

** mag., Srednja lesarska šola Maribor, Lesarska pot 2, 2000 Maribor

$Vs1$ = spremenljivi stroški sistema 1,
 $vs1$ = spremenljivi stroški za enoto sistema 1,
 p = obseg proizvodnje;

za tehnološki sistem (2):

$$Cs2 = Fs1 + Vs2, \quad (3)$$

$$Vs2 = vs2 \times p. \quad (4)$$

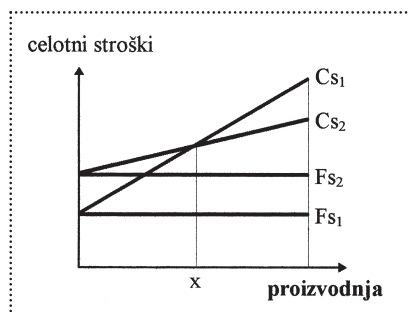
Oznake imajo isti pomen kot pri sistemu (1), le da se nanašajo na sistem (2). Če stroške prikazemo grafično, dobimo sliko 2. Kot vidimo, se v točki (x) stroški izenačijo. To omogoča izbor primernega sistema:

$$p > x \quad (5)$$

Primernejši je tehnološki sistem (2).

$$p < x \quad (6)$$

Primernejši je proizvodni sistem (1).



Slika 2. Primerjava stroškov bolj ali manj proizvodnega tehnološkega sistema

Točko (x), to je točko, v kateri je obseg proizvodnje tak, da zagotavlja pri obeh sistemih enake stroške, lahko dobimo:

$$Cs1 = Cs2 \quad (7)$$

$$Fs1 + vs1 \times p = Fs2 + vs2 \times p \quad (8)$$

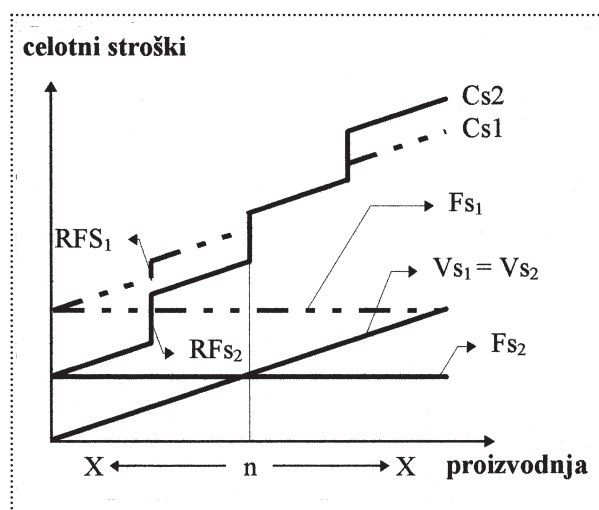
$$p = \frac{Fs2 - Fs1}{vs1 - vs2} = (x) \quad (9)$$

Poimenujmo to točko točko enake sprejemljivosti.

3. Prilagodljivost tehnologije in stroški (prim. Bizjak 1990)

Vzemimo dve tehnologiji, ki se medsebojno razlikujeta po prilagodljivosti, trošita torej različne količine prvin za

pripravo zmogljivosti (Vik), zaradi česar nastajajo različni stroški priprave zmogljivosti (RFS). Kot vemo, ti stroški v času priprave zmogljivosti skokovito narastejo. Tehnologiji se razlikujeta tudi po nabavni vrednosti, saj je običajno prilagodljivejša tehnologija dražja; to pa pogojuje tudi večje stalne stroške (Fs). Predpostavimo, da sta tehnologiji enako proizvodni, zaradi česar trošita enake količine spremenljivih, potrošnih prvin (Vis), posledica tega so enaki spremenljivi stroški (Vs). Če označimo prilagodljivejši tehnološki sistem z (1) in stroške za primerjana sistema narišemo, dobimo naslednjo sliko:



Slika 3. Primerjava stroškov bolj ali manj prilagodljive tehnologije

Pri tem je:

$RFS1$ = omejeno stalni stroški sistema (1), strošek pripravljenosti zmogljivosti,

$RFS2$ = omejeno stalni strošek tehnološkega sistema (2), strošek pripravljenosti zmogljivosti.

Matematično razlago za tako gibanje stroškov primerjanih sistemov pa vidimo iz naslednjih odnosov:

$$Fs1 > Fs2 \quad RFS2 > RFS1 \quad (10)$$

$$Cs2 = Fs2 + Vs2 + RFS1 \times n \quad (11)$$

$$Cs1 = Fs1 + Vs1 + RFS1 \times n \quad (12)$$

$$Cs2 \geq Cs1$$

pri $x = 1$ do 100 % izkoriščenosti zmogljivosti, oziroma obsega proiz-

vodnje (p),
 n = število nastavitev.

Zaradi manjše prilagodljivosti tehnološkega sistema (2) je potrebno, na primer, pri nastavljanju več časa in dela, iz česar izhajajo višji stroški dela in višji stroški amortizacije v času, ko tehnološki sistem preurejamo v primerjavi s primerjanim tehnološkim sistemom (1).

Razlika med omejeno stalnimi stroški (RFS) primerjanih sistemov vpliva na to, da se pri višjih naložbah v tehnološki sistem (1) pri enaki proizvodnosti in določenem obsegu proizvodnje ce-

lotni stroški (Cs) primerjanih sistemov izenačijo, če je le število nastavitvev (n) dovolj veliko. V točki enakih celotnih stroškov, to je točki, kjer ni diferenčnih stroškov $Cs1 = Cs2$, namreč velja:

$$Fs1 - Fs2 = (RFS2 - RFS1) \times n. \quad (13)$$

Iz tega izhaja potrebno število nastavitvev (n)

$$n = \frac{Fs1 - Fs2}{RFS2 - RFS1} \quad (14)$$

Pri enaki proizvodnosti primerjanih tehnoloških sistemov torej lahko trdimo, da bodo celotni stroški ($Cs1$) manjši od ($Cs2$), ($Cs1 < Cs2$), če je dejansko potrebno število nastavitvev stroja (x) večje od izračunanega (n), ($x > n$). V tem primeru bo ugodneje uporabljati tehnološki sistem (1).

V primeru, ko je dejansko potrebno število nastavitvev stroja (x) manjše od izračunanega (n), ($x < n$), bodo pri enaki proizvodnosti celotni stroški tehnološkega sistema (1) ($Cs1$) višji od celotnih stroškov sistema (2), zato bo ugodneje uporabljati tehnološki sistem (2).

Učinkovitost primerjanih tehnoloških

sistemov bo torej odvisna, poleg drugih proizvodnih pogojev, predvsem od števila menjav serij, od velikosti serije, oziroma od prilagodljivosti. Glede na navedeno je torej razumljivo, da se v maloserijski in posamični proizvodnji uveljavljajo sodobni, zelo fleksibilni tehnološki sistemi, v velikoserijski proizvodnji pa je zaradi nekoliko nižjih (še vedno) naložb konvencionalnih tehnoloških sistemov še vedno smotrnejše uporabljati le-te. Navedena primerjava velja le za avtomatizirane tehnološke sisteme, saj le za te velja, da imajo približno enako proizvodnost. Drugačno stanje bi namreč lahko ugotovili, če bi opravili primerjavo med sodobnimi tehnološkimi sistemi (avtomatiziranimi) in bolj ali manj mehanskimi tehnološkimi sistemi, ki se v maloserijski proizvodnji uporabljajo (univerzalni stroji). Razlike bi v tem primeru bile predvsem zaradi različnih proizvodnosti.

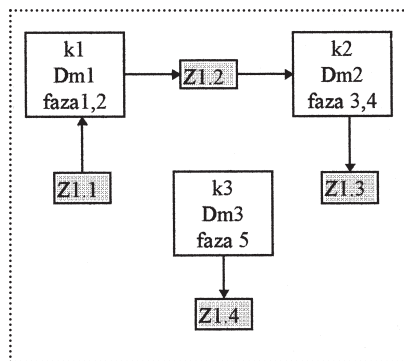
4. Organiziranost tehnologije in stroški

Različna tehnologija in tudi različna organizacija zahtevata ne le različno proizvodnost, temveč tudi različno vezavo sredstev v proizvodnji, torej obratna sredstva; to pa posebno obliko stroškov pripravljenosti zmogljivosti (Svs), to je stroške vezave sredstev. Glede na pomemben delež teh stroškov v strukturi cene v lesni industriji je razumljivo, da moramo te stroške upoštevati kot odločujoče stroške pri izboru sistemov.

Poglejmo, kako se oblikujejo zaloge in prek teh tudi vezava sredstev v proizvodnji za naslednje osnovne načine organizacije tehnologije:

- * proizvodnja na posamičnih medsebojno nepovezanih tehnoloških sistemih,
- * proizvodnja na linijah,
- * proizvodnja na večstopenjskih obdelovalnih strojih.

V prvem primeru je za tovrstno organizacijo značilen naslednji tok materiala:



Slika 4. Zaloge materiala pri delu na posamičnih tehnoloških sistemih

Oznake pomenijo:

Dm1 = delovna mesta,

Zi = zaloge materiala, izdelkov in polizdelkov,

ki = zmogljivosti.

Skupne zaloge v tem primeru so:

$$Zk1 = Z11 + Z12 + Z13 + Z14. \quad (15)$$

Za to proizvodnjo je običajno značilna neusklajenost zmogljivosti, saj je pogosto organizirana na bolj ali manj univerzalnih strojih. To pa je tudi osnovni vzrok, da so v proizvodnji velike medfazne zaloge in s tem tudi vezana razmeroma velika sredstva. Za zmogljivosti (k) torej velja:

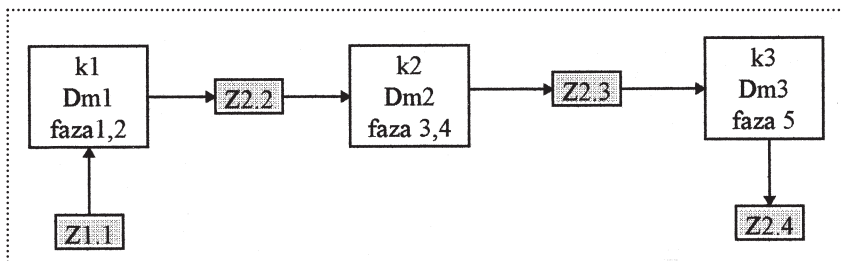
$$k1 \neq k2 \neq k3. \quad (16)$$

V drugem primeru je za tovrstno organizacijo značilen tok materiala, kot ga kaže slika 5.

Skupne zaloge pa so v tej organizaciji tehnologije:

$$Zk2 = Z21 + Z22 + Z23 + Z24 \quad (17)$$

Za to proizvodnjo je značilno, da so zmogljivosti medsebojno okvirno usklajene, zato velja:

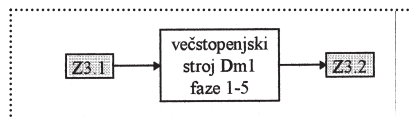


Slika 5. Tok materiala pri linijski proizvodnji

$$k1 \approx k2 \approx k3. \quad (18)$$

Temu primerno so manjše tudi zaloge materiala v proizvodnji, s čimer je tudi vezava sredstev manjša.

V tretjem primeru je za tok materiala značilna naslednja pot:



Slika 6. Pretok materiala na večstopenjskih obdelovalnih strojih

Skupne zaloge pa so:

$$Zk3 = Z31 + Z32. \quad (19)$$

Na večstopenjskem stroju izvedemo vse operacije, zato medfaznih zalog ni pa tudi neusklajenosti zmogljivosti ni. Tako lahko v tem primeru pričakujemo manjšo vezavo sredstev.

Glede na opisano lahko sklepamo, da veljajo med navedenimi zalogami za različne načine organiziranosti naslednji odnosi:

$$Zk1 > Zk2 > Zk3, \quad (20)$$

kar pomeni, da v prvem primeru lahko pričakujemo večjo vezavo sredstev kot v drugem, in v drugem primeru večjo kot v tretjem.

Temu primerno lahko pričakujemo tudi različne koeficiente obračanja zalog:

$$Ko1 < Ko2 < Ko3, \quad (21)$$

kar pomeni boljše ali slabše obračanje sredstev.

Iz navedenega izhaja tudi spoznanje o različnih stroških vezave sredstev.

Sredstva, tuja ali lastna, vezana v proizvodnji, imajo seveda svojo ceno, s tem pa tudi nastajajo stroški. Pri določeni obrestni meri (r), ki pomeni ceno kapitala, ovrednotimo stroške vezave sredstev v proizvodnji na naslednji način:

$$Svs = Zki \times r, \quad (22)$$

pri čemer je

Svs = stroški financiranja,

r = obrestna mera za obratna sredstva v %.

Pri isti obrestni meri torej lahko za obravnavane načine organizacije tehnologije pričakujemo različne stroške financiranja, in sicer:

$$Svs1 > Svs2 > Svs3. \quad (23)$$

To pa bo treba upoštevati pri izboru tehnologije in organizacije, saj smo ugotovili, da so ti stroški odločujoči za izbor tehnologije.

To pa niso edini odločujoči stroški, ki so odvisni od organizacije tehnologije. Odvisno od zalog, začetnih, vmesnih ali končnih, se spreminjajo tudi potrebe po skladiščenju in velikosti skladišč, od tega pa so odvisne tudi naložbe v proizvodne sisteme. Kako obseg naložb vpliva na stalne stroške in s tem na poslovni uspeh pa smo že obravnavali. Te stroške, je glede na pomembne razlike med različnimi zasnovami potrebno upoštevati, ko ugotavljamo stalne stroške.

5. Model simulacije stroškov za izbor tehnologije

Vzamemo "n" tehnoloških sistemov enakih zmogljivosti, ki omogočajo zahtevam tržišča primerno proizvodnjo. Za te tehnološke sisteme je mogoče načrtovati odločujoče stroške tako, da so:

$$\begin{aligned} Cs1 &= Fs1 + Vs1 + RFs1 + Svs1, \\ Cs2 &= Fs2 + Vs2 + RFs2 + Svs2, \\ &\vdots \\ Csn &= Fsn + Vsn + RFsn + Svsn. \end{aligned} \quad (24)$$

Celotni odločujoči stroški sistema tako zaradi različnih tehnoloških in organi-

zacijskih značilnosti zavzemajo različne vrednosti:

$$Cs1 \neq Cs2 \neq \dots Csn. \quad (25)$$

Glede na to, da nižji celotni stroški maksimirajo poslovni rezultat ob enakem celotnem prihodku, bo ciljna funkcija tehnološkega sistema:

$$Cs = Fs + Vs + RFs + Svs \Rightarrow \min, \quad (26)$$

oziroma bodo kriteriji izbora optimalnega tehnološkega sistema med obravnavanimi sistemi minimalni celotni stroški. Med tehnološkimi sistemi bo torej izbran sistem, ki izpolnjuje pogoj:

$$Cs_i = \min; \quad (27)$$

sistem i = izbrani sistem.

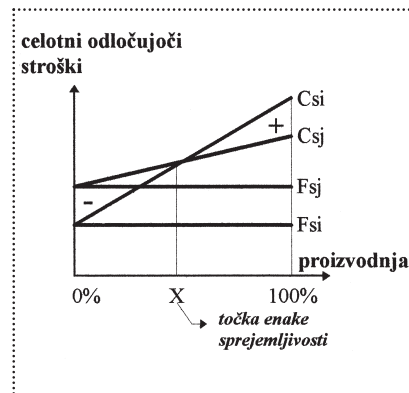
To pa je potreben, čeprav nezadosten pogoj za izbor tehnološkega sistema.

Kot smo že videli, celotni stroški pri istem tehnološkem sistemu zaradi svojih značilnosti variirajo v intervalu obsega dejavnosti, zato navedeni kriterij velja le ob natančno določenem obsegu dejavnosti. Če se omejimo le na grafično primerjavo dveh sistemov, dobimo sliko 7.

Če ugotovimo razliko med celotnimi stroški $Cs_i - Cs_j$, dobimo diferenčne stroške, torej

$$Ds = Cs_i - Cs_j; \quad (27)$$

Ds = diferenčni stroški.



Slika 7. Celotni odločujoči stroški primerjanih sistemov

Diferenčni stroški pa, odvisno od višine stroškov sistema (Cs_i) in (Cs_j) v intervalu obsega dejavnosti, lahko zavzamejo pozitivne ali negativne vrednosti, oziroma vrednost 0.

V primeru enakosti stroškov primerjanih sistemov so torej diferenčni stroški nič:

$$Ds = 0. \quad (29)$$

To točko (x), kjer je izpolnjen gornji pogoj, poimenujemo točko enake sprejemljivosti sistema.

Če bo obseg proizvodnje (p) večji od točke (x), torej

$$p > x, \quad (30)$$

bo primernejši tehnološki sistem (i).

Če bo obseg dejavnosti (p) manjši od točke (x), torej

$$p < x, \quad (31)$$

bo primernejši tehnološki sistem (i).

Obseg proizvodnje (p), kot smo videli, je lahko tak, da je primeren z vidika stroškov prvi, oziroma drugi tehnološki sistem. Zato bo pri določenem obsegu dejavnosti potrebno izbrati tisti sistem, ki zagotavlja minimalne stroške na enoto, torej

$$cs = \frac{Cs_i}{p} = \min; \quad (32)$$

sistem i = izbrani sistem.

To pa je potreben in zadosten pogoj za izbor tehnološkega sistema. Izbor tehnološkega sistema je torej pomembna in dolgoročna poslovna odločitev, saj odločilno upliva na kasnejšo uspešno ali neuspešno poslovanje. Neustrezno projektirano in izvedeno tovarno je nemogoče uspešno upravljati.

Vir

- 1) F. Bizjak, Produktionsfunktion und Kostenfunktion bei flexibler Automatisierung der Produktion, Holz als Roh- und Werkstoff 48(1990)125-128, Springer Verlag 1990