

# Komparativna analiza primjene CNC i konvencionalne linije za obradu masivnih elemenata u proizvodnji pročelja za kuhinjsko pokućstvo

## COMPARATIVE ANALYSIS OF APPLICATION OF CNC AND CONVENTIONAL LINE FOR FINALIZATION OF SOLID WOOD PARTS IN PRODUCTION OF FRONTS FOR KITCHEN FURNITURE

Antun Tosenberger, dipl. ing.  
RO »Mobilia« Osijek

UDK 630\*823:681.3

Primljeno: 15. srpnja 1988.

Prethodno priopćenje

Prihvaćeno: 28. kolovoza 1988.

### Sažetak

U radu je na konkretnom primjeru obrade elemenata od masiva za pročelje kuhinjskog pokućstva istražena granična veličina serije s izjednačenim troškovima obrade po jedinici proizvoda na numerički podesivoj liniji i konvencionalnoj liniji. Nadalje je istražen utjecaj strukture proizvodnog programa, visine investicijskog ulaganja u opremu, rezervne dijelove i alate, te potrebno vrijeme izrade na obje varijante izvedbe strojne opreme. Iz dobivenih rezultata može se za određenu veličinu narudžbe jednog modela pročelja odrediti granična veličina serije s izjednačenim troškovima izrade na ručno ili računalom podesivoj strojnoj liniji.

U radu je utvrđeno da za konkretni primjer određena strojna linija ima svoje opravdanje, međutim, nabavi slične opreme mora se oprezno pristupiti, jer nabava suviše elektronike znatno poskupljuje investiciju i pomiče granice troškova izrade u korist konvencionalne opreme. Slični negativni efekti nastaju, ako se računalom podesiva linija koristi na klasičan način, tj. kao konvencionalna linija.

**Ključne riječi:** Računalom podesiva i konvencionalna linija za obradu masivnog drva u proizvodnji pročelja kuhinjskog pokućstva — vremena izrade — troškovi izrade.

### Summary

In the article, on a concrete example of finalization of parts from solid wood for kitchen furniture fronts, a marginal volume of series has been investigated with equalized costs of finalization per product unit on a numerically adjustable line and conventional line. Furthermore, the effect of production program structure, the amount of investments in equipment, spare parts and tools and the time required on both performance variants of machine equipment has been examined. From the results obtained, it can be determined a marginal volume of series for the ordered volume of one model of fronts with equalized costs of manufacture on by hand or by computer adjustable machine line.

It has been established in the study that for a concrete example determined machine line has its justifiability, however, purchasing of similar equipment should be carefully considered, since the purchase of excessive electronic equipment raise the cost of investment and moves the cost limits of manufacture in favour of conventional equipment. Similar negative effects grow out from computer adjustable line if used in classic manner, i.e. a conventional line.

**Key words:** computer adjustable and conventional line for finalization of solid wood in production of kitchen furniture fronts — time of manufacture — manufacturing costs (A. M.)

### 1. UVOD I PROBLEMATIKA RADA

U jednoj tvornici kuhinjskog namještaja prišlo se projektiranju i izgradnji novog pogona za proizvodnju pročelja od masivnog drva tvrdih listaća. Projektnim zadatkom ograničen je obujam proizvodnje na 500.000 pročelja godišnje, dijelom za potrebe vlastite proizvodnje kuhinjskog pokućstva, a dijelom za domaće i inozemne naručioce. Kad su analizirane potrebe potencijalnih kupaca, zaključeno je da tehnološka oprema novog pogona treba omogućiti organiziranje proizvodnje u rela-

tivno malim serijama. Konstrukcijski oblik ili model pročelja definiran je unutrašnjim i vanjskim profilom okvira ili prednjaka ladice, vanjskim profilom uklade, te najčešće krivinom gornjeg dijela uklade i gornje okvirnice. Unutar istog modela pojavljuje se do trideset pročelja različitih po dužini i širini. Za većinu predstavnika proizvodnog programa izabrana je konstrukcija međusobnog spajanja na utor i pero tzv. profil i poluprofil.

Analizom predstavnika utvrđene su slijedeće ključne faze tehnološkog procesa u kojima je potrebno, izborom strojne opreme, postići veliku fleksibilnost i brzinu protoka kroz proizvodnju:

- A — obrada elemenata za okvire na čistu mjeru i konačni oblik,
- B — obrada elemenata uklade na čistu mjeru i konačan oblik i
- C — obrada cijelog pročelja na konačnu dužinu, širinu i oblik vanjskog ruba.

Za navedene faze obrade predviđena je i nabavljena suvremena tehnološka oprema numerički upravljana (NC — Numerical Control), numerički upravljana i podesiva otvorenim i zatvorenim regulacijskim krugom s elektroničkim računalom (CNC — Computer Numerical Control). Izbor odgovarajućeg upravljačkog sistema izvršen je u skladu s tehnološkim operacijama koje promatrani stroj treba obaviti.

Tehnološke faze B i C rješavane su do sada u drvno-industrijskoj praksi već udomaćenim CNC-nadstolnim glodalicama i dvostranim protočnim kombiniranim strojevima za profiliranje rubova i strojevima za brušenje profila, dok se za faze A postavilo pitanje alternative ručno ili računalno podesive linije koja sadrži četverostranu blanjalicu i dvostrani profiler. U konkretnom slučaju izabrano je rješenje s računalom podesivom strojnom opremom, jer se smatralo da ova tehnološka faza diktira zaposlenost cijele proizvodnje.

Puštanjem u rad računalom podesive linije stvoreni su uvjeti za potvrdu pretpostavki i utvrđivanje granične veličine serije s troškovima izrade po jedinici proizvoda za dvije varijante, za pročelja izrađena na ručno podesivoj i računalom podesivoj liniji.

Slično istraživanje na primjeru obrade elemenata za glazbene kutije na nadstolnim glodalicama objavili su autori P. Parisot i J. Juan [7]. Rezultat njihova rada prikazan je na tablici I. i na slici 1, a utvrđene karakteristike odnosa troškova izrade jedinice proizvoda na ručno i računalom podesivoj glodalici uzete su za pretpostavljene karakteristike rezultata ovog istraživanja.

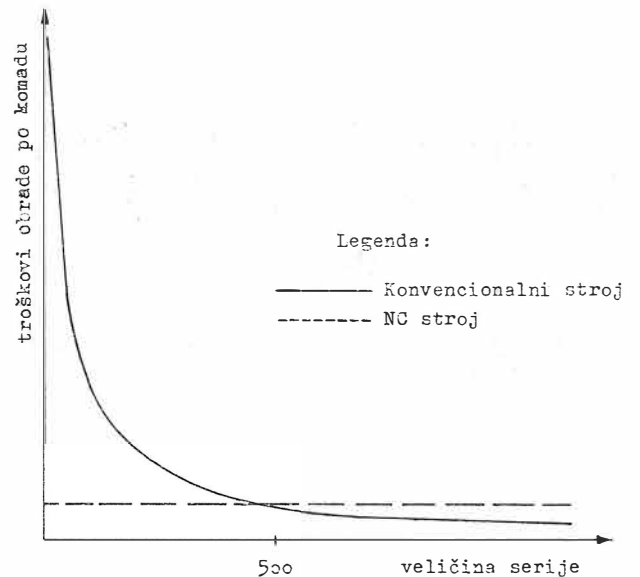
Iz tablice I. i slike 1. vidljivo je da se serija glazbenih kutija ispod 500 komada isplati obrađivati na CNC-nadstolnim glodalicama, dok se iznad te veličine više isplate konvencionalne glodalice.

U istraživanju granične veličine serije s izjednačenim troškovima obrade po jedinici proizvoda

USPOREDBA TROŠKOVA OBRADE ELEMENATA GLAZBENIH KUTIJA PREMA VELIČINI SERIJE (U FFr) Tablica I.

COMPARISON OF COSTS OF FINALIZATION OF MUSIC BOX PARTS AGAINST THE VOLUME OF SERIES (IN FFr) Table I

Strojna oprema	Broj komada u seriji			
	10	100	500	1000
NC stroj	1,08	1,08	1,08	1,08
Konvencionalni stroj	2,06	1,15	1,06	1,05



Slika 1 — Grafički prikaz odnosa troškova obrade elemenata glazbenih kutija prema veličini serije

Fig. 1 — Graphic representation of relation of finalization of music box parts to the series volume

izrađene na CNC, odnosno konvencionalnoj liniji, a zbog karaktera utjecajnih faktora, razmotrene su varijable prosječne veličine narudžbe jednog modela i veličine serije istog modela. Utjecaj strojne linije na protok kroz proizvodnju nije detaljno razmatran, jer ga je vrlo teško izdvojiti iz cjeline ostalog dijela tehnološkog procesa, što može biti predmetom nastavka istraživanja.

## 2.0. METODA PROVOĐENJA ANALIZE

Zbog većeg broja utjecajnih faktora koji su identični u obje izvedbe strojne opreme, te zbog otežane mogućnosti prikupljanja velikog broja detaljnih podataka, te stalne promjene vrijednosti valute, prihvaćen je način utvrđivanja troškova obrade relativnim pokazateljima. Ovim pristupom utvrđivanju i iskazivanju rezultata analize ne narušavaju se karakteristike i međusobni odnosi uspoređivanja podataka.

Izabrani utjecajni faktori na utvrđivanje rezultata istraživanja su predstavnici proizvodnog programa, tj. utvrđen konstrukcijski oblik, strojna oprema, alati i struktura vremena karakterističnih faza obrade u obje varijante izvedbe. Metoda rada obuhvaća izbor predstavnika proizvodnog programa analizom asortimana [9].

### 2.1. Reprezentanti proizvodnog programa

Za projektiranje i izbor strojne opreme izvršena je detaljna analiza budućeg proizvodnog programa i odabran je reprezentantni model. U ovoj analizi uzet je kao predstavnik jedan konkretni model iz izvoznog programa koji ima najveći količinski i vrijednosni udio. U tablici II. iskazana je

PREGLJED ASORTIMANA PROČELJA KUHINJSKOG POKUĆSTVA PREMA KOJEM SU IZDVOJENI PREDSTAVNICI IZNESENI NA SLICI 2.

Tablica II.

SCHEDULE OF A RANGE OF KITCHEN FURNITURE FRONTS OUT OF WHICH REPRESENTATIVES IN THE FIG. 2 HAVE BEEN SELECTED

Table II

	Dimenzije pločastih obradaka u mm	Količina	
		za 6 mj.	za 1 mj.
Vrata s ukladom	570 x 297	1.400	233
	570 x 397	1.500	259
	570 x 497	3.500	583
	570 x 597	3.000	500
	715 x 297	2.150	358
	715 x 397	2.300	383
	715 x 497	4.500	750
	715 x 597	1.700	283
	895 x 297	100	17
	895 x 397	100	17
	895 x 497	200	33
	895 x 597	250	42
	1245 x 497	300	50
	1245 x 597	250	42
	450 x 597	150	25
Okvir vrata	570 x 497	600	100
	570 x 597	300	50
	715 x 497	700	117
	715 x 597	300	50
Prednjaci ladice	597 x 115	150	25
	297 x 140	600	133
	397 x 140	1.500	250
	497 x 140	3.000	500
	597 x 140	2.200	467
Ukupno mjesečno		5.158*	

\* približna vrijednost

šestomjesečna narudžba s podacima o dimenzijama i jednomjesečnom dinamičkom isporuke.

Karakteristični detalj vrata i prednjeg dijela ladice prikazani su na slici 2. Gornja okvirnica vrata obrađuje se na promatranoj liniji u smjeru vlakana samo na pravilnu prizmu, dok se čelno izrađuje spojni profil s perom. Svi ostali dijelovi okvira vrata obrađuju se s konačnim profilom potrebnim za spajanje.

Na osnovi konstrukcije dobiveni su potrebni polazni podaci za određivanje tehnološkog procesa i karakteristika strojne opreme, potrebe alata, te analize potrebnog vremena izrade. Plan proizvodnje prezentiran je specifikacijom sastavnih dijelova okvira vrata i prednjaka ladice za jednomjesečnu narudžbu na tablici III.

SPECIFIKACIJA SASTAVNIH DIJELOVA OKVIRA ZA VRATA I PREDNJAKA LADICE ZA JEDNOMJESEČNU NARUDŽBU

Tablica III.

SPECIFICATION OF COMPONENTS OF DOOR FRAMES AND DRAWER FRONTS FOR ONE-MONTH ORDER

Table III

Red. broj (2)	Naziv dijela	Čista mjera (mm)			Mjesečna kcl. (kom)
		duž. (L)	šir. (S)	deblj.	
1.	Gornja okvirnica vrata	193	102	20	608
2.	"	293	102	20	650
3.	"	393	102	20	1.633
4.	"	493	102	20	992
5.	Donja okvirnica vrata	193	70	20	608
6.	"	293	70	20	650
7.	"	393	70	20	1.633
8.	"	493	70	20	992
9.	Okvirnica vrata L i D	450	70	20	50
10.	"	570	70	20	3.432
11.	"	715	70	20	3.882
12.	"	895	70	20	218
13.	"	1.245	70	20	184
14.	Prednji dio ladice	597	115	20	25
15.	"	297	140	20	133
16.	"	397	140	20	250
17.	"	497	140	20	500
18.	"	597	140	20	367

## 2.2. Radne skupine i alat

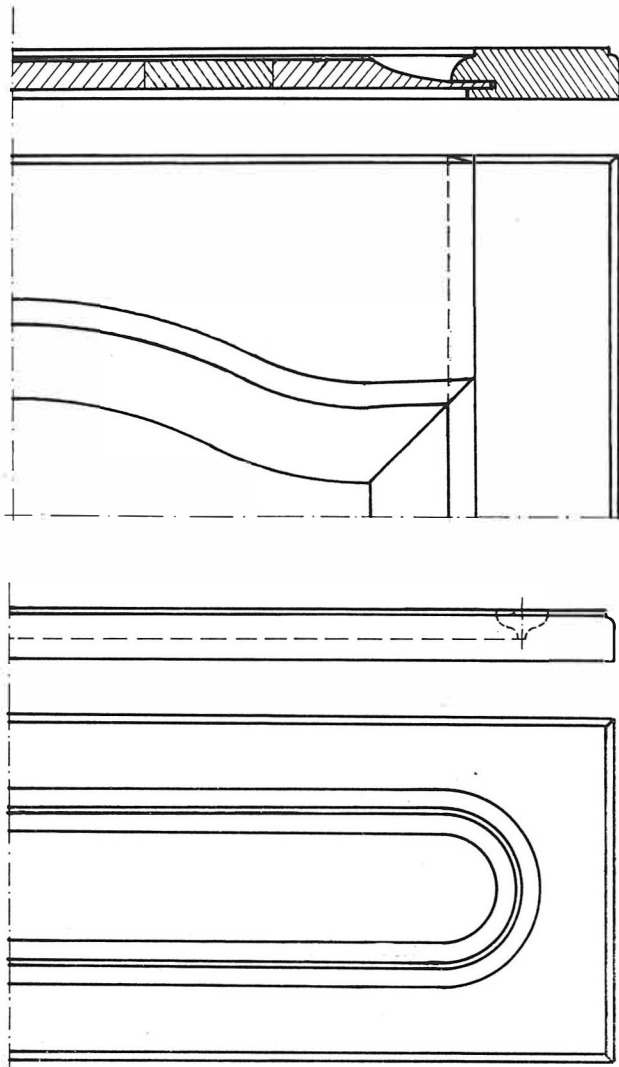
Računalom podesive radne skupine za obradu zahtijevaju upotrebu alata s promjenjivim reznim pločicama, kako ne bi dolazilo do odstupanja u dimenzijama obratka nakon brušenja alata, odnosno kako se ne bi nakon svakog postavljanja alata na stroj moralo vršiti korigiranje programa za veličinu odbruska, čime bi se izgubile osnovne prednosti podesivosti računalom odabranog sistema.

Ručno podesiva linija radila je s klasičnim alatima s fiksno postavljenim oštricama u slogu alata, jer se nakon svake promjene alata obavljalo ručno podešavanje.

Za utvrđivanje troškova alata u jedinici proizvoda primijenjeni su podaci prikazani u tablici IV. Alati koji su potpuno identični za obje strojne izvedbe nisu uzeti na razmatranje u ovoj analizi.

U glodalo za pločice broj 1 ulaze: 3 komada pločica poz. 7 i 3 kom. pločica poz. 8; 4 kom. pločice poz. 9 i 4 kom. pločica poz. 10. U glodalo za pločice broj 2 ulaze: 6 komada pločica poz. 4; 3 kom. pločica poz. 5; 3 kom. pločica poz. 6 i 3 kom. pločica poz. 7, a uz tijelo za pločice poz. 3 dolazi 3 komada pločica poz. 11.

Potrebna broj alata, odnosno promjenjivih pločica, određen je prema prosječnoj veličini narudžbe jednog modela pročelja. Pri upotrebi klasičnog alata, a radi sigurnosti isporuke serije proizvoda,



Slika. 2 — Detalj vrata i prednjeg dijela ladice predstavnika proizvodnog programa

Fig. 2 — A detail of a door and a drawer front, representatives of the production program

te potrebe oštrenja alata u toku izrade serije, planirana su minimalno dva kompleta alata. Za isti slučaj obrade kod glodala s pločicama nije planirano udvostručenje broja glodala, jer prelazak s modela na model, kod podesivosti računalom, zahtijeva jednako vrijeme za promjenu alata i podešavanje stroja. Pri izračunavanju troškova alata dinarska protuvrijednost uvećana je za 40% radi troškova carine, transporta i osiguranja.

### 2.5. Strojna oprema

Pri koncipiranju računalom podesive linije, koja se sastoji od četverostrane blanjalice — profilirke i dvostranog profileru, postavljen je zadatak da strojna i programska oprema moraju osigurati automatski prijelaz s jedne na drugu dimenziju obradaka unutar istog modela. Pri tome je dopuštena aktivnost operatera samo u izboru kompjutor-

skog programa. Iz ovako postavljenog zadatka konstruirana je linija s rasporedom radnih skupina kao što je prikazano na slici 3, sa sljedećim rasporedom:

— Prva lijeva glodalica četverostrane blanjalice-profilirke (oznaka AD na slici 3) ima produženu osovinu tako da na nju mogu stati tri glodala radne visine 25 mm, i to ravno glodalo za obradu gornje okvirnice, profilno glodalo za obradu donje okvirnice — glodalo poz. 1. s tablice IV. i profilir-glodalo za izradu uzdužnog profila na prednjem dijelu ladice — glodalo br. 3 s tablice IV. Ovaj agregat podesiv je računalom u dvije osi: gore-dolje i lijevo-desno.

— Druga desna glodalica četverostrane blanjalice-profilirke, oznaka AE na slici 3, ima osovinu za smještaj samo jednog glodala (profilno glodalo za desni uzdužni profil na prednjem dijelu ladice — glodalo br. 3 s tablice IV). Ova radna skupina podesiva je računalom samo u jednoj osi: lijevo-desno.

— Lijevi i desni par horizontalnih glodalica na dvostranom profileru, oznaka CG i CM na slici 3,

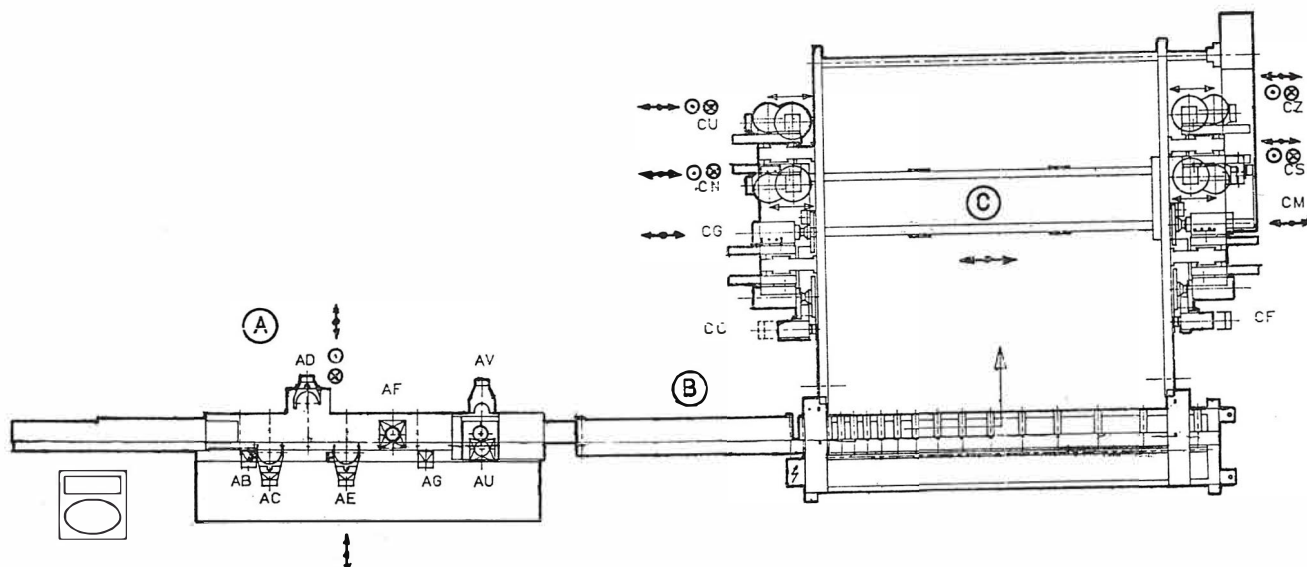
### PREGLED VRIJEDNOSTI I TRAJNOSTI UPOTRIJEB-LJENIH ALATA

Tablica IV.

### SCHEDULE OF VALUE AND LIFE OF THE TOOLS USED

Table IV

	Oblik obrade reznice pločice glodala	Namjena/dimenzije u mm	Vrsta alata	Vrijednost ITL	Trajnost alata -protok i br. brušenja
1		Profiliranje uzduž žice poprune donje i uzduž- ne okvirnice	fiksne pločice	785.000	70.000 m <sup>3</sup> 10 brušenja
			tijelo za pločice	1.207.000	neograničena
2		Profiliranje poprijeko žice gornje i donje okvirnice	fiksne pločice	903.500	70.000 m <sup>3</sup> 10 brušenja
			tijelo ploč.	1.235.000	neograničena
3		Profiliranje (prednjaka ladice) poprijeko i uz- dužno	fiksne pločice	412.000	70.000 m <sup>3</sup> 10 brušenja
			tijelo za ploč.	599.000	neograničena
4		22,6 x 22,6 x 22,6 d= 2,5 (debljina)	pločica	4.000	10.000 m <sup>3</sup> po oštirci
5		33,0 x 25,0 d= 3,0	pločica	19.500	50.000 m <sup>3</sup> 5 brušenja
6		12,0 x 7,4 d= 1,5	pločica	2.380	10.000 m <sup>3</sup> po oštirci
7		12,0 x 12,0 d= 1,5	pločica	2.940	10.000 m <sup>3</sup> po oštirci
8		33,0 x 24,5 d= 3,0	pločica	19.500	50.000 m <sup>3</sup> 5 brušenja
9		17,3 x 17,3 d= 2,0	pločica	8.000	10.000 m <sup>3</sup> po oštirci
10		14,0 x 14,0 d= 2,0	pločica	2.740	10.000 m <sup>3</sup> po oštirci
11		33,0 x 46,0 d= 3,0	pločica	25.000	50.000 m <sup>3</sup> 5 brušenja



Slika 3 — Tlocrtna shema automatske linije: A — četverostrana blanjalica — profilirka, B — prijenosni tračni i ugaoni transporter, C — dvostrani profiler

Fig. 3 — A scheme of automatic line: A — planing and moulding machine for the 4-side woodworking, B — belt and angle conveyor, C — double moulding machine

predviđene su samo za jedan alat i računalom podešive svaka u jednoj osi: lijevo-desno. Ove glodalice su predviđene za izradu posebnih profila i ne primjenjuju se pri obradi istraživanog modela.

— Dva para glodalica s protusmjernom rotacijom na dvostranom profileru, oznaka CN, CS, CU i CZ na slici 3, s dužinom radne osovine za dva glodala. Glodalo za izradu protuprofila s čela gornje i donje okvirnice — glodalo br. 2 s tablice IV. i glodalo za izradu poprečnog vanjskog profila prednjeg dijela ladice — glodalo br. 3 s tablice br. IV.

Sve ove radne skupine podešive su u dvije osi: gore-dolje i lijevo-desno.

#### 2.4. Vrijeme izrade

Za utvrđivanje vremena i troškova izrade vršena su snimanja karakterističnih radnih faza neposredno po instaliranju i puštanju u rad opisane linije. Kako je već rečeno u točki 2.3., nabavljena linija ima samo neke radne skupine podešive računalom, dok su ostale ručno podešive. Zahvaljujući toj kombinaciji, na istoj su se liniji mogla snimati vremena operacija obje varijante izvedbe linije, a da se pri tome ne gubi na točnosti snimljenih podataka. Snimanjem i obradom podataka utvrđena su slijedeća vremena:

- tp 1 — promjena alata ili sloga alata na jednoj radnoj skupini identično je za obje varijante izvedbe linije
- tp 2 — ručno podešavanje jedne glave ili promjena razmaka na dvostranom profileru
- tp 3 — obrada pokusnog obratka uz kontrolu i fino podešavanje na konvencionalnoj liniji

- tp 4 — izrada i provjera programa za prvo podešavanje na novom modelu pročelja, tj. stanjanje linije
- tp 5 — dovođenje na nultu — polaznu poziciju računalom podešivih agregata prilikom svakog uključivanja linije. »Tariranje« je predviđeno vršiti prosječno 2 puta u toku smjene.
- tp 6 — podešavanje linije računalom bez obzira na broj osi podešavanja.

Sva ostala pripremno-završna (tp 7) i dodatna vremena (td) identična su za obje izvedbe linije i utvrđena su u prosjeku na 175 min/smjeni. Godišnji fond radnih sati također je identičan za obje linije i iznosi 250 dana. Na tablici V. iznijeta su prosječna pripremno-završna i dodatna vremena.

Tablica V.

Table V

Struktura vremena	tp 1	tp 2	tp 3	tp 4	tp 5	tp 6	tp 7+ td
Prosječno min.	4,70	8,66	5,12	120,0	3,58	1,69	175,0

U obje varijante uzet je za utvrđivanje troškova izrade bruto osobni dohodak jednog glavnog i jednog pomoćnog radnika, uvećan faktorom 6,3637. Amortizacija nije obuhvaćena jer se posebno razmatra.

Postavljanjem redoslijeda elemenata za najmanju potrebu podešavanja linije pri obradi serije, utvrđene su slijedeće formule za izračunavanje vremena angažiranosti strojne opreme:

$$\begin{aligned}
 T_{ik} = & f_{11}t_{p1} + f_{12}t_{p2} + f_{13}t_{p3} + \frac{\sum_{n=1}^{18} l_n}{V_p} + \\
 & + \frac{\sum_{n=1}^8 \check{S}_n}{7000} (f_{21}t_{p1} + f_{22}t_{p2} + f_{23}t_{p3}) + \\
 & + \frac{\sum_{n=5}^{13} l_n}{7000} (f_{31}t_{p1} + f_{32}t_{p2} + f_{33}t_{p3}) + \\
 & + \frac{\sum_{n=14}^{18} l_n}{7000} (f_{41}t_{p1} + f_{42}t_{p2} + f_{43}t_{p3}) + \\
 & + \frac{\sum_{n=14}^{18} \check{S}_n}{7000} (f_{51}t_{p1} + f_{52}t_{p2} + f_{53}t_{p3}) \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{ir} = & f_{15}t_{p5} + f_{16}t_{p6} + \frac{\sum_{n=1}^{18} l_n}{V_p} + \\
 & + (f_{25}t_{p5} + f_{26}t_{p6}) \cdot m_{\max} \quad \dots [\text{min/ser}] \quad \dots (2)
 \end{aligned}$$

$$m_a = \frac{\sum_{n=1}^8 \check{S}_n}{10000} \quad \dots [\text{cikl/ser}] \quad \dots (3)$$

$$m_b = \frac{\sum_{n=5}^{13} l_n}{10000} \quad \dots [\text{cikl/ser}] \quad \dots (4)$$

$$m_c = \frac{\sum_{n=14}^{18} l_n}{10000} \quad \dots [\text{cikl/ser}] \quad \dots (5)$$

$$m_d = \frac{\sum_{n=14}^{18} \check{S}_n}{10000} \quad \dots [\text{cikl/ser}] \quad \dots (6)$$

Iznosi u uglatim zagradama su cjelobrojne vrijednosti bez zaokruživanja.

Pri čemu je:

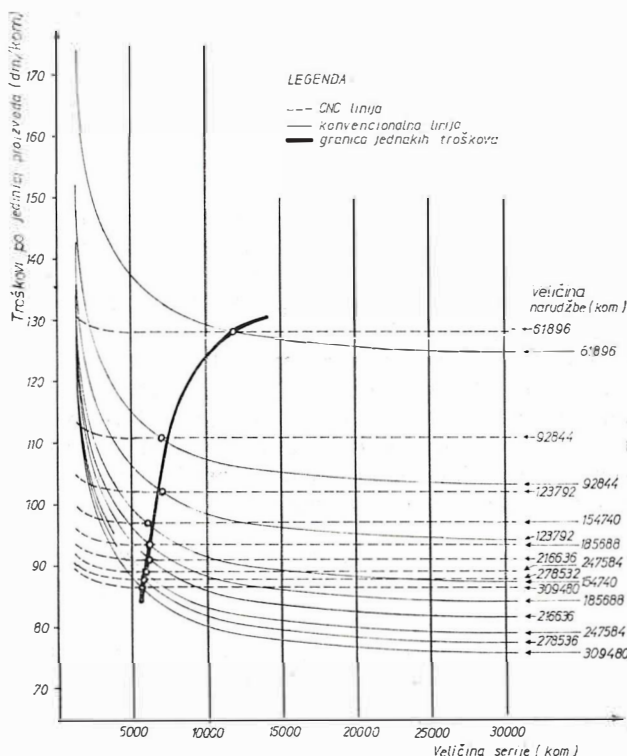
- $T_{ik}$  = trajanje izrade jedne serije pročelja na konvencionalnoj liniji (min/ser.)
  - $l_n$  = dužina obratka rednog broja »n« iz tablice III, (m)
  - $\check{S}_n$  = širina obratka rednog broja »n« iz tablice III, (m)
  - $T_{ir}$  = trajanje izrade jedne serije pročelja na računalom podesivoj liniji (min/ser.)
  - $f_n$  = učestalost pojave, na pr. promjena ili podešavanja alata za seriju dijelova
  - $v_p$  = brzina pomaka na četverostranoj blanjalici iznosi 11 m/min
  - $m_a$  = broj promjena kompleta alata zbog zatupljenja glodala poz. 2, tablica IV, cikl./ser.
  - $m_b$  = broj promjena kompleta alata zbog zatupljenja glodala poz. 1, tablica IV, cikl./ser.
  - $m_c$  = broj promjena kompleta alata zbog zatupljenja glodala poz. 3, tablica IV, na četverostranoj blanjalici-profilirki, cikl./ser.
  - $m_d$  = broj promjena kompleta alata zbog zatupljenja glodala poz. 3, tablica IV, na dvostranom profileru, cikl./ser.
  - $m_{\max}$  = najveća vrijednost od izraza  $m_a \dots m_d$ , cikl./ser.
- Trajnost alata izražena je dužinskim metrima obrade do zatupljenja. Za proračun  $T_{ik}$  iznosi 7000 m po ciklusu obrade, a za proračun  $m_a \dots m_d$  iznosi 10 000 m/ciklusu obrade.

## 2.5. Troškovi izrade

Relativni iznos troškova izrade jedne i druge varijante linije utvrđen je sumiranjem iznosa amortizacije po jedinici proizvoda, vrijednosti utroška alata po jedinici proizvoda i troškova izrade po jedinici proizvoda.

Slika 4 — Grafički prikaz odnosa troškova po jedinici proizvoda obrađenog na konvencionalnoj i računalom podesivoj liniji s krivuljom graničnih troškova

Fig. 4 — Graphic representation of relation of costs per product unit finalized on conventional and computer adjustable line with a curve of marginal costs



RELATIVNI IZNOS TROŠKOVA PROIZVODNJE PO JEDINICI PROIZVODA NA KONVENCIONALNOJ LINIJI  
RELATIVE AMOUNT OF MANUFACTURING COSTS PER PRODUCT UNIT ON CONVENTIONAL LINETablica VI.  
Table VI

Rb	Vrsta troškova		Troškovi proizvodnje za seriju proizvoda								
			3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	Veličina narudžbe jednog modela (kom/ser.)		61896	92844	123792	154740	185688	216636	247584	278532	309480
II	Razdoblje (mjeseci)		(12)	(18)	(24)	(30)	(36)	(42)	(48)	(54)	(60)
III	Troškovi alata po jedinici proizvoda (din/kom)		65,01	43,34	34,26	27,40	24,01	21,58	18,88	17,56	15,80
IV	Amortizacija po jedinici proizvoda (din/kom)		27,59	27,59	27,59	27,59	27,59	27,59	27,59	27,59	27,59
V	Veličina serije i razdoblje (kom) (god)	Troškovi izrade po jed. proizvoda (din/kom)									
	1290 0,25	81,15	173,75	152,08	143,00	136,15	132,75	130,32	127,62	126,30	124,55
	2579 0,50	55,17	147,78	126,11	117,02	110,17	106,77	104,34	101,65	100,32	98,57
	5158 1	44,09	136,69	115,02	105,94	99,09	95,69	93,26	90,56	89,24	87,49
	10316 2	36,40	129,01	107,34	98,25	91,40	88,00	85,57	82,88	81,56	79,80
	15474 3	34,38	126,98	105,32	96,23	89,38	85,98	83,55	80,86	79,57	77,78
	20632 4	33,16	125,76	104,09	95,01	88,16	84,75	82,33	79,63	78,32	76,56
25790 5	32,58	125,18	103,51	94,43	87,58	84,18	81,75	79,05	77,73	75,98	
30948 6	32,34	124,94	103,26	94,19	87,34	83,94	81,51	78,81	77,49	75,74	

RELATIVNI IZNOS TROŠKOVA PROIZVODNJE PO JEDINICI PROIZVODA NA RACUNALOM PODESIVOJ LINIJI  
RELATIVE AMOUNT OF MANUFACTURING COSTS PER PRODUCT UNIT ON COMPUTER ADJUSTABLE LINETablica VII.  
Table VII

Rb	Vrsta troškova		Troškovi proizvodnje za seriju proizvoda								
			3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	Veličina narudžbe jednog modela (kom/ser.)		61896	92844	123792	154740	185688	216636	247584	278532	309480
II	Razdoblje (mjeseci)		(12)	(18)	(24)	(30)	(36)	(42)	(48)	(54)	(60)
III	Troškovi alata po jedinici proizvoda (din/kom)		52,69	35,47	26,85	21,68	18,15	15,70	13,87	12,44	11,32
IV	Amortizacija po jedinici proizv.		44,45	44,45	44,45	44,45	44,45	44,45	44,45	44,45	44,45
V	Veličina serije i razdoblje (kom) (god)	Trošak izrade po jedinici proizvoda (din)									
	1290 (0,25)	33,45	130,59	113,37	104,75	99,58	96,05	93,60	91,77	90,34	89,22
	1579 (0,50)	31,71	128,86	111,63	103,02	97,85	94,32	91,87	90,03	88,60	87,49
	5158 (1)	30,84	127,98	110,75	102,14	96,97	93,44	90,99	89,15	87,73	86,61
	10316 (2)	30,78	127,92	110,69	102,08	96,91	93,38	90,93	89,09	87,67	86,55
	15474 (3)	30,89	128,04	110,81	102,20	97,03	93,50	91,05	89,21	87,78	86,67
	20632 (4)	30,76	127,90	110,68	102,06	96,39	93,36	90,91	89,08	87,65	86,53
25790 (5)	30,79	127,94	110,71	102,10	96,93	93,40	90,95	89,11	87,68	86,57	
30948 (6)	30,65	127,79	110,57	101,95	96,78	93,25	90,80	88,97	87,54	86,42	

## 3. REZULTATI ANALIZE

Primjenjujući planske količine proizvoda iz tablice II, razmatrane su sljedeće veličine serija:  
1.290 kom.      2.579 kom.      5.158 kom.      10.316 kom.  
15.474 kom.      20.632 kom.      25.790 kom.      30.948 kom.

i sljedeće veličine narudžbi jednog modela, koje bi odgovarale obujmu proizvodnje jedne do pet godina:

61.896 kom.      92.844 kom.      123.792 kom.  
154.740 kom.      185.688 kom.      216.636 kom.  
247.584 kom.      278.532 kom.      309.480 kom.

Numerički izraženi podaci analize relativnog o-  
-nosa razmatranih troškova proizvodnje po jedi-  
-nici proizvoda izneseni su u tablicama VI. i VII,  
-dok su u tablici VIII. izneseni podaci o potrebi  
-vremena rada obje varijante izvedbe strojne op-  
-reme za obradu planiranih 500.000 pročelja ku-  
-hinjskog pokušaja godišnje.

Na slici 4. dan je grafički prikaz podataka iz  
-tablica VI. i VII.

#### 4. DISKUSIJA O REZULTATIMA ANALIZE

Na osnovi dobivenih rezultata istraživanja, iz-  
-njetih u tablicama VI, VII. i VIII, i slici 4, može  
-se zaključiti slijedeće:

— Troškovi proizvodnje po jedinici proizvoda  
-na konvencionalnoj liniji, četverostrana blanjica  
-— profilirka i dvostrani profiler, znatno rastu sman-  
-jenjem veličine serije, te smanjenjem veličine u-  
-kupne narudžbe jednog modela pročelja za kuhinjs-  
-sko pokušstvo.

— Troškovi proizvodnje po jedinici proizvoda  
-na računalom podesivoj identičnoj liniji gotovo su  
-konstantni bez obzira na veličinu serije unutar  
-jedne veličine narudžbe istog modela.

PREGLJED DNEVNE POTREBE RADA U SATIMA ZA  
-ZADOVOLJENJE PROIZVODNJE 500.000 PROČELJA  
-GODIŠNJE **Tablica VIII.**  
-SCHEDULE OF DAILY WORKING NEEDS IN HOURS  
-TO SATISFY PRODUCTION OF 500.000 FRONTS PER  
-ANNUM **Table VIII**

Veličina serije kom	Potreba dnevno sati rada (h)	
	Konvencionalna linija	CNC linija
1.290	30,4	12,5
2.579	20,7	11,9
5.158	16,5	11,5
10.316	13,6	11,5
15.474	12,9	11,5
20.632	12,4	11,5
25.790	12,2	11,5
30.948	12,1	11,5

— Kao i kod konvencionalne linije, troškovi  
-proizvodnje po jedinici proizvoda na računalom  
-podesivoj liniji rastu sa smanjenjem veličine u-  
-kupne narudžbe jednog modela.

— Sjecišta krivulja razmatranih troškova pro-  
-izvodnje po jedinici proizvoda izrađenog na kon-  
-vencionalnoj i računalom podesivoj liniji daju kri-  
-vulju graničnih troškova.

— Pri veličini serije ispod 2500 komada pro-  
-izvoda konvencionalna linija ne može zadovoljiti  
-raspoloživim kapacitetom, čak ni stalnim radom u  
-tri smjene, što u konkretnom slučaju predstavlja  
-potrebu investiranja u dvije identične linije, čime  
-se troškovi po jedinici proizvoda još više pove-  
-ćavaju.

— Računalom podesiva linija, bez obzira na ve-  
-ličinu serije, treba da u prosjeku radi 1,5 smjenu  
-da bi zadovoljila planirani obujam proizvodnje.

— Krivulja graničnih troškova nalazi se prete-  
-žno u intervalu veličina serija 5000... 10 000 pro-  
-čelja, što jasno potvrđuje područje primjene CNC-  
-strojeva za male i velike serije, odnosno konven-  
-cionalnih linija kod većih serija koje danas postaju  
-rijetkost i kod visoko standardiziranih proizvodnih  
-programa.

#### 5. ZAKLJUČAK

Ako se promatraju dobiveni rezultati konven-  
-cionalne i računalom podesive linije, u potpunosti  
-se potvrđuju dosadašnje postavke o prednostima  
-primjene strojeva s elektroničkim uređajima pri  
-manjim serijama. Isto je tako potvrđena ispravnost  
-odluke za kupovinu računalom podesive linije u  
-promatranom slučaju, jer su troškovi proizvodnje  
-po jedinici proizvoda u seriji 5000 kom. i manjim  
-za sve veličine narudžbi niže od cijene proizvodnje  
-na konvencionalnoj liniji. Podaci upozoravaju bu-  
-duće korisnike slične opreme da u traženju sve ve-  
-će fleksibilnosti treba dobro razmotriti i ocijeniti  
-što je to minimalno i nužno potrebna elektronika  
-na stroju, jer se zbog visoke cijene ove nadograd-  
-nje mogu značajno poremetiti utvrđene pogodno-  
-sti jednog ili drugog rješenja. Ovo je posebno va-  
-žno podvući u sadašnjem trenutku, kada je »mo-  
-derno« nabaviti CNC opremu i kada se zbog toga  
-često puta nestručno i nekritički kopiraju tuđa rje-  
-šenja.

Posebnu pažnju pri eksploataciji NC i CNC-te-  
-hnoološke opreme treba posvetiti načinu rada i ko-  
-rištenja. Radom na konvencionalan način s raču-  
-nalom upravljanoj ili podesivom opremom, vrlo  
-lako mogu izostati projektom predviđene prednosti,  
-kao npr. korištenje alata s fiksno učvršćenim no-  
-ževima na tijelu pri radu s CNC podesivom lini-  
-jom, objedinjavanje više serija u jedan nalog itd.

Nadalje, zbog visokih investicijskih ulaganja i  
-visokih troškova u eksploataciji NC i CNC strojne  
-opreme, te osjetljive ravnoteže pogodnosti konven-  
-cionalnog i računalom upravljanoj rješenja, pot-  
-rebno je prije odluke o nabavi izvršiti odgovaraju-  
-će analize i istraživanja, te obučiti kadrove za prav-  
-ilno korišćenje instaliranom opremom.

#### LITERATURA

- [1] Beyer, P. H.: CNC-technik am Beispiel Oberfräsen, Bau- und Möbelschreiner
- [2] Bogner, A.: Numerički upravljani strojevi za obradu drva, Drvna industrija 7—8/1982, Zagreb 1982.
- [3] Bogner, A.: Numerički upravljani (CN i CNC) strojevi, Drvna industrija br. 9—10/83, Zagreb 1983.
- [4] Figurić, M.: Organizacija rada u drvnoj industriji, Skripta, Šumarski fakultet u Zagrebu, 1986.
- [5] Herljević, R.: Optimizacija u finalnoj tehnologiji primjenom kompjutorski upravljanih strojeva, Bilten 7/1983. Šumarski fakultet u Zagrebu, ZIDI, Zagreb, 1983.
- [6] Kovačević, i dr.: Programiranje NC i CNC mašina alatki, Naučna knjiga Beograd 1983.
- [7] Parisot, P. i Juan, J.: Die numerisch gesteuerten maschinen, Holz und Maschinen, 12/1980, No. 17
- [8] Tkalec, S.: Numerički upravljane glodalice za obradu drva tip RANC 210 AM, Drvna industrija br. 7—8/85, Zagreb 1985.
- [9] Tkalec, S.: Tehnološki projekt finalizacije masiva u DI »Trokut« — Novska. Šumarski fakultet u Zagrebu, 1985.

Recenzirao: doc dr Stjepan Tkalec