

Određivanje rasporeda pila metodom simuliranog piljenja trupaca na jarmačama

Mr *Vladimir Hitrec*, dipl. ing.
Sumarski fakultet Zagreb

UDK 634.0.822

Primljeno: 26. studenog 1980.

Znanstveni rad

Prihvaćeno: 16. prosinca 1981.

Sažetak

U radu su prikazane mogućnosti i struktura programa za elektroničko računalo nazvanih RARAVO i RAVIDI. RARAVO je program pomoću kojeg se vrši simulacija piljenja na jarmači, trupaca proizvoljnih dimenzija i svakog s proizvoljno mnogo rasporeda. Simulacija piljenja sprovodi se uzimajući u obzir tehnološke uvjete kao što su: širina raspiljka na jarmačama, rubilici i krajčarici, usušivanje, netočnost piljenja te standardne dimenzije građe. Okrajčivanje i prikrajčivanje provodi se po principu maksimalnog volumnog iskorišćenja. Svi rasporedi s kojima je trupac »raspiljen« rangirani su prema pripadnom volumnom iskorišćenju. RAVIDI je program za simulaciju piljenja trupaca na jarmačama s istim principima kao i RARAVO. RAVIDI računa vrijednosno iskorišćenje trupaca za svaki od rasporeda kojima je trupac »raspiljen«. Svi rasporedi rangirani su zatim prema vrijednosnom iskorišćenju. Prikazani su primjeri IZLAZA programa RARAVO I RAVIDI.

Ključne riječi: optimalizacija piljenja — simulacija piljenja — volumno iskorišćenje — vrijednosno iskorišćenje

DETERMINATION OF ARRANGEMENT OF SAW BLADES BY A METHOD OF SIMULATED SAWING OF LOGS ON THE FRAME SAWS

Summary

The work deals with the possibilities and structure of programs for the electronic computer called RARAVO and RAVIDI. RARAVO is a program by means of which is effected simulation of sawing logs of arbitrary dimensions on the frame saw, and each with arbitrary many arrangements. Simulation of sawing is carried out taking into account technological conditions, such as: thickness of a saw kerf on the frame saw, edger and trimmer, shrinkage, inaccuracy of sawing and standard timber dimensions. Edging and trimming off is carried out on the principle of maximum volume utilization. All arrangements by which the log has been »sawn« are ranked up according to adequate volume utilization. RAVIDI is a program for simulation of log sawing on the frame saw on the same principles as RARAVO. RAVIDI computes utilization of logs for each of arrangements by which the log is »sawn«. All arrangements have been ranked then according to the value utilization. Examples of output programs RARAVO and RAVIDI have been shown.

Key words: optimization of sawing — simulation of sawing — volume utilization — value utilization

1. UVOD

Danas, kada je cijena sirovine za primarnu preradu trupaca na pilanama sve veća i kada je udio njezine cijene u cijeni proizvoda sve znatniji, sve se jače osjeća potreba pronalaženja metoda koje bi omogućavale njezinu racionalnu uporabu.

U Zavodu za istraživanja u drvnjoj industriji Sumarskog fakulteta Zagreb već četvrtu godinu traju istraživanja optimalizacije piljenja upotrebom elektroničkih računala. Prva istraživanja odnosila su se na kvantitativno iskorišćenje tru-

paca. Rezultati tih istraživanja su, u obliku programa za elektroničko računalo nazvanog RARAVO, publicirani i predstavljeni na seminarima u zemlji i inozemstvu [1], [4], [5].

Najnoviji rezultati, koji se u izvjesnom smislu smatraju zaokruženom cjelinom, formiraju program za elektroničko računalo pod nazivom RAVIDI. RAVIDI je program pomoću kojeg se vrši simulacija jelovih trupaca na jarmačama, računna vrijednosno iskorišćenje svakog pojedinog trupca s obzirom na prosječne cijene građe klasirane prema dimenzijama, te se konačno vrši ran-

giranje rasporeda s obzirom na vrijednost dobivenih pilanskih proizvoda.

Namjena je ovog rada da se stručna i znanstvena javnost upozna sa strukturom i mogućnostima programa RAVIDI.

Promotrimo primjer. Simulira li se piljenje trupca dužine 4 m, uz pad promjera 1,0 cm/m i srednjeg promjera 42 cm s osam različitih rasporeda

1. 1/245 R/24; 2/39 6/24
2. 1/245 1/39 2/24 R/18; 4/24 1/68 2/24 R/18
3. 1/255 1/39 5/24; 3/24 1/48 1/39 5/24
4. 1/220 2/24 R/18; 4/48 3/24 10/18
5. 2/100 2/24 R/24 1/48 2/24 R/18
6. 1/225 2/24 R/18; 1/48 5/24 R/18
7. 5/48 2/24 R/18
8. 4/48 3/24 R/18

dobit će se volumna, odnosno vrijednosna, iskorišćenja prikazana u tabeli 1.

Tabela 1

Redni broj	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Volumno iskorišćenje	0,66	0,67	0,67	0,68	0,66	0,67	0,70	0,70
Vrijednosno iskorišćenje	633	685	627	648	596	597	670	657

Vrijednosna iskorišćenja u tabeli 1. dobivena su na bazi slijedećih prosječnih cijena građe u dinarima

Debljina u mm	18	24	39	49	68
Kratka (< 3 m)	900	900	900	900	900
Normalna (≥ 3 m)	1450	1600	1600	1600	1900

Vrijednost piljevine 400 din/m³.

Vrijednost otpada 500 din/m³.

Razlika između najmanje i najveće postignute vrijednosti, iznosi 89 din, odnosno 15%. Računa li se da pilana godišnje raspili 40 000 m³ takvih trupca, dolazi se do godišnje razlike između minimalnog i maksimalnog programa od 3 560.000 Din.

Razlika između volumnog iskorišćenja trupca, koji je dao raspored s minimalnim vrijednosnim iskorišćenjem, i onog volumnog iskorišćenja koji pripada rasporedu s maksimalnim vrijednosnim iskorišćenjem, iznosi 0,015 odnosno 1,5%.

Vidljivo je, dakle, da se najmanje, odnosno najveće, volumno iskorišćenje ne mora poklapati s najmanjim, odnosno najvećim, vrijednosnim iskorišćenjem. Budući da je vrijednosno iskorišćenje kriterij pri izboru rasporeda pila za raspiljivanje određenog trupca, to je interesantno tražiti optimalni raspored s obzirom na *vrijednost* proizvoda koje će se dobiti raspiljivanjem.

Već prije pojave elektroničkih računala, mnogi istraživači, kod nas i u svijetu, bavili su se određivanjem načina kako da se od zadanog trupca dobije što je moguće veće iskorišćenje, odnos-

no kako da se trupac što je moguće racionalnije iskoristi.

Dosadašnji načini piljenja kod nas baziraju se i na tim istraživanjima, ali uglavnom na iskustvu stečenom u svakoj pojedinoj pilani. Svaka proizvodna organizacija koristi određene rasporede za raspiljivanje trupaca kojima raspolaže i čija se struktura (s obzirom na dimenzije i kvalitetu) nije bitno promijenila kroz duže vrijeme. Naravno da takav način sastavljanja rasporeda podliježe subjektivnim procjenama i ne može dati optimalne rezultate.

Kratak pregled i osvrt na poznate metode određivanja rasporeda pila na jarmačama bez upotrebe elektroničkih računala, koje su predlagali Knežević, Elkin, Kugler, Karnauhova i drugi, prikazan je u radu V. Hitreca (4).

Elektronička računala pružaju neuporedivo veće mogućnosti u određivanju racionalnih raspo-

reda piljenja. To tim više što je elektroničko računalo danas dostupno svakoj proizvodnoj organizaciji. Kada se kaže »dostupno«, ne misli se samo na mogućnost da ga svaka proizvodna organizacija nabavi, već se smatra da je mreža elektroničkih računala u SRH (a i izvan nje) takva da može efikasno poslužiti za potrebe optimizacije piljenja. Metode koje se predlažu upotrebom programa RARAVO I RAVIDI su takve da ne zahtijevaju posjedovanje vlastitog elektroničkog računala.

Budući da se o upotrebi elektroničkih računala kod određivanja načina piljenja trupaca govori već od 1970. [3], to takav pristup optimizaciji piljenja nije nov. U svijetu već postoji nekoliko programa za elektroničko računalo (među kojima je najpoznatiji BOF izrađen u USA) pomoću kojih se određuje način piljenja u smislu boljeg iskorišćenja trupca.

Svi autori nedvosmisleno izvješćuju o efikasnosti tih metoda.

Neki izvještaji [10] navode da se upotrebom kompjutorskog načina određivanja načina piljenja u mnogim pilanama u USA iskorišćenje povećalo za 10 do 15%. Smatra se da je tako veliko poboljšanje iskorišćenja ne samo direktan rezultat upotrebe kompjutorskog programa, već i raznih drugih tehnoloških promjena koje je upotreba kompjutorskog programa izazvala. Postoji dovoljno razloga da bi se sličan slučaj mogao desiti i u mnogim našim pilanama. Nastojanja da se primjeni kompjutorski program dovela bi do uo-

čavanja stanovitih propusta u tehnologiji i njihova ispravljanja.

No, iako se u svijetu u tim istraživanjima otišlo već dosta daleko, mi smo još uvijek, što se tiče primjene, na početku. Teoretskih rezultata već imamo (RARAVO), no ona teško prodiru u naše proizvodne organizacije.

Smatra se da će ovaj rad zainteresirati stručnjake u pilanama do te mjere da se počnu služiti programima za određivanje optimalnih rasporeda piljenja.

Osnova programa RAVIDI je program RARAVO (1, 4, 5). Zbog lakšeg razumijevanja strukture i mogućnosti koje pruža program RAVIDI, smatra se da je potrebno istaknuti najosnovnije o programu RARAVO.

2. RARAVO

Određivanju optimalnog rasporeda pila može se pristupiti s više aspekata. Oni ovise o tome što se smatra optimalnim i koje sve faktore od utjecaja na iskorišćenje želi kod računa uzeti u obzir. Ovo potonje ne ovisi samo o željama već i o mogućnostima i ekonomskoj opravdanosti određenih mjerenja, odnosno predračuna koji su potrebni kod obuhvaćanja stanovitih faktora kod donošenja odluke o načinu piljenja.

Odabran je put za koji se zna da je jeftin i jednostavan, a smatra se dovoljno efikasnim.

Trupac određenih dimenzija simuliranim se piljenjem »raspili« s mnogo različitih rasporeda. Među tim rasporedima nalaze se i svi oni rasporedi koji se u praksi upotrebljavaju za raspiljivanje takvog trupca, ali i mnogi koji do sada nisu rabljeni, a za koje smatramo da su mogući. Broj takvih mogućih kombinacija ograničen je standardima i potrebama za građom određenih dimenzija (debljina). Iako do sada nije smatrano neophodnim da se za jedan trupac upotrijebi više od 12 rasporeda za koje se smatra da su »logični«, nema nikakvih problema da se skup tih rasporeda poveća na 20, 30 ili 50. Sve je to za računalo »čas posla«.

Svaki od rasporeda s kojim je vršeno »piljenje« dao je stanovitu količinu piljene građe određenih dimenzija, stanovitu količinu piljevine i krupnog otpada.

Rezultati dobiveni »piljenjem« trupca s različitim rasporedima ispisani su na taj način da su rasporedi rangirani prema volumnom iskorišćenju koje je postignuto »piljenjem«. Kraj svakog rasporeda upisano je, između ostalog, njegovo volumno iskorišćenje.

Na temelju tih rezultata tehnolog može odabrati raspored kojim će se trupac zaista raspiliti.

Budući da se dimenzije trupca mogu mijenjati velikom brzinom tokom jednog propuštanja programa (možda trupac na sekundu), to se na taj način metodom simulacije mogu dobiti rezultati koji se u realnom eksperimentu ne bi uopće mogli sakupiti. A da simulirani eksperiment

pokazuje zadovoljavajuću podudarnost s realnim, pokazano je na primjer u istraživanjima vršenim u Princes Risborough Laboratory, gdje je ustanovljena 98%-tna podudarnost između realnog i simuliranog piljenja (15).

U simulaciji piljenja programom RARAVO vodi se računa o mnogim faktorima. Takvi faktori, koji ne zahtijevaju često mijenjanje, ugrađeni su u program, dok su ostali faktori, koji zahtijevaju češću promjenu, formirani kao varijable koje se kod svakog izvođenja programa mogu mijenjati. Jedan dio varijabli konstruiran je tako da se mogu mijenjati tokom izvođenja samog programa (takve su varijable dimenzije trupca, veličine propiljka na jarmači, te rasporedi pila).

Izvođenje čitavog programa ne traje više od jedne minute, za koje vrijeme stroj izvrši simulaciju piljenja desetak trupaca svaki s po desetak rasporeda, dakle stotinjak prolaska trupca kroz jarmaču (odnosno dvije jarmače ako se radi o piljenju prizmiranjem).

Faktori o kojima se u simuliranom piljenju programom RARAVO vodi računa su slijedeći:

1. Za trupce se pretpostavlja da su kružni krmji stošci.

Mnoga su istraživanja pokazala da je takva pretpostavka opravdana. Ne bi bio tehnički problem raditi s eliptičnim oblikom trupca, ali se smatra da to nije potrebno. Za detaljni opis trupca (kvrge, zakrivljenost, kvaliteta) potrebno je imati specijalni detektor kraj jarmače, što je za naše prilike još neprihvatljivo.

2. Dimenzije trupca (duljina, srednji promjer, pad promjera).

3. U program su ugrađeni podaci o minimalnoj dužini odnosno širini građe, kao i standardi za porast duljine.

4. Širine raspiljka na jarmači, krajčarici i rubilici proizvoljno se mijenjaju.

5. Dozvoljeni postotak građe ispod nominalne debljine pojavljuje se kao varijabla.

6. Varijabilnost debljine građe uzrokovane netočnošću piljenja pojavljuje se također kao varijabla.

7. U program su ugrađene funkcije za radikalno odnosno tangencijalno utezanje piljenica. Vlažnost do koje se suši iznosi 20%, no, prema potrebi, ta se veličina lako promijeni u varijablu.

8. U program je ugrađena funkcija, koja na temelju gornjih faktora računa razmake pila s nadmjerama ako je zadana nominalna debljina piljenica.

9. Krojenje piljenice na rubilici i krajčarici provodi se po principu maksimalnog volumena. Kod toga se vodi računa o utezanju i standardnim dimenzijama.

Detaljnija objašnjenja matematičkih formula prema kojima se vrše izračunavanja u programu RARAVO mogu se naći u literaturi [4] i [5].

U Prilogu 1. dan je dio IZLAZA (output) koji je dao program RARAVO u jednom izvođenju.

Također su dani rezultati simuliranog piljenja trupca s prizmiranjem. Takav se izlaz dobije za svaki raspored i svaki trupac. Data je i rekapitulacija s rangiranim rasporedima kojima je bio »raspiljen« trupac.

Smatramo da ovim prilozima ne treba komentara.

R A R A V O Z I D I
STUKTURA SORTIJEHATA+PILJEVINA,USUH,NETOČNOST,OSTATAK

SREDNJI PRONJER	40	CENTIMETARA
VEĆI PRONJER	43,0	CENTIMETARA
MANJI PRONJER	37,0	CENTIMETARA
DULJINA	4,0	METARA
PAU PRONJERA	1,5	CENTIMETAR/METAR
MINIMALNA DULJINA GRADJE	100	CENTIMETARA
MINIMALNA ŠIRINA GRADJE	8	CENTIMETARA
VOLUMEN TRUPCA	50265	METARA KUBIČNIH

PROŠUSENO	1/225	2/ 22	10/ 16
VLAZNO	1/230,9	2/ 23,1	10/ 16,9

GRADJA	ŠIRINA	DULJINA	DULJINA	VOLUMEN	
PROŠUSENO	CI	CI	CI	U KUB.	
1	22,7	22,0	402,00	0,0204	2 KOPADA
2	15,0	22,0	377,00	0,01237	2 KOPADA
3	11,5	16,0	202,00	0,00364	2 KOPADA

VOLUMEN PROŠUSENE GRADJE	0,07291
OSTATAK S OBZIROM NA TRUPAC	0,14505

DUZINSKA GRUPA	VOLUMEN	OSTATAK S TRUPAC	S OBZIROM NA GRADJU
50 -93	0,0000	0,0000	0,0000
100 -275	0,01088	0,0210	0,031
300 -600	0,30829	0,6133	0,9659
UKUPNO	0,31917	0,6350	1,0
PILJEVINA	0,08822	0,1755	
USUH	0,02093	0,0406	
NETOČNOST	0,00371	0,0074	
OSTATAK	0,07112	0,1415	

R A R A V O Z I D I
RANGIRANJE RASPOREDA PREMA VOLUMEN ISKORIŠTENJU

SREDNJI PRONJER	40	CENTIMETARA
VEĆI PRONJER	43,0	CENTIMETARA
MANJI PRONJER	37,0	CENTIMETARA
DULJINA	4,0	METARA
PAU PRONJERA	1,5	CENTIMETAR/METAR
MINIMALNA DULJINA GRADJE	100	CENTIMETARA
MINIMALNA ŠIRINA GRADJE	8	CENTIMETARA
VOLUMEN TRUPCA	50265	METARA KUBIČNIH

R A S P O R E D						
5	2/ 46,6	1/ 46,6	3/ 23,1	10/ 16,9		
4	1/ 46,6	2/ 46,6	2/ 23,1	10/ 16,9		
1	1/225,8	2/ 23,1	10/ 16,9			
	2/ 46,6	1/ 46,6	3/ 23,1	10/ 16,9		
3	1/230,9	2/ 23,1	10/ 16,9			
	1/ 46,6	5/ 23,1	10/ 16,9			
2	2/113,2	2/ 23,1	10/ 16,9			
	2/ 23,1	1/ 23,1	1/ 46,6	2/ 23,1	10/ 16,9	

DATA IGNORED = IN CONTROL MODE

OFIN

3. RAVIDI

Kao što je u uvodu na primjeru pokazano, veće kvantitativno iskorišćenje ne daje nužno i veće vrijednosno iskorišćenje. Budući da je vrijednost važniji kriterij za donošenje odluke o načinu rasplijvanja, izrađen je program za elektroničko računalno koji svakom trupcu i svakom rasporedu pridružuje vrijednost dobivenih proiz-

DATE 110680 PAGE 19

RASPORED BR. 3

VOLUMEN SINOVL PRIZEL 0,297667 1 KOP.

PROŠUSENO	1/ 45	5/ 22	10/ 16
VLAZNO	1/ 46,6	5/ 23,1	10/ 16,9

GRADJA	ŠIRINA	DULJINA	DULJINA	VOLUMEN	
PROŠUSENO	CI	CI	CI	U KUB.	
1	22,5	45,0	402,00	0,04050	1 KOPADA
2	22,5	22,0	402,00	0,01950	2 KOPADA
3	22,5	22,0	402,00	0,01950	2 KOPADA
4	22,5	22,0	402,00	0,01950	2 KOPADA
5	22,5	22,0	402,00	0,01950	2 KOPADA
6	18,2	22,0	402,00	0,01364	2 KOPADA
7	12,1	16,0	327,00	0,00424	2 KOPADA
8	6,5	16,0	127,00	0,00160	2 KOPADA

VOLUMEN GRADJE NA DRUGOJ JARNAČI	0,29426
OSTATAK S OBZIROM NA TRUPAC	0,48992

DATE 110680 PAGE 22

Prilog 1

voda (pilanske građe, piljevine i otpada). Program je nazvan RAVIDI jer RANGIRA rasporede pila prema VRIJEDNOSNOM iskorišćenju uzevši u obzir prosječnu cijenu piljenica određene DIMENZIJE.

Citav princip simuliranja piljenja trupaca primijenjen u programu RARAVO zadržan je i ovdje, tako da vrijedi sve što je navedeno u točkama od 1. do 9. u poglavlju 2.

Ovdje se pojavio problem kako trupcu definiranih dimenzija »raspiljenom« određeni rasporedom pridružiti vrijednost.

Najtočnije bi bilo kada bi se vrijednost dobivena raspiljivanjem trupca računala s obzirom na vrijednosti pojedinih kvalitetnih klasa piljene građe dobivene »raspiljivanjem«.

To je, međutim, gotovo nemoguće. To bi bilo moguće uz prethodna mjerenja koja bi se morala vršiti na svakoj pilani na kojoj bi se htjelo primijeniti takav program. Takva bi mjerenja, međutim, bila preskupa i zahtijevala bi previše vremena te se ne bi isplatila. Zbog toga se odustalo od računanja vrijednosti prema kvalitetnim klasama.

Postupljeno je na slijedeći način.

Za svaku debljinu piljenice zadane rasporedom, uzeta je njezina prosječna cijena, posebno za kratku građu (2,75 m i manje), a posebno za normalnu građu (3 m i više). Također se za svako

propuštanje programa zadaje aktualna cijena piljevine odnosno krupnog otpada.

RARAVI vrši simulirano piljenje zadanim rasporedima. Množenjem volumena svake dobivene piljenice s pripadnom cijenom, odnosno množenjem volumena piljevine i krupnog otpada također s odgovarajućim cijenama, računa se vrijednost dobivenih proizvoda koja pripada trupcu i rasporedu.

Označi li se s v_{ik} volumen i-te kratke piljenice, sa c_{ik} cijenu te piljenice, analogno s v_{in} odnosno c_{in} volumen odnosno cijenu i-te piljenice normalne duljine, te s v_p i c_p odnosno v_0 i c_0 volumen, i cijenu piljevine odnosno volumen i cijenu krupnog otpada, tada se vrijednost pridružena trupcu i rasporedu dobiva kao:

$$\text{Vrijednost} = \sum v_{in} c_{in} + \sum v_{ik} c_{ik} + v_p c_p + v_0 c_0$$

Cijene c_{ik} , c_{in} , c_p i c_0 zadaju se kod svakog izvođenja programa.

Budući da je svaki trupac »raspiljen« s nekoliko rasporeda, a svakom rasporedu pripada vrijednosno iskorištenje, može se rasporede uspoređivati prema pripadnom vrijednosnom iskorišćenju. RAVIDI to radi. Svi raspoređi kojima je trupac »raspiljen« rangirani su prema vrijednosnom iskorišćenju i tako rangirani ispisani su u IZLAZU programa.

Budući da se dimenzije trupaca mijenjaju tokom izvođenja programa, to RAVIDI omogućuje

R A R A V I Z I D I R A V I D I

DATE 120480

PAGE 50

DITKOVIČEVI RASPOREDI

SREDNJI PROMJER	76	CENTIMETARA
VEĆI PROMJER	37,0	CENTIMETARA
MANJI PROMJER	35,0	CENTIMETARA
DULJINA	4,0	METARA
ŠAD PROMJERA	45	CENTIMETAR/METAR
MINIMALNA DULJINA GRAĐJE	100	CENTIMETARA
MINIMALNA ŠIRINA GRAĐJE	8	CENTIMETARA

VOLUMEN TRUPCA 40715 METARA KUBIČNIH

PROPIJLJAK NA JAHMACI	4,0	MILIMETARA
PROPIJLJAK NA KRAJCARICI	3,0	MILIMETARA
PROPIJLJAK NA RUBILICI	4,5	MILIMETARA
% GRAĐJE ISPOD NOMINALNE	10,0	
NETOČNOST PILJENJA: SIGMA	4,20	MILIMETARA
CIJENA PILJEVINE DIN/KUB.	400,	
CIJENA OTPADA DIN/KUB.	500,	

RASPORED BROJ 6

PROSUSENO	1/225	2/ 24	10/ 18
LAĐPJEFA	1/230,0	2/ 25,1	10/ 19,0
CIJENA NORMAL		1400,00	1450,00
CIJENA KRATKE		900,00	900,00

GRADJA PROSUŠENA	SIRINA CM	DEBLJINA MM	DULJINA CM	VOLUMEN M KUB.	VRIJEDNOST DINARA
1	19,0	24,0	402,00	0,1824	25,94
2	7,9	24,0	252,00	0,0450	4,32

PROSUSENO	1/ 48	5/ 24	10/ 18
VLAŽNO	1/ 49,7	5/ 25,1	10/ 19,0
CIJENA NORMAL	1600,00	1400,00	1450,00
CIJENA KRATKA	900,00	900,00	900,00

DIMENZIJA GRADJA	VOLUMEN	POSTOTAK OD TRUPCA	VRIJEDNOST DINARA
52 - 00	0,0000	0,0000	
100 - 275	0,0960	0,234	
100 - 400	0,2620	0,6437	
UKUPNO	0,2716	0,6677	304,99
PILJEVINA	0,06573	0,1614	26,29
USUH	0,0673	0,1661	
NETOČNOST	0,0297	0,0731	
OSTATAK	0,0024	0,0060	75,42
UKUPNO			435,90

GRADJA PROSUŠENO	SIRINA CM	DEBLJINA MM	DULJINA CM	VOLUMEN M KUB.	VRIJEDNOST DINARA
1	22,5	48,00	402,0	0,74320	69,12
2	22,5	24,00	402,0	0,29640	30,24
3	23,5	24,00	402,0	0,2160	30,24
4	22,5	24,00	402,0	0,2160	30,24
5	19,0	24,00	402,0	0,1920	26,88
6	8,0	24,00	377,0	0,0720	10,08

R A R A V I Z I D I R A V I D I

DATE 120480

PAGE 51

DITKOVIČEVI RASPOREDI

SREDNJI PROMJER 36 CENTIMETARA
 VEĆI PROMJER 37,0 CENTIMETARA
 MANJI PROMJER 35,0 CENTIMETARA
 DULJINA 4,0 METARA
 GAD PROMJERA 0,5 CENTIMETAR/METAR
 MINIMALNA DULJINA GRADJE 100 CENTIMETARA
 MINIMALNA ŠIRINA GRADJE 8 CENTIMETARA

PROFILJAK NA JARMACI 4,0 MILIMETARA
 PROFILJAK NA KRAJCARICI 5,0 MILIMETARA
 PROFILJAK NA RUPILICI 4,5 MILIMETARA
 % GRADJE ISPOD NOMINALNE 10,0
 NETOČIŠT PILJENJA: SIGMA = 0,20 MILIMETARA
 CIJENA PILJEVINE DIN/KUB. 400,
 CIJENA OTPADA DIN/KUB. 500.

VOLUME TRUPCA 407,5 METARA KUBIČNIH

RASPORED BROJ 7

PROMJER	1/ 40	2/ 40	3/ 24	10/ 18
NAKUPNA	1/ 40,7	2/ 40,7	3/ 25,1	10/ 19,0
CIJENA NORMAL	1600,00	1600,00	1400,00	3450,00
CIJENA KRATKE	900,00	900,00	900,00	900,00

GRANJA PROSEK	ŠIRINA CM	DEKLJINA MM	DULJINA CM	VOLUMEN M KUB.	VRIJEDNOST DINARA	KOMADA
1	33,5	48,0	400,00	0,6578	264,43	1
2	70,3	68,0	400,00	0,5750	92,76	2
3	32,1	48,0	400,00	0,4224	67,58	2
4	22,9	24,0	400,00	0,1248	17,47	2

DITKOVSKA GRUPE	VOLUMEN	POSTOTAK OD TRUPCA	VRIJEDNOST DINARA
50 - 90	0,0000	0,0000	
100 - 275	0,0000	0,0000	
200 - 600	0,28992	0,7121	
UKUPNO	0,28992	0,7121	450,98
PILJEVINA	0,05195	0,1276	20,78
USUH	0,02069	0,0508	
NETOČIŠT	0,00174	0,0043	
OSTATAK	0,04285	0,1052	21,42
SVEUKUPNO			501,09

R A R A V I Z I D I R A V I D I

DATE 120480

PAGE 53

TEST PODACI ZID I RAVIDI

SREDNJI PROMJER 36 CENTIMETARA
 VEĆI PROMJER 37,0 CENTIMETARA
 MANJI PROMJER 35,0 CENTIMETARA
 DULJINA 4,0 METARA
 GAD PROMJERA 0,5 CENTIMETAR/METAR
 MINIMALNA DULJINA GRADJE 100 CENTIMETARA
 MINIMALNA ŠIRINA GRADJE 8 CENTIMETARA

PROFILJAK NA JARMACI 4,0 MILIMETARA
 PROFILJAK NA KRAJCARICI 5,0 MILIMETARA
 PROFILJAK NA RUPILICI 4,5 MILIMETARA
 % GRADJE ISPOD NOMINALNE 10,0
 NETOČIŠT PILJENJA: SIGMA = 0,20 MILIMETARA
 CIJENA PILJEVINE DIN/KUB. 400,
 CIJENA OTPADA DIN/KUB. 500.

VOLUME TRUPCA 407,5 METARA KUBIČNIH

R A S P O R E D

RASP.	GRADJA		PILJEVINA		OSTATAK		VRIJEDNOST DINARA
	M	%	M	%	M	%	
2	1/ 25,4	1/ 40,5	2/ 25,1	10/ 19,0			
	1/ 25,1	1/ 70,0	2/ 25,1	10/ 19,0			
7	1/ 49,7	2/ 49,7	2/ 25,1	10/ 19,0	0,271	66,6	0,048 17,7
8	2/ 49,7	1/ 49,7	3/ 25,1	10/ 19,0	0,290	71,2	0,052 12,8
4	1/ 25,4	2/ 25,1	10/ 19,0		0,292	71,7	0,050 12,3
	2/ 49,7	1/ 49,7	3/ 25,1	10/ 19,0			
1	1/ 25,4	10/ 25,1			0,206	70,3	0,057 14,1
	3/ 25,1	2/ 40,5	6/ 25,1				
3	1/ 26,6	3/ 40,5	5/ 25,1		0,273	67,1	0,055 13,4
	3/ 25,1	1/ 49,7	1/ 40,5	5/ 25,1			
6	1/ 23,9	2/ 25,1	10/ 19,0		0,264	64,7	0,049 12,0
	1/ 49,7	5/ 25,1	10/ 19,0				
5	1/ 25,2	2/ 25,1	10/ 19,0		0,272	64,7	0,066 16,1
	2/ 25,0	1/ 25,1	1/ 49,7	2/ 25,1	0,254	62,5	0,062 15,3

Prilog 2 (nastavak)

da se za kratko vrijeme dobiju podaci o vrijednosnom iskorišćenju pri raspiljivanju različitih trupaca rasporedima.

U prilogu 2. prikazan je jedan dio IZLAZA koji daje program RAVIDI u jednom izvodenju. Prikazani su također rezultati simulacije piljenja trupca dužine 4 m, srednjeg promjera 36 cm i pa-

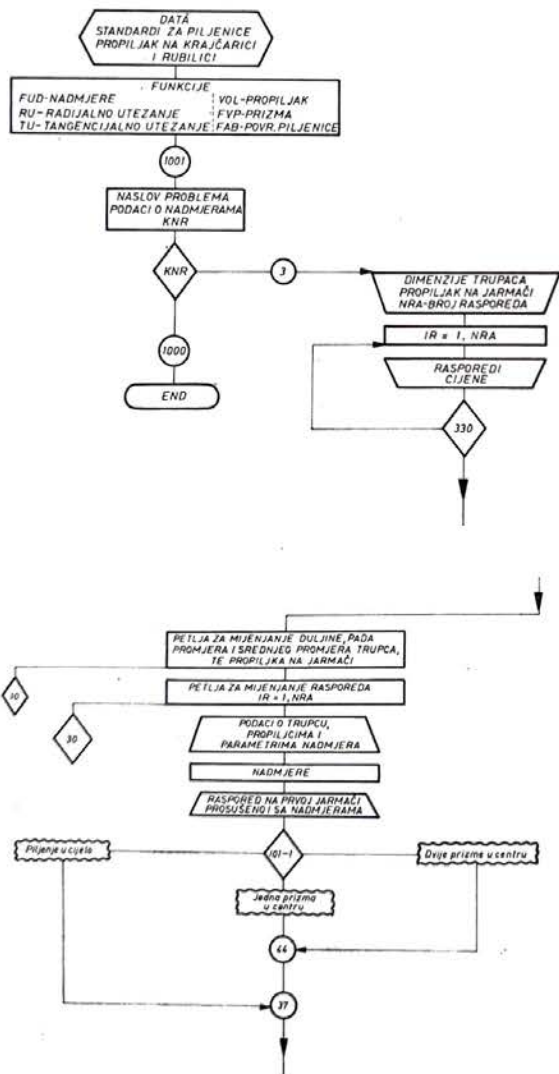
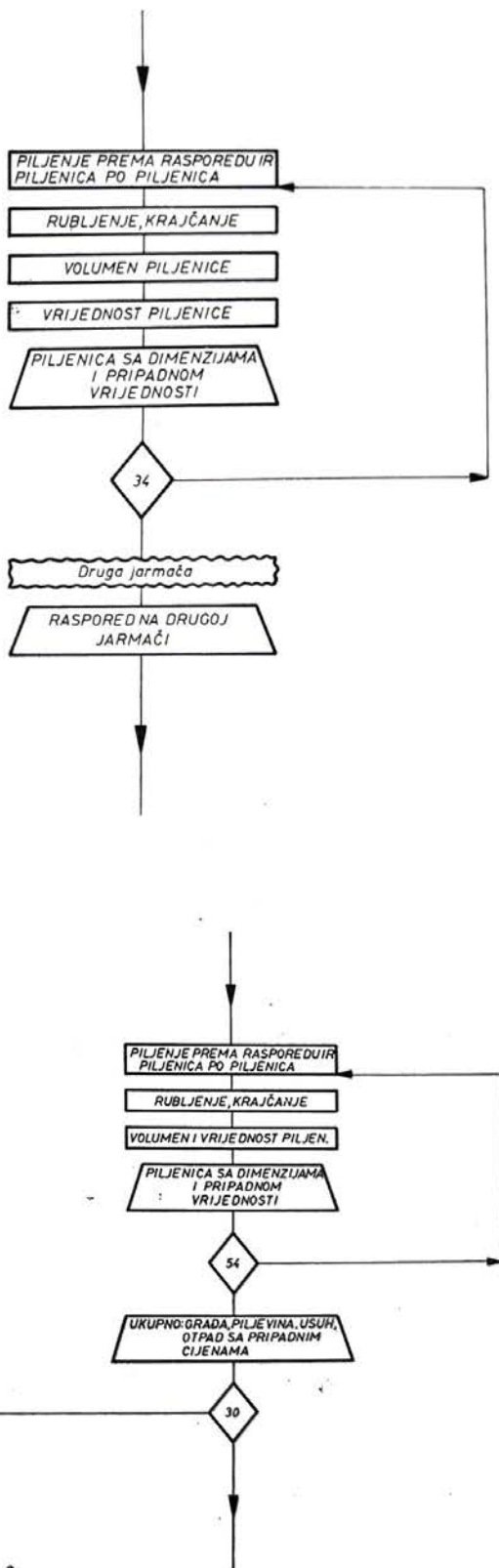
da promjera 0,5 cm/m s dva različita rasporeda, te rekapitulacija rezultata piljenja tog trupca s osam različitih rasporeda. Rasporedi su pisani po redu (rangirani) s obzirom na vrijednosno iskorišćenje. Uočljivo je nesklad između volumnog i vrijednosnog iskorišćenja. Iz listinga je vidljivo da npr. raspored br. 8. daje za 7% veće vo-

lumno iskorišćenje od rasporeda br. 2, dok mu je vrijednosno iskorišćenje za 3% manje. Može se također vidjeti da je maksimalno vrijednosno iskorišćenje za 18,3% veće od minimalnog.

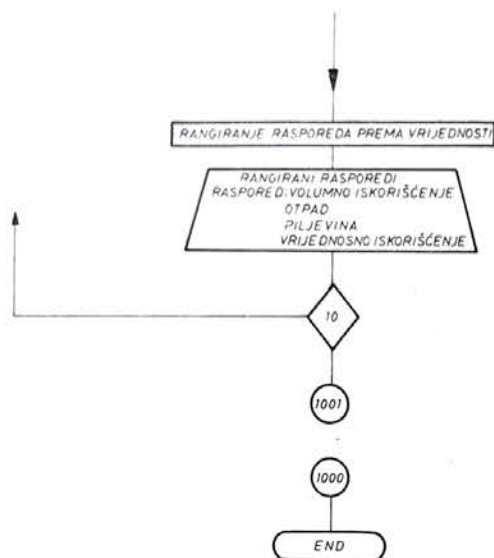
Ovdje je za primjer izvršeno simulirano piljenje svakog trupca s po osam rasporeda. Inače, broj rasporeda koji se mogu upotrijebiti za »raspiljivanje« svakog trupca praktički je neograničen, a njegovo povećavanje ne poskupljuje znatno cijenu izvođenja programa.

4. Primjenljivost programa RARAVO I RAVIDI

Uz pripremu koja može potrajati nekoliko sati, a za koje se vrijeme mogu izvršiti potrebni dogovori i priprema podataka, može se za nekoliko minuta raspolagati rezultatima o kvalitativnom odnosno vrijednosnom iskorišćenju trupaca različitih dimenzija, raspiljenih svaki s proizvoljnim brojem rasporeda.



Prilog 3



Prilog 3 (nastavak)

Praktički, ako se znade kakvim trupcima se raspolaže na stovarištu, a poznate su dimenzije građe koja se želi dobiti, sastavit će se stanovit broj rasporeda koji će dati zadržanu građu. Zatim se vrši simulirano piljenje i na temelju rezultata odaberu oni rasporedi koji daju najveće vrijednosno iskorišćenje. S tako odabranim rasporedima izvrši se zatim stvarno piljenje.

Cijena koja se za jedno izvođenje programa RAVIDI plaća računskom centru ne prelazi 500 din. Programi RARAVO i RAVIDI mogu se upotrijebiti za teorijska istraživanja koja imaju značajnu praktičnu primjenu.

Velik broj simulacija piljenja, koje se može sprovesti u kratko vrijeme, omogućuje uspoređivanje vrijednosnog odnosno volumnog iskorišćenja kako različitih trupaca raspiljenih jednim rasporedom, tako i jednog trupca raspiljenog različitim rasporedima.

Na taj se način može ustanoviti utjecaj promjena dimenzija trupca na njegovo volumno odnosno vrijednosno iskorišćenje. Ti se odnosi mogu upotrijebiti u donošenju odluka o načinu sortiranja trupaca.

Može se također ustanoviti kako na iskorišćenje trupca utječe veličina raspiljaka na jarmači, rublici, odnosno krajčarici. Te su informacije također od značenja u tehnologiji pilanske prerade.

Neki rezultati takvih istraživanja već su na raspolaganju. Navest će se jedan interesantan primjer. Trupci duljine 4 m, promjera 36 cm, 39 cm, 42 cm i 45 cm, gdje je kod svakog od navedenih promjera bio variran i pad promjera s tri vrijednosti 0,5 cm/m, 1,0 cm/m i 1,5 cm/m (dak-

le $3 \times 4 = 12$ različitih trupaca) raspiljeni su s 8 vrlo različitih rasporeda (6 »prizmiranjem« i 2 »u cijelo«).

Rezultat kod svih 12 trupaca, uz dvije male iznimke, zadržao je isti rang promatranih rasporeda s obzirom na vrijednosno iskorišćenje. To znači da je npr. raspored koji je dao najbolje iskorišćenje kod trupca srednjeg promjera 36 cm i pada promjera 0,5 cm/m dao najbolje iskorišćenje i u raspiljavanju trupca srednjeg promjera 45 cm/m, 1,5 cm/m. Slično vrijedi i za »najlošiji« raspored.

Ta se teorijska istraživanja nastavljaju, a rezultati će biti uskoro objavljeni.

5. Dijagram toka programa RAVIDI

U prilogu 3. dan je dijagram toka programa RAVIDI s njegovim najosnovnijim elementima. Detaljniji dijagram toka programa RARAVO tiskan je u radu V. Hitreca [5].

LITERATURA

- [1] M. BREZNJAK: Optimization Through Computer Programmed Sawing of Soft-wood. Sixth Wood Machining seminar Proceedings, Richmond, USA, 1979.
- [2] Đ. BUTKOVIC: Komparativna istraživanja volumnog iskorišćenja trupaca kod simuliranog i eksperimentalnog piljenja. Bilten ZIDI 7(1979) 5.
- [3] H. HALLOCK; E. H. BULGRIN: Tomorrow: Computer — made sawing decision. Rad je prezentiran na 24. godišnjem sastanku FPRS, Miami Beach, 1970.
- [4] V. HITREC: Optimizacija piljenja upotrebom kompjutorske tehnike. Rangiranje rasporeda pila za piljenje jelovih trupaca s obzirom na kvantitativno iskorišćenje, Bilten ZIDI šum. fak. Zagreb, 6 (1978):3
- [5] V. HITREC: RARAVO — ZIDI, program za elektronski računar — rangiranje rasporeda piljenja na jarmači prema volumnom iskorišćenju, Bilten ZIDI šum. fak. Zagreb, 7 (1979):1
- [6] Z. M. KARNAUHOVA; G. A. ELKIN: Album postavov dlja raspilovki breven na stroiteljnije pilomaterijali, GOSLESBUMIZDAT, Moskva, 1960.
- [7] M. KNEZEVIĆ: Racionalna prerada drveta na gateru, Institut za ispitivanje materijala NR Srbije, Beograd 1956.
- [8] M. KUGLER: Linearno programiranje u proizvodnji piljenog drva. Drvna industrija, 1—2, Zagreb, 1965.
- [9] H. C. LESLIE: Increased lumber recovery with computerized sawing.
- [10] D. W. LEWIS: Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung (Computerisierung) zur komplexen Leistung — und Kostenerfassung von der Sortenkalkulation, Referat na Interforestu, 1978, München.
- [11] K. W. MAUN: An economically viable computer — aided conversion system for British sawmills, BRE information PRL novembar 1977.
- [12] H. PLESSING; E. SONDERMANN: Cutting for maximum value using computer programming techniques (dio I i dio II).
- [13] D. B. RICHARDS: Hardwood Lumber Yield Various Simulated Sawing Methods. Forest Product Journal vol. 23. No. 10. 1973.
- [14] G. G. TITKOV: Kratkoe rukovodstvo po sostavleniu i rasčotu postavov. GOSLESBUDIZDAT, Moskva, 1955.
- [15] Computer — aided log conversion, News of timber research from PRL, december 1976.