

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Ранко В. Попадић

**ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА ПРЕЧНИКА
И КВАЛИТЕТА БУКОВЕ ОБЛОВИНЕ
НА КОЛИЧИНУ ГЛАВНИХ И
СПОРЕДНИХ ПРОИЗВОДА У
ПИЛАНСКОЈ ПРЕРАДИ ДРВЕТА**

докторска дисертација

Београд, 2014.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF FORESTRY

Ranko V. Popadić

**THE INFLUENCE OF THE BEECH LOG
DIAMETER AND QUALITY ON THE
SAWMILL PRODUCTION YIELD**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014

Подаци о ментору и члановима комисије

МЕНТОР:

Др Бранко Колин, редовни професор
Универзитет у Београду – Шумарски факултет

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Др Здравко Поповић, редовни професор
Универзитет у Београду – Шумарски факултет

Др Војислав Бајић, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду – Шумарски факултет

Др Милан Нешић, редовни професор
Универзитет у Београду – Шумарски факултет

Др Борислав Шошкић, редовни професор
Универзитет у Београду – Шумарски факултет

Датум одбране:

Захваљујем се свима који су на било који начин учествовали у изради овог рада. Посебно се захваљујем ментору др Бранку Колину и предметном наставнику др Бориславу Шошкићу, због подстицања, помоћи и корисних савета у свим фазама реализације истраживања и израде дисертације. Члановима Комисије, професорима Здравку Поповићу, Војиславу Бајићу и Милану Нешићу, захваљујем на примедбама и сугестијама којима су допринели квалитету и употпунили овај рад. За значајну помоћ у реализацији истраживања захвалност дугујем др Милану Кнежевићу, директору наставних база и колегама из Наставних база Шумарског факултета "Дебели Луг" и „Гоч“, као и предузећу „Блажсек“ из Краљева, који су обезбедили сировину и непосредно извршили прераду. Неизмерно сам захвалан и колегама Александру Ловрићу, Небојши Тодоровићу, Горану Милићу, Младену Фуртули и Слободану Орешчанину, који су директно учествовали у извођењу експеримента и премери сортимената. Захвалан сам мр Јовици Грбићу, др Бранку Главоњићу и дипл. инж. Александру Миросављевићу, чијом љубазношћу су обезбеђени подаци о ценама сортимената и параметрима сортирања на различитим тржиштима резане грађе.

“ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА ПРЕЧНИКА И КВАЛИТЕТА БУКОВЕ ОБЛОВИНЕ НА КОЛИЧИНУ ГЛАВНИХ И СПОРЕДНИХ ПРОИЗВОДА У ПИЛАНСКОЈ ПРЕРАДИ ДРВЕТА”

Резиме

Технолошки процес пиланске прераде букве је сложен, трошкови су често већи, а искоришћење слабије у односу на друге врсте дрвета. Разлог за то је што су букови трупци неправилне форме и садрже различите грешке грађе дрвета. Једна од карактеристичних грешака је лажно срце, јер сортименти израђени од таквог дрвета имају нижу вредност и ограничену примену у финалним производима.

Предмет истраживања је утицај пречника букових трупаца, њиховог квалитета и циљаног квалитета резане грађе на искоришћење и сортиментну структуру у сировом технолошком поступку пиланских прераде. Истраживање је обављено на 90 трупаца који су подељени на три квалитетне класе (према стандарду ЈУС Д.Б4.028) и три дебљинске групе. Дебљинске групе су биле: 30-34 cm (дебљински подразред IIIa), 35-39 cm (дебљински подразред IIIb) и 40-49 cm (IV дебљински разред). Дужина трупаца била је 4 m.

Израђивана је окрајчена и неокрајчена резана грађа, срчаница и ситни сортименти (четвртаче, фризе и метларка). Сви наведени главни сортименти, као и споредни (отпаци) су премерени и установљено је њихово учешће у односу на трупац. На основу добијених података, приказани су квантитативно искоришћење сировине, сортиментна структура, вредносни показатељи и добит.

Приликом прераде обловине је вариран и циљани квалитет окрајчене резане грађе. Из трупаца III дебљинског разреда је израђивана окрајчена грађа за египатско, а из трупаца IV разреда за италијанско тржиште. Сви остали сортименти су израђивани према критеријумима домаћег тржишта.

Установљено је да укупно квантитативно искоришћење расте са повећањем пречника и квалитета трупаца. Највеће просечно искоришћење забележено је код трупаца I класе квалитета из IV дебљинског разреда (63,32%), а најмање код трупаца III класе квалитета из III-а дебљинског подразреда (47,32%).

Са растом пречника и квалитета обловине увећава се учешће неокрајчене и полуокрајчене резане грађе. Квалитет трупаца не утиче на укупну количину окрајчене грађе, али је код квалитетнијих трупаца повољнији однос дугих и кратких окрајчених сортимената. Како је из обловине различитих пречника израђивана окрајчена грађа за различита тржишта, није дефинисан утицај пречника трупаца на количину и структуру ових сортимената. Ипак, при изради грађе према захтевима египатског тржишта добија се значајно више окрајчених сортимената (36-40%) него у случају израде за италијанско тржиште (15-17%). Оштрији квалитативни захтеви према окрајченој грађи резултирају увећаним присуством ситних сортимената и срчанице. На количину срчанице, због разлике у величини лажног срца, утиче и пречник трупаца.

Количина крупног отпатка креће се у опсегу од 13,13% (I класа трупаца IV дебљинског разреда) до 33,76% (III класа трупаца III-а дебљинског подразреда). Варијација у количини пиљевине је знатно мања и њено просечно учешће је 11,79%. Преостали део искоришћења трупаца чини надмера, која је уједначена и налази се у опсегу од 9 до 10%.

Код свих испитиваних група, у резаној грађи доминирају тангенцијални сортименти, који чине 40-50% од укупне количине грађе. Полурадијални и радијални сортименти су приближно једнако заступљени, са нешто више радијалних у већини група. Пречник и квалитет букове пиланске обловине не утичу на учешће радијалних, полурадијалних и тангенцијалних сортимената, али утичу на квалитет резане грађе. Са повећањем пречника и квалитета трупаца расте учешће најквалитетнијих сортимената (I класе). Сортимената II класе је најмање, док се присуство грађе III класе увећава са падом пречника и квалитета обловине.

Како би се извршила оцена укупних ефеката прераде, прорачуната је остварена добит и то као разлика између вредности свих добијених сортимената (главних и споредних) и трошкова прераде (сировине, рада и других трошкова). У прорачуну су коришћене просечне вредности сортимената добијене из четири независна извора. Трошкови сировине и други трошкови су рачунати на основу тржишних цена, познатих норматива или процењивани, док је прорачун уложеног рада извршен преко коефицијента сложености прераде.

Овај коефицијент је добијен симулацијом прераде 60 трупца из III дебљинског разреда, при чему је установљена зависност између израђеног броја сортимената и укупног времена прераде трупца. Коефицијент сложености прераде рачунат је из односа броја добијених и јединичног броја сортимената.

На основу израчунатих коефицијената, установљено је да се са падом квалитета обловине повећава сложеност прераде, односно количина посла на трупцима. Такође, количина посла се (са мањим изузецима) увећава и са повећањем пречника трупца, као и са строгошћу захтева тржишта у односу на квалитет окрајчених сортимената. Утицај квалитета трупца на добит у III дебљинском разреду није уочен, док у IV постоји тренд благог повећава добити са порастом квалитета обловине.

Како утицај пречника и квалитета трупца на добит због велике варијације није доказан, извршена је прерасподела података. Формиране су нове групе, односно, трупци су груписани или према квалитету или према пречнику. Наведена анализа је показала да квалитет обловине нема значајног утицаја на величину добити, али пречник има. Већи пречници обловине омогућавају већу добит јер имају значајније учешће зоне без грешака грађе дрвета, што омогућава израду крупнијих и скупљих сортимената.

При тренутним односима цена на тржишту, не постоји разлика у добити која би била последица израде окрајчене резане грађе за различита тржишта. Међутим, готово трећина испитиваних трупца показала се као нерентабилна или на граници рентабилности прераде.

Кључне речи: пиланска прерада, буква, трупци, резана грађа, искоришћење, квалитет, вредност

THE INFLUENCE OF THE BEECH LOG DIAMETER AND QUALITY ON THE SAWMILL PRODUCTION YIELD

Abstract

The processing of beech round-wood is very complex and challenging, usually considering higher costs and lower yields in comparison to the processing of other wood species. The beech logs have irregular shape and comprise of different forms of faults in wood structure. One of the characteristic faults in beech wood is the appearance of false heartwood, downgrading the value of the sawmill products with such features and limiting their application.

The goal of this dissertation was to evaluate the influence of diameter of beech logs, its quality and the aimed quality of sawn timber, on the yield and the structure of the end products in a sawmill technological process. The object of the research included 90 logs, divided in tree quality classes according to the standard JUS D.B4.028. In addition, tree thickness classes were chosen: 30-34 cm (thickness subclass IIIa), 35-39 cm (thickness subclass IIIb) and 40-49 cm (thickness subclass IV).

Both edged and non-edged sawn timber were produced, together with red heart boards and small dimension elements. Those main products, as well as by-products (waste), were measured and their ratio in the log was determined. The data were used to calculate the quantitative yield of the raw material, products structure, quality characteristics and the end products value.

The target quality of edged sawn timber was varied during the processing of round-wood. The sawn timber corresponding to the Egyptian market criteria was obtained from the class III logs, while for the Italian market criteria it was obtained from the class IV logs. All other sawn products were produced according to the criteria of Serbian market.

It was found that the total quantitative yield increases with the increase of diameter and the quality of logs. The highest mean value of quantitative yield was noticed in the logs of the quality class I and the thickness class IV (63.32%). Contrary, the lowest yield was recorded for the logs of the quality class III and the thickness subclass III-a (47.32%).

The increase in diameter and the quality of round-wood have increased the ratio of un-edged and half-edged sawn timber. The increase in the logs quality had no influence on total quantity of edged timber, but it was favorable for the ratio of long edged products towards the short ones. Since the round-wood of different diameters were used to produce the sawn timber for different markets, it was not possible to determine the influence of its diameter on the quantity and the structure of such sawn product. However, the sawn timber produced according to the Egyptian marked demands resulted in higher ratio of edged products (36-40%) in regard to the timber produced according to the Italian market demands (15-17%). The more severe demands for the higher quality of sawn timber have resulted in increased ratio of products with small dimensions and red heart wood.

The amount of coarse wood residues ranged from 13.13% (quality class I - thickness class IV) up to 33.76% (quality class III - thickness subclass III-a). Contrary, the amount of sawdust showed much less variation, having the mean value of 11.79%. The overmeasure contributes to the rest of the log utilization, with uniform ratio in the range from 9 to 10%.

The sawn timber is consisted mostly of tangential products, in all examined groups, which amounts roughly 40 - 50% of total amount of timber. Half-radial and radial assortments have similar ratio, with slightly higher amount of radial assortments in the majority of tested groups. Diameter and the quality of beech sawmill round-wood had not effect on the ratio of radial, half-radial and tangential assortments but the same parameters influenced the quality of sawn timber. The amount of the highest quality assortments (class I) increased with the increase in diameter and the quality of logs. The class II had the lowest contribution, while the amount of the class III timber increased with the decrease in diameter and the quality of round-wood.

In order to evaluate total processing effects, the obtained profit was calculated as a difference between the values of produced assortments (the main and subsided ones) and the production costs (raw material, applied work and other expenses). The calculation was based on the mean values of assortments, obtained from four independent sources. The costs of raw material and other expenses were calculated on

the base of market prices, existing norms or by the means of estimation. The calculation of applied work was done by using the coefficient of production complexity.

This coefficient was obtained through the processing simulation, based on the 60 logs from the quality class III, and by establishing the dependence between the number of produced assortments and the total time of processing. The coefficient of production complexity was calculated from the ratio of the produced and the unit number of assortments.

On the bases of the calculated coefficients it was found that the production complexity, and hence the amount of work applied, have increased with the decrease in round-wood quality. In addition, the amount of work (with minor exceptions) has increased with the increase in logs diameter, as well as with the higher market demands in regard to the quality of edged assortments. The influence of the logs quality on the profit, concerning the thickness class III, has not been noticed. At the same time, there is the tendency of slight increase in profit with the increase in round-wood quality in the thickness class IV.

The influence of diameter and the quality of logs on the profit has not been confirmed due to the high variation. Hence, the redistribution of data was performed, and the new groups were selected, i.e. the logs were grouped either according to the quality or according to the diameter. The analysis has shown no significant influence of the round-wood quality on the obtained profit. Contrary, the increase of the round-wood diameter has enabled higher profit values due to the increased portion of the wood structure without faults, and hence providing the production of assortments with higher dimensions and higher market values.

The application of current market prices has shown no difference in the profit that could be the consequence of the edged timber production for different markets. However, almost the third of the round-wood used in this research was found to be non profitable or close to the profitable limit of processing.

Key word: sawmill processing, beech, logs, sawn timber, yield, quality, value

Шумарски факултет Универзитета у Београду
Кључна документациона информација

Редни број (РБР)	
Идентификациони број (ИБР)	
Тип документације (ТД)	Монографска публикација
Тип записа (ТЗ)	Текстуални штампани материјал
Врста рада (ВР)	Докторска дисертација
Аутор (АУ)	Мр Ранко Попадић
Ментор (МН)	Др Бранко Колин, редовни професор
Наслов рада (НС)	Истраживање утицаја пречника и квалитета букове обловине на количину главних и споредних производа у пиланској преради дрвета
Језик публикације (ЈЗ)	Српски
Земља публикавања (ЗП)	Србија
Година (ГО)	2014
Издавач (ИЗ)	Ауторски репринт
Место и адреса (МС)	11030 Београд, Кнеза Вишеслава 1
Физички опис рада (бр. поглавља/ страна/лит.навода/табела/слика/додат.)	10/176/134/40/38/-
Научна област (НО)	Прерада дрвета
Научна дисциплина (ДИС)	Примарна прерада дрвета
Предметна одредница/кључне речи (ПО)	пиланска прерада, буква, трупци, резана грађа, искоришћење, квалитет, вредност
UDK	674.093.6-412+630*832.1(043.3)
Чува се (ЧУ)	Библиотека Шумарског факултета у Београду
Важна напомена (ВН)	Нема
Датум прихватања теме од стране НН	23.02.2009.
Датум одбране (ДО)	

University of Belgrade, Faculty of Forestry

Key words documentation

Accession Number (ANO)	
Identification Number (INO)	
Document Type (DT)	Monographic publication
Type of Record (TR)	Textual printed article
Contains Code (CC)	Ph. D. thesis
Author (AU)	M.Sc. Ranko Popadić
Mentor (MN)	Dr Branko Kolin, full professor
Title (TI)	The influence of the beech log diameter and quality on the sawmill production yield
Language of text (LT)	Serbian
Country of Publication (CP)	Serbia
Locality of Publication (LP)	Serbia
Publication Year (PY)	2014
Publisher (PB)	Author
Publication Place (PL)	11030 Beograd, Srbija, Kneza Višeslava 1,
Physical description (PD) (number of chapters/ pages/ citations/ tables/ /images /maps)	10/176/134/40/38/-
Science field (SF)	Wood processing
Science discipline (SD)	Primary wood processing
Subject/Key words (CX)	sawmill processing, beech, logs, sawn timber, yield, quality, value
UC	674.093.6-412+630*832.1(043.3)
Holding Data (HD)	Library of Faculty of Forestry, Belgrade
Note (N)	None
Accepted by Scientific Board on (ACB)	23.02.2009.
Defended on (DE)	
Thesis Defend Board (DB)	Dr Branko Kolin, full.prof. Faculty of Forestry, Belgrade Dr Zdravko Popović, full.prof. Faculty of Forestry, Belgrade Dr Vojislav Bajić, retired full.prof. Faculty of Forestry, Belgrade Dr Milan Nešić, full.prof. Faculty of Forestry, Belgrade Dr Borislav Šoškić, full.prof. Faculty of Forestry, Belgrade

САДРЖАЈ

1. Увод	1
2. Предмет, циљ и основне хипотезе	6
3. Преглед досадашњих истраживања	13
3.1 Својства дрвета букве	13
3.2 Искоришћење у преради обловине	24
3.2.1 Класични експеримент	28
3.2.2 Симулације.....	38
3.2.3 Нове методе за унапређење искоришћења дрвета.....	50
3.3 Економичност прераде.....	61
4. Програм истраживања	66
5. Материјал и метод рада	68
5.1 Материјал за истраживање	68
5.2 Прерада обловине.....	70
5.3 Класирање и мерење сортимената	77
5.4 Израчунавање искоришћења	79
5.4.1 Квантитативно искоришћење	79
5.4.2 Вредносни параметри.....	82
5.4.2.1 Утицајни фактори на рентабилност прераде	84
5.4.2.2 Добит	88
5.4.2.3 Коефицијент вредносног искоришћења	89
5.4.2.4 Коефицијент увећања вредности	91
5.4.2.5 Коефицијент сложености прераде	93
5.5 Обрада података	101
6. Резултати истраживања	102
6.1 Подаци о сировини.....	102
6.2 Квантитативно искоришћење	106
6.2.1 Дебљински разред III-а	107
6.2.1.1 Квантитативно искоришћење трупаца III-а дебљинског разреда	107
6.2.1.2 Сортиментна структура главних производа.....	108
6.2.1.3 Структура резане грађе према положају у трупцу	110
6.2.1.4 Квалитет резане грађе.....	111
6.2.2 Дебљински разред III-б	111
6.2.2.1 Квантитативно искоришћење трупаца III-б дебљинског разреда	111
6.2.2.2 Сортиментна структура главних производа.....	113
6.2.2.3 Структура резане грађе према положају у трупцу	114
6.2.2.4 Квалитет добијених сортимената	115
6.2.3 IV дебљински разред.....	116
6.2.3.1 Квантитативно искоришћење трупаца IV дебљинског разреда.....	116
6.2.3.2 Сортиментна структура главних производа.....	118
6.2.3.3 Структура резане грађе према положају у трупцу	119
6.2.3.4 Квалитет добијених сортимената	120
6.3 Вредносно искоришћење	121

6.3.1	Коефицијент сложености прераде.....	121
6.3.2	Вредносно искоришћење	124
6.3.2.1	Вредносно искоришћење трупаца III-а дебљинског разреда.....	124
6.3.2.2	Вредносно искоришћење трупаца III-б дебљинског разреда.....	125
6.3.2.3	Вредносно искоришћење трупаца IV дебљинског разреда.....	126
7.	Анализа резултата истраживања.....	127
7.1	Примењени начини резања	127
7.2	Квантитативно искоришћење	128
7.2.1	Укупно квантитативно искоришћење	129
7.2.2	Сортиментна структура.....	131
7.2.3	Анализа сортимената према положају из трупаца	138
7.3	Квалитативно искоришћење	142
7.4	Вредносно искоришћење	145
8.	Закључна разматрања и закључци	156
9.	Препоруке за даља истраживања	163
10.	Литература.....	165
	Биографија аутора и Прилози	177

САДРЖАЈ СЛИКА

Слика 1: Распоред квалитетних зона у деблу четинара и лишћара (Шошкић и Поповић, 2002).....	23	
Слика 2: Програм истраживања.....	67	
Слика 3: Обарање стабла	Слика 4: Шумско стовариште.....	68
Слика 5: Обележени трупци	Слика 6: Увожење трупаца у халу.....	70
Слика 7: Резање скроз.....		71
Слика 8: Кружно индивидуално резање.....		72
Слика 9: Резање призирањем.....		72
Слика 10: Резање половњака.....		73
Слика 11: Технолошка основа пилане предузећа „Блажекс“, $P=1:200$		74
Слика 12: Прерада на трачној пили	Слика 13: Секундарна прерада.....	75
Слика 14: Технолошка основа пилане ННБ Дебели Луг, $P=1:200$		76
Слика 15: Прерада на трачној пили	Слика 16: Секундарна прерада.....	77
Слика 17: Постављање статива са фото апаратом на позицију за снимање.....		95
Слика 18: Оригинална фотографија примарно испиљеног сортимента.....		95
Слика 19: Припрема фотографије за симулацију резова.....		96
Слика 20: Пример симулације секундарне прераде једне даске.....		96
Слика 21: а) Мерење дужине реза	б) Дужина реза уписана у табелу.....	97
Слика 22: Потреба за окретањем букових трупаца у зависности од њиховог пречника.....		127
Слика 23: Примењени начини примарног пиљења букове обловине у зависности од пречника трупаца.....		128
Слика 24: Квантитативно искоришћење буковине у зависности од пречника и квалитета пиланске обловине.....		129
Слика 25: Структура главних и споредних производа при пиљењу букових пиланских трупаца различитог квалитета из III и IV дебљинског разреда.....		131
Слика 26: Учешће срчанице у зависности од пречника и квалитета букове обловине.....		134
Слика 27: Утицај пречника и квалитета букове обловине на структуру пиланских отпадака.....		136
Слика 28: Утицај пречника и квалитета букове обловине на учешће радијалних, полурадијалних и тангенцијалних крупних пиланских сортимената у трупцу.....		140
Слика 29: Структура крупних пиланских сортимената према положају у трупцу.....		140
Слика 30: Квалитативна структура крупних пиланских сортимената у зависности од пречника и квалитета букове обловине.....		143
Слика 31: Средњи коефицијент вредности резане грађе у зависности од пречника и квалитета букових трупаца.....		145
Слика 32: Коефицијент вредносног искоришћења у зависности од пречника и квалитета букових трупаца.....		146
Слика 33: Коефицијент увећања вредности у зависности од пречника и квалитета букових трупаца.....		147
Слика 34: Величина добити по кубном метру обловине у зависности од пречника и квалитета букових пиланских трупаца.....		148
Слика 35: Утицај квалитета трупаца (а) и пречника (б) на добит у пиланској преради буковине.....		150
Слика 36: Однос средњег коефицијента вредности и добити по m^3 обловине.....		154
Слика 37: Однос коефицијента вредносног искоришћења и добити по m^3 обловине.....		154
Слика 38: Однос коефицијента увећања вредности и добити по m^3 обловине.....		155

САДРЖАЈ ТАБЕЛА

Табела 1: Својства буковог дрвета у Србији, по Шошкићу и Скакићу (1995)

Табела 2: Расподела квалитетних делова у деблу букве (Јанковић и Прокић, 1968).....	23
Табела 3: Квантитативно искоришћење буковине у изради резане грађе по Зубчевићу (1973)	29
Табела 4: Приближна просечна структура квантитативног искоришћења пиланских букових трупаца и пиланских трупаца тврдих лишћара класичном технологијом и технологијом дрвних елемената, (Брежњак 1977):	33
Табела 5: Утицај карактеристичних грешака букових трупаца на квалитативну структуру испиљених дасака (Палович 1973, према Иштванићу 2003)	34
Табела 6: Преглед квантитативног искоришћења трупаца [%], Шошкић и Милић (2005).....	36
Табела 7: Структура букове резане грађе у зависности од начина примарног пиљења (Попадић, 2006):.....	37
Табела 8: Цене букових главних производа.....	85
Табела 9: Коefицијенти вредности букових главних производа.....	90
Табела 10: Коefицијенти вредности трупаца	92
Табела 11: Подаци о трупцима из III-а деblјинског разреда.....	103
Табела 12: Подаци о трупцима из III-б деblјинског разреда.....	104
Табела 13: Подаци о трупцима из IV деblјинског разреда.....	105
Табела 14: Запремине трупаца (m ³) у зависности од начина рачунања.....	106
Табела 15: Стандардно квантитативно искоришћење (%) у зависности од пречника и квалитета букове пиланске обловине	106
Табела 16: Квантитативно искоришћење и структура производа при резању букових трупаца III-а деblјинског разреда.....	107
Табела 17: Статистички показатељи квантитативног искоришћења трупаца III-а деblјинског разреда	108
Табела 18: Сортиментна структура главних производа при резању трупаца III-а деblјинског разреда	109
Табела 19: Структура резане грађе према положају у трупцу за III-а деblјински разред	110
Табела 20: Квалитет резане грађе из трупаца III-а деblјинског разреда	111
Табела 21: Квантитативно искоришћење и структура производа при резању букових трупаца III-б деblјинског разреда.....	112
Табела 22: Статистички показатељи квантитативног искоришћења трупаца III-б деblјинског разреда	113
Табела 23: Сортиментна структура главних производа при резању трупаца III-б деblјинског разреда	114
Табела 24: Структура резане грађе према положају у трупцу за III-б деblјински разред	115
Табела 25: Квалитет крупних главних сортимената из трупаца III-б деblјинског разреда.....	116
Табела 26: Квантитативно искоришћење и структура производа при резању букових трупаца IV деblјинског разреда.....	117
Табела 27: Статистички показатељи квантитативног искоришћења трупаца IV деblјинског разреда	118
Табела 28: Сортиментна структура главних производа при резању трупаца IV деblјинског разреда	119
Табела 29: Структура резане грађе према положају у трупцу за IV деblјински разред	120
Табела 30: Квалитет крупних сортимената из трупаца IV деblјинског разреда	121
Табела 31: Количина посла при симулираној преради букових пиланских трупаца	122
Табела 32: Коefицијенти сложености прераде (k _{sp})	123
Табела 33: Вредносно искоришћење трупаца III-а деblјинског разреда	125
Табела 34: Вредносно искоришћење трупаца III-б деblјинског разреда.....	125
Табела 35: Вредносно искоришћење трупаца IV деblјинског разреда	126
Табела 36: Структура неокрајчене резане грађе	132
Табела 37: Структура окрајчене резане грађе	133
Табела 38: Релативни однос крупних и ситних пиланских сортимената из букових трупаца ..	135
Табела 39: Сортиментна структура при преради букових трупаца – релативни однос	138
Табела 40: Корелациона анализа вредносних показатеља пиланске прераде буковине	153

СПИСАК СКРАЋЕНИЦА И СИМБОЛА

β_V	– запреминско бубрење дрвета
BOF	– Best Opening Face – најповољнија раван првог реза на трупцу
b_s	– измерена ширина сортимента
b_z	– ширина сортимента заокружена по стандарду
V	– запремина трупца
$V_1, V_2, \dots V_n$	– укупне запремине различитих врста сортимената
v_a	– апсолутна влажност дрвета
V_g	– вредност грађе
V_{ksp}	– вредност крупних споредних производа
V_p	– укупна вредност производа
V_{ssp}	– вредност ситних споредних производа
GPR	– ground-penetrating radar – радар за детекцију грешака дрвета
D	– добит,
D	– пречник на дебљем крају трупца
d	– пречник на тањем крају трупца
d_1 и d_2	– унакрсно мерени пречници на датом пресеку
$D_{1,3}$	– пречник стабла на прсној висини (на 1,3 m)
d_n	– номинална (стандардна) дебљина сортимента
D_{sp}	– пречник лажног срца на пању
d_s	– измерена дебљина сортимента
DT-MRI	– Diffusion Tensor Magnetic Resonance Imaging, систем за мерење дифузије воде
ЕУ	– Европска унија
ЈУС	– југословенски стандард
К	– кружно индивидуално резање
$k_1, k_2, \dots k_n$	– коефицијент вредности врсте сортимента, који се рачунају:
k_c	– коефицијент цена
k_i	– коефицијент квантитативног искоришћења
k_{sp}	– коефицијент сложености прераде
k_{uv}	– коефицијент увећања вредности
k_{vg}	– средњи коефицијент вредности резане грађе
k_{vi}	– коефицијент вредносног искоришћења
k_{vt}	– коефицијент вредности трупаца
k_x	– коефицијент вредности датог сортимента
l_s	– измерена дужина сортимента
l_t	– дужина трупца
l_z	– дужина сортимента заокружена по стандарду
m_{ksp}	– маса дрвета у крупним споредним производима
N	– вредности надмере
n_j	– јединични број сортимената
ННБ	– Наставно-научна база
N_{pm}	– норматив примарне машине (просечна дужина реза у минути)
n_{pr}	– број сортимената из трупца
P_d	– површина дебљег краја трупца
P_i	– проценат искоришћења
P_{ir}	– сортиментна структура у релативном смислу
P_{ist}	– стандардно квантитативно искоришћење
P_s	– површина пресека на средини дужине трупца

P_t	– површина тањег краја трупца
П	– призирање
Р	– процентни фактор
q	– запремина сортимента после заокруживања димензија
Q_g	– укупна запремина главних сортимената из трупца
q_g	– укупна запремина резаних сортимената одређеног типа
q_i	– запремина појединих сортимената у трупцу
Q_{ksp}	– запремина крупних споредних производа
q_s	– стварна запремина добијеног сортимента
Q_{ssp}	– запремина ситних споредних производа
Q_t	– запремина трупца
Q_{ts}	– стандардна запремина трупца
ρ_0	– густина дрвета у апсолутно сувом стању влажности
ρ_d	– густина дрвета
ρ_k	– густина коре
ρ_v	– густина дрвета при некој влажности
R	– коефицијент корелација
R^2	– коефицијент детерминације
РП	– резање половњака
С	– резање скроз
СРПС	– српски стандард
СТО	– Светска трговинска организација
T_e	– норматив трошкова за енергију
T_p	– трошкови производње
t_{pd}	– време потребно за попречно пререзивање дасака из трупца
t_{pf}	– време потребно за попречно пререзивање фриза из трупца
T_{prs}	– просечни трошкови прераде
T_{rs}	– норматив трошкова радне снаге
t_{uk}	– укупно време прераде трупца
t_{uo}	– укупно време уздужне обраде дасака и фриза из трупца
UNECE	– Економска комисија Уједињених нација за Европу (United Nations Economic Commission for Europe)
T_{pr}	– стварни трошак прераде
T_{prs}	– просечни трошкови прераде
T_s	– трошкови набавке букове обловине
FAO	– Food and Agriculture Organization of the United Nations (Организација Уједињених нација за храну и пољопривреду)
ft	– стопа (јединица за дужину, $ft = 0,3048\text{ m}$)
C_B	– површина дебљег краја трупца
C_g	– цена резаних сортимената датог типа
C_{ig}	– цена датог сортимента
C_{jg}	– цена јединичног сортимента
C_{jt}	– јединична цена трупаца
C_{ksp}	– цена крупних споредних производа
C_S	– површина тањег краја трупца.
C_{ssp}	– цена ситних споредних производа: $21,5\text{ €/m}^3$
C_t	– цена трупца са превозом (€/m^3)
ЦТ	– компјутеризована томографија (computed tomography - CT)

1. УВОД

По завршетку последњег леденог доба, пре око 10 000 година, на Земљи је остало око 6 милијарди хектара шума. Услед климатских промена, али и дејством човека, ова површина је смањена на око 4 милијарде хектара, што је око 31% од укупне површине планете (FAO 2012b). До највећег смањење површине под шумама дошло је у последњих двестотинак година (око милијарду хектара), напоре са растом људске популације која је за то време порасла више од пет пута. Овакав нагли раст резултовао је потребом за храном, што је убрзало крчење шума и њихово претварање у обрадиво земљиште и пашњаке, али и у градске стамбене површине. Према FAO (2012b), просечно годишње смањење површина под шумама у првој декади 21. века износи 5,2 милиона хектара, а до 2030. године ће (према FAO 2012c), због раста популације на око 8,3 милијарде људи, више од 65 милиона хектара земљишта из шумског бити преведено у пољопривредно.

У уводној речи монографије "Буква у Србији" (2005), уредник Стојановић наводи да је Србија у првој половини 19. века била обрасла непроходним буковим и храстовим шумама и да је њена шумовитост у том периоду износила око 80%. У међувремену, дошло је до пораста броја становника што је, у циљу стварања пољопривредног земљишта и пашњака, довело до значајног крчења шума. Такође, већи број ратова и обнова земље након њих финансиран је из природних богатстава, између осталог и квалитетном дрвном грађом. Резултат наведених околности је да је шумовитост Србије пала на испод 30% (данас је око 29,1%) и да је структура трупаца и квалитет дрвета које излази из наших шума све лошији. Банковић и остали (2009) указују на основни проблем који оптерећује шуме Србије, а то је доминантно учешће изданаčkih шума (64,7%), због чега су знатно умањени производни ефекти, еколошка стабилност и функционална вредност шумског фонда. Тако се, према подацима Републичког завода за статистику (подаци за период од 2006. до 2011. године), из домаћих

шума годишње добија свега 0,9 до 1 милион кубних метара техничког дрвета. Инсталисани пилански капацитети премашују наведену количину, тако да већина домаћих произвођача ради само у једној смени.

Осим поменутог недостатка квалитетне сировине прерађивачи у Србији изложени су и низу других проблема. Период транзиције није преживела готово ниједна пилана већег капацитета. Нема ни великих извозника резане грађе, па заједнички наступ на страним тржиштима и договорене минималне цене резане грађе не постоје. Опрема у пиланским погонима је технолошки застарела, а скупи кредити и ниска стопа акумулације не обезбеђују реалне могућности за њено осавремењавање. Осим тога, развој нових материјала који омогућавају производњу јефтених и квалитетних производа прети да потисне традиционалне дрвене производе са тржишта, што уз светску економску кризу у великој мери угрожава комплетну дрвну индустрију.

Према закључном саопштењу са 4. конгреса пиланара југоисточне Европе (2013), од почетка кризе до августа 2013. године пад прихода грађевинског сектора у Европској унији (ЕУ) износио је 25%, што је значајно угрозило пилане широм Европе, а само у региону југоисточне Европе је у протекле три године затворено готово 25% пилана. Према истом извору, Европска комисија предвиђа да ће до 2016. године Европској унији недостајати око 63 милиона m^3 дрвне биомасе, док су предвиђања UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) да ће до 2030. године регион југоисточне Европе бити главна сировинска база за развијену европску дрвну индустрију.

Наведене чињенице указују да ће се домаћи пилански прерађивачи у блиској будућности суочити са новим тешкоћама. Свакако, највећа од њих је неизвесност по питању стабилног и константног снабдевања сировином. Осим већ поменутог питања количине и квалитета трупаца на тржишту, на недостатак сировине могли би утицати и неки нови фактори. Наиме, увођење тржишног привређивања у сектор шумарства довело је до оријентације ка проширењу тржишта и подизању цена сировине. У том правцу, на глобалном

нивоу се већ дуже време спроводи кампања везана за промоцију дрвета као еколошког материјала са циљем проширења области његове примене. Ова акција доноси корист и дрвној индустрији. Међутим, један од главних аспеката кампање је питање обновљивих извора енергије, односно, предности коришћења дрвета као горива и његова производња у енергетске сврхе. Ако би се плански приступило организовању такве шумске производње (производња дрвета – горива у наменским засадима брзорастућих врста, прикупљање и прерада шумског и другог дрвног отпада...), могао би се на адекватан начин задовољити поменути еколошки аспект. Проблем је што је за организацију и припрему такве производње потребно време, а произвођачи опреме за израду пелета, брикета и когенерацију већ имају спремне уређаје. Осим тога, успешно су излобировали дотиране цене енергије из обновљивих извора као и субвенције на кредите за опрему. У таквим околностима се у Србији, али и у окружењу, интензивно граде нови погони – велики потрошачи дрвета, што полако увећава поменути недостатак сировине.

Друга отежавајућа околност у погледу стабилног снабдевања сировином је чињеница да ће се са приближавањем Србије чланству у ЕУ и Светској трговинској организацији (СТО) повећавати притисак у смислу отварања тржишта и омогућавања слободног промета трупца. Имајући у виду слабе економске могућности наших прерађивача, може се очекивати да би у таквим околностима значајне количине сировине отишле у извоз. Оваквом притиску су биле изложене и друге земље и већина је предузела одређене мере у циљу очувања сопствене дрвне индустрије. Руска федерација је 2007. године увела експортне таксе од 25% на извоз трупца из земље, а 2009. их је увећала на чак 80%, што је редуковало извоз са око 50 на око 20 милиона m^3 обловине годишње. Међутим, FAO (2012a) у прегледу тржишта за 2010-2011. годину предвиђа знатно умањене ових такси у оквиру преговора за чланство у СТО, којој је у међувремену Руска федерација приступила. У Хрватској су пре приступања ЕУ склопили вишегодишње уговоре о снабдевању пиланском сировином са домаћим прерађивачима. Међутим, јавили су се многи проблеми, један број корисника уговора је закључио да је исплативије извозити трупце

него их прерађивати, а све заједно је резултирало значајним дефицитом на тржишту обловине. У Црној Гори су питање снабдевања трупцима решили концесијама (што је свакако лоше решење), док је Словенија по отварању тржишта готово остала без дрвне индустрије.

Сви наведени примери указују да ће снабдевање пиланском сировином ускоро постати веома озбиљан проблем. Неизвесност у количинама и квалитету трупаца чини неизвесном и испоруку готових производа, што у оштрим околностима пословања на тржишту може бити погубно за произвођаче. Осим тога, недостатак сировине неминовно доводи и до повећања трошкова за њену набавку, што умањује рентабилност прераде. Такође, рентабилност пиланске прераде угрожена је и услед економских тешкоћа становништва (смањена куповна моћ утиче на промет дрвета и иницира проблеме у пласману производа), али и услед великих трошкова производње и ниске продуктивности као резултата примене застареле и истрошене технологије.

Ако се узме у обзир немогућност предвиђања догађаја на тржишту сировине и изузетно неповољни кредитни услови на тржишту капитала, тешко да се могу очекивати већа улагања у опрему и отварање нових савремених пиланских капацитета. Тако ће опстанак постојећих предузећа пиланске прераде зависити од низа фактора на које она сама неће имати већег утицаја (догађања на тржиштима сировине, резаних сортимената и капитала, укупне економске ситуације у држави и свету...), али и од одређених активности и решења које могу применити сами произвођачи. Решење за поједине проблеме може се тражити у удруживању произвођача у циљу промоције и брендирања пиланских производа, заједничког наступа на страним тржиштима или утицаја на државне, европске и светске форуме, као што је акција која се води у Европском парламенту са циљем да се ограничи количина биомасе из дрвета или изналажење решења за успоравање или спречавање извоза сировине и слично.

Ипак, највећи утицај на успешност прераде и пословања може се остварити кроз различите мере које сами произвођачи треба да предузму. Потребно је извршити рационализацију и увести строгу контролу трошкова производње. Осим тога, неопходно је обновити и осавременити средства рада и транспорта, али плански и из реалних (ако је могуће сопствених) средстава. Такође, обуком, образовањем и специјализацијом радне снаге стичу се услови за достизање максималних производних ефеката. Међутим, ови ефекти се могу остварити само уз добро познавање дрвне сировине и одабир адекватних метода њене прераде у циљу што бољег квантитативног, квалитативног и вредносног искоришћења. Ово се посебно односи на букву, нашу најважнију индустријску врсту дрвета.

2. ПРЕДМЕТ, ЦИЉ И ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ

Буква је најраспрострањенија врста дрвета на Балканском полуострву. Према Glavonjić et al. (2009), највећа површина букових шума је у Румунији, 1,9 милиона хектара, док је Србија на другом месту са 992 000 хектара. Банковић и остали (2009) наводе да је у Србији 2007. године расло 436.581.955 букових стабала чија је укупна запремина износила 146.850.828 m³. Према истом извору, буква у укупној запремини дрвета у Србији учествује са 40,5%, а у запреминском прирасту са 30,6%. Према Статистичком годишњаку Републике Србије (2012), из државних шума се у периоду 2009 – 2011. године добијало око 250 000 m³ трупца за резање букве, али је укупна посечена количина непозната због недостатка података из приватних шума.

Буково дрво због мале трајности раније није било на цени. До друге половине 20. века је због своје биолошке снаге и склоности да осваја прелазна станишта и на тај начин шири свој ареал у одређеној мери сматрано коровом (Стојановић, 2005). Осим мале трајности која је првенствено последица склоности буковине ка труљењу, ова врста дрвета поседује и друге лоше особине, као што су високе вредности утезања – за последицу имају знатан губитак при сушењу, али и изражену анизотропију која доводи до кривљења, витоперења и пуцања дрвета током сушења.

Међутим, правилним вођењем процеса вештачког сушења може се редуковати пуцање и кривљење грађе, а правовременом сечом и транспортом трупца, као и применом метода заштите дрвета могу се умањити штете од гљива и инсеката. Из тог разлога је, имајући у виду низ добрих својстава (првенствено њене естетске карактеристике, чврстоћу и обрадивост), буковина постала веома тражена, а поље њене примене веома широко. Данас је најпрерађиванија врста у дрвној индустрији Србије.

Једна од важнијих карактеристика букове обловине је присуство лажног срца. Оно настаје у централним деловима стабла и од осталог дрвета се разликује по (најчешће) црвеној боји. Ако је здрава, лажна срчевина се по својствима не разликује од белјике, али се њеним стварањем у одређеној мери мењају нека физичка и естетска својства. Јанковић и Прокић (1968) наводе да је Институт за дрво у Лондону установио да црвено срце не представља техничку грешку, тако да је енглеско тржиште још од 1935. године прихватило резану грађу са црвеним срцем. Шведско тржиште је у појединим периодима чак и тражило веће количине срчанице јер је по боји слична тиковини, па је коришћена за израду ногу столова чије су плоче израђиване од тиковине. И последњих година повремено постоји тражња за дрветом из лажног срца, када га дизајнери користе за израду уникатних производа и у опремању простора (Prekrat et al. 2004). Ипак, у већини случајева се присуство лажног срца у сортиментима сматра грешком. Поједина тржишта се према овој појави постављају прилично оштро (европска тржишта, Израел), док су поједина тржишта толерантнија (Египат).

Разлика у боји између букових светлих и сортимената са лажним срцем може се елиминисати процесом парења. Међутим, у последње време се на тржишту најчешће тражи непарена или благо парена грађа, где је процес парења спроведен у циљу стерилизације, а промена боје недовољна за изједначавање тона белог и црвеног дрвета. Из тог разлога се приликом пиланске прераде морају раздвајати сортименти нормалног дрвета (као више вредни) од сортимената из лажне срчевине (који се због мање вредности готово искључиво користе за израду амбалаже или конструкција за тапацирани намештај). У зависности од намене будућих сортимената и тржишта за које се роба припрема, лажно срце се у одређеној мери може уклапати и у вредније сортименте.

Осим лажног срца, приликом пиланске прераде се, као и код осталих лишћарских врста дрвећа, морају одстранити и бројне друге грешке грађе дрвета. Све то отежава планирање, па се преради букових трупаца најчешће приступа индивидуално, уз употребу машина са индивидуалним резом. Раздвајање

бељике и лажне срчевине може се вршити на примарним или на секундарним машинама. У првом случају, на примарној машини се најчешће примењују кружно резање или призирање, док се у другом случају на примарној машини примењује резање скроз, а издвајање лажног срца се обавља на секундарним машинама уздужног реза. Слично се поступа и приликом резања трупаца са присуством других грешака грађе дрвета или трулежи.

Код избора начина пиљења на примарним машинама треба имати у виду да се применом призирања и кружног резања, услед вишеструког окретања трупаца, време прераде продужава, што резултира нижим капацитетом прераде на примарним машинама. Lin at all (1995) констатују да је у случају примене резања скроз капацитет технологије за 22% већи. Сличног наводи и Vousquet (2001), који је у свом истраживању утицаја начина пиљења на прераду кратких трупаца добио да је средња производност за отприлике 25% већа за резање скроз него код кружног резања. Међутим, треба имати у виду да се коришћењем савремених машина (односно колица трачне пиле) у преради буковине ове разлике значајно смањују. Осим тога, резање скроз оставља више посла за другу фазу, што повећава трошкове секундарне прераде услед већег броја машина и потребних радника за рад на њима. Такође, већи број уздужних резова увећава учешће отпадака услед грешака крајчења. Према Кнежевићу (1957), неправилно крајчење од 1 cm смањује квантитативно искоришћење за 2-6%. Према истом извору, утицај неправилног крајчења је већи са смањењем пречника трупаца и повећањем броја дасака у основи пиљења. Према претходним истраживањима (Попадић 2006), кружно резање и призирање бучових трупаца дају боље искоришћење у односу на резање скроз, а разлика се повећава са падом квалитета трупаца.

На резултате прераде букове обловине утиче и циљани производни асортиман. Тако се може организовати наменска (за познатог купца) или ненаменска прерада (за слободно тржиште). Осим тога, асортиман се приликом испоруке може разликовати и по влажности.

Код наменске прераде, сортименти се могу испоручивати као сирови или суви. Ако пилана не поседује сушаре, приликом израде сирових сортимената се мора одговорити једино захтевима везаним за њихове димензије и квалитет. При томе је технолошки процес идентичан, независно да ли је у питању израда грубих обрадака или резане грађе. Код израде сувих сортимената, осим наведеног, мора се бринути још и о коначној влажности и квалитету сушења, а процес се може поставити као једнофазни или као двофазни. По том питању у стручној и научној јавности постоје два супростављена става.

Хорват (1983) наводи да је за двофазну прераду потребан велики складишни простор, да се везују велика финансијска средства уз велике камате на залихе, као и да се због великог временског размака између фаза не може установити право искоришћење у односу на трупац. Према овом аутору, предности једнофазног технолошког поступка би биле у томе што се време израде одређених спецификација може прецизно одредити, у примарном пиљењу се могу производити дебели сортименти чијим се секундарним разрезивањем добијају ширине грубих обрадака, као и да се капацитет сушаре увећава за око 50% јер се не суши отпад, а време сушења се смањује и тако повећава коефицијент обрта средстава. Насупрот овоме, према Шошкићу (1988), предност треба дати двофазном наменском начину прераде због бољег искоришћења сировине (нарочито у случају појаве деформација током сушења), значајно мањих трошкова на манипулацији и транспорту, као и укупно бољег искоришћења предмета рада и средстава рада у финалној преради дрвета.

Сумирајући предности и мане наведених поступака, може се констатовати да се применом двофазног поступка добијају неспорно квалитетнији пилански производи, веће тачности израде, уз боље квантитативно и вредносно искоришћење трупаца. Међутим, трошкови су у том случају већи, што се нарочито односи на инвестициона улагања у сушаре, парионице и котловска постројења. Из тог разлога, у наменској преради буковине се примењују оба

наведена поступка, као и трећи, делимична двофазна прерада, као прелазна варијанта.

У случају ненаменске производње потребно је прилагодити производни асортиман захтевима тржишта. Ово је скопчано са ризицима отежаног пласмана појединих сортимената, па се избору асортимана мора приступити пажљиво. У старим производним пиланским системима, конципираним на преради (за Србију) великих количина трупца, уз чињеницу да су таква предузећа често имала на располагању и сопствене шумске ресурсе, производња је била заснована на веома широком асортиману. Производили су се сви сортименти и све димензије, а дуже задржавање на стоваришту грађе која се тренутно не тражи на тржишту није стварало проблеме јер се трупци нису плаћали. Променом друштвеног система, између осталог, дошло је до одвајања сектора шумарства, изгубила се могућност управљања сировином па су прерађивачи морали да у цену калкулишу значајне трошкове набавке сировине. Ови трошкови су, услед потребе за што мањим обртним средствима, утицали на смањења залиха на стовариштима трупца и резане грађе.

Како малу количину резане грађе није рационално разврставати на већи број група, сортирање резане грађе по квалитету се скоро у потпуности изгубило. Овоме је допринела и чињеница да је већи број квалитетних кадрова напустио предузећа за производњу и трговину резаном грађом, а за класирање је потребно солидно предзнање. Дакле, установљен је систем трговине резаном грађом у коме се она првенствено прима по количини, без стриктног дефинисања квалитета, мада он има одређени утицај на цену коју постиже читав континент. Тако се данас у ненаменској преради грађа првенствено раздваја по сортиментима и димензијама, а о квалитету се води рачуна само у контексту прилагођавања условима продаје на појединим тржиштима.

Имајући све наведено у виду, на успешност прераде буковине утиче велики број различитих фактора. Основна идеја овог истраживања је да се употпуне сазнања о утицају пречника и квалитета букове сировине на количину и

структуру добијених производа. Међутим, како на искоришћење и сортиментну структуру не утичу само параметри улаза у технолошки процес (везани за обловину), то ће се као неизбежни морати узети у обзир и параметри излаза, а то су у првом реду вредносни показатељи добијеног асортимана. Наиме, свака производња, па и пиланска, првенствено је оријентисана ка остваривању што веће добити. Добрим избором циљаног асортимана (израдом вреднијих сортимената) постижу се бољи ефекти него применом принципа максималног квантитативног искоришћења.

Из тог разлога, предмет истраживања је утицај пречника и квалитета обловине, као и утицај квалитета излазних сортимената на квантитативно, квалитативно и вредносно искоришћење и сортиментну структуру пиланских производа у сировом технолошком поступку пиланске прераде буковине. При томе се под квалитетом излазних сортимената подразумева квалитативни оквир који произилази из захтева појединих тржишта у односу на квалитет резане грађе. У овом случају су поштовани захтеви домаћег и два страна тржишта, италијанског (као представника тржишта са строжијим квалитетним захтевима) и египатског (тржиште са блажим захтевима).

Примарни циљ рада је да се установе разлике у квантитативном и вредносном искоришћењу букових трупаца у зависности од њиховог квалитета и пречника, као и захтева по питању квалитета проистеклих од стране различитих тржишта за која се резана грађа производи. Осим тога, рад треба да резултира и подацима о сортиментној структури добијених производа, учешћу радијалних полурадијалних и тангенцијалних сортимената у резаној грађи, утицајима на укупну добит, као и о могућности прецизног изражавања успешности производње путем вредносних показатеља.

На основу дефинисаног предмета истраживања и наведених циљева рада, постављене су и основне хипотезе и то:

- пречник и квалитет трупаца утичу на квантитативно, квалитативно и вредносно искоришћење букове сировине, као и на добијену сортиментну структуру;
- циљани квалитет резаних сортимената утиче на квантитативно, квалитативно и вредносно искоришћење и сортиментну структуру буковине;
- просечан број добијених сортимената из кубног метра обловине повезан је са количином посла на преради те обловине;
- постоји зависност између количине посла на преради обловине и начина примарног пиљења, пречника и квалитета улазне сировине са једне и циљаног асортимана са друге стране;
- успешност прераде не може се прецизно оценити само преко вредности добијеног асортимана

3. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

3.1 СВОЈСТВА ДРВЕТА БУКВЕ

Распрострањеност букве у Србији је, према Јанковићу и Прокићу (1968), у широком подручју западне, јужне и источне Србије, на различитим надморским висинама, од 100 до 1900 m (на Старој Планини). Према истим ауторима, у Србији расте посебна врста букве, балканска буква (*Fagus moesiaca* Maly, Czechtot). Она се по својим морфолошким карактеристикама налази између европске (*Fagus sylvatica* L.) и кавкаске (*Fagus orientalis* Lipsky) букве, али се од њих, према истраживању Чезотове, довољно разликује да се може издвојити као посебна врста.

Карапанцић и остали (1974) упоређују и хемијски састав балканске (*Fagus moesiaca*) са хемијским саставом европске (*Fagus sylvatica*) и кавкаске букве (*Fagus orientalis*). Констатују да између упоређиваних врста нема већих разлика у хемијском саставу. "Постојеће разлике крећу се у границама које се могу запазити и код истих врста са различитих станишта, па чак и у истом стаблу на различитим висинама. Међутим, аналитички подаци о садржају ацетила и уронских киселина знатно се разликују и указују да, вероватно, постоје разлике у структури зида ћелије између ових врста". На разлике у структури зида ћелије указују и подаци о садржају лако и тешко хидролизујућих хемицелулоза, које су посебно изражене између балканске и кавкаске букве.

Насупрот овоме, неки западнобалкански истраживачи сматрају балканску букву подврстом европске, а неки бугарски подврстом кавкаске букве. Осврћући се на наведену дилему, Götögy et al. (1999) наводе да се, осим изоловане популације источне букве (*Fagus orientalis* Lipsky) која се може наћи у југоисточној Бугарској, источној Грчкој и европском делу Турске, буква на Балкану најчешће означава као обична или европске буква (*Fagus sylvatica* L.). Наводе да су формулисане три хипотезе о њеном таксономском статусу и о њеном еволуционом почетку:

1. Балканска буква је екотип европске, односно, производ селекције, најчешће услед специфичних климатских услова;
2. Балканска буква је хибрид настао од европске и источне букве;
3. Балканска буква је еволуциона етапа развоја букве од источне ка европској, односно, из ње је настала европска буква.

Аутори констатују да је на основно питање о таксономском статусу балканске букве тешко дати одговор због неодређених критеријума за издвајање врста у биљном свету. Сматрају да би се балканска буква по неким морфолошким карактеристикама и генетским разликама могла сматрати посебном врстом. Међутим, постоје и други варијетети букве који се по својим карактеристикама и више разликују од европске (нпр. у региону Калабрије), па се не издвајају у посебну врсту, тако да се аутори ипак опредељују да би за балканску букву најприкладнији био статус подврсте европске.

Са изналажењем различитих области примене буковог дрвета, почела су и истраживања његових својстава. Лукић Симоновић (1971) наводи да густина буковине варира дуж дебла, а највећа је на прсном пречнику. До сличног закључка дошли су Шошкић и остали (1994). Густина букве највећа је у доњим деловима стабла, нагло опада до висине од 3 m, затим је константна, а при врху стабла поново расте. Ово се објашњава присуством реакционог дрвета чија је густина већа од густине нормалног дрвета. Реакционо дрво у доњим деловима стабла настаје услед статичког оптерећења, а у горњим услед динамичких, због дејства ветра, али и присуства грана.

Шошкић (1986) износи податке о линеарним утезањима и коефицијентима утезања букве. Радијално утезање износи 5,80, а тангенцијално 11,80%. Коефицијент радијалног утезања је 0,188, а коефицијент тангенцијалног 0,386. Однос између тангенцијалног и радијалног утезање је 2,034:1, док је тачка zasiћености влаканаца 30,80%.

Шошкић и Скакић (1995) наводе да својства буковог дрвета у Србији варирају у зависности од надморске висине, подлоге, експозиције и других фактора. Густина у апсолутно сувом стању влажности варира од 660 kg/m^3 на планини Луково до 700 kg/m^3 на Жељину, а просечна вредност густине букве у Србији је 676 kg/m^3 . Укупно запреминско утезање је око 17%, са варијацијом од 13-21%. Просечно радијално утезање је око 5,5, а тангенцијално око 12%. Најбоља механичка својства има буковина са локалитета Домена II, Борања и Жељин.

Најважнија физичка и механичка својства буковине са локалитета у Србији, по Шошкићу и Скакићу (1995), синтетизована су и приказана у табели 1.

Табела 1: Својства буковог дрвета у Србији, по Шошкићу и Скакићу (1995)

Локалитет	Густина (g/cm ³)		Утезање (%)			Горња топлотна моћ (kJ/kg)	Механичка својства (МПа)					Напон на удар (J/cm ²)
	(V _a = 0%)	радијално тангенциј. запремин.	радијално тангенциј. запремин.	запремин.	притисак загезање		савијање	тврдоћа				
								попреч.	радијал.	тангенци.		
Домена I	0,679	5,51	12,26	17,48	20034	61,9	-	120,0	74,1	60,3	63,9	9,2
Домена II	0,704	5,91	12,79	18,31	-	63,5	-	130,4	82,7	66,8	67,9	10,8
Борања	0,681	5,11	11,93	16,79	-	65,4	-	137,2	78,7	62,3	64,8	9,0
Жељин	0,706	5,43	12,76	17,96	19929	62,8	141,0	144,8	86,2	73,6	72,3	10,7
Стрмосген	0,676	5,18	11,67	16,53	-	56,5	176,9	117,3	82,1	59,0	57,3	-
Мајданпек	0,700	4,93	12,05	16,63	-	57,6	-	-	-	-	-	-
Косјерић	0,695	-	-	-	19343	-	-	124,4	68,1	49,1	50,9	9,43
Гоч	0,682	-	-	-	-	55,8	148,7	133,1	73,1	66,6	67,1	9,85
Дебели Луг	0,680	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Луково	-	5,31	11,30	-	-	68,2(9%)	-	139,7(9%)	-	-	-	-

Буковим дрветом из изданачких шума бавили су се Поповић и Тодоровић (2004а, 2004б и 2005). Констатовали су да су својства дрвета букве из изданачких (ниских) шума на локацији Купиново – Црни Врх приближна својствима дрвета из семених (високих) шума. Густина је износила 703 kg/m^3 и нешто је већа у односу на густину дрвета из високих шума у близини, али се налази у оквиру уобичајених вредности за букву у Србији. Слично је и са чврстоћом на притисак паралелно са влаканицима. Подаци за статичку чврстоћу на савијање и тврдоћу су у оквиру просека за букву, док је динамичка чврстоћа на савијање (чврстоћа на удар) мања, што се тумачи присуством јувенилног дрвета. Генерално, нису уочене значајне разлике у својствима буковог дрвета у односу на порекло шума.

За дрво букве карактеристична је појава лажног срца. Оно се од нормалног дрвета разликује по црвеној боји и јавља се у централним деловима стабла. Гранична линија лажног срца не поклапа се са линијом года. Положај му не мора бити центричан, а може се јављати и местимично, када се назива шетајуће црвено срце. Rathke (према Кноке 2003) наводи да, иако је најчешће црвено, лажно срце може бити и браон, сиво, зелено, па чак и љубичасто.

Проучавање узрока настанка лажног срца код буковине траје више од 150 година. Карацић (1981) наводи да се овим питањем први бавио Т. Hartig, још 1851. године, а нешто касније и R. Hartig. Оба аутора су сматрала да је настанак лажног срца последица продора ваздуха у средишњи део стабла.

На питање о узроку настајања лажног срца код буковине још увек није дат конкретан одговор. У литератури се могу наћи многа опречна мишљења, али се већина аутора слаже да су у питању оксидациони процеси.

Шкаљић (2002) наводи да постоје две теорије о настанку лажне срчевине. Прва је да, она настаје као последица напада гљива, од чијег се продора дрво брани стварањем тила и гумозом (Tuszon), а друга да се дрво стварањем тила, танинских и гумозних материја брани од продора кисеоника у стабло (Zycha).

Карацић (1981) наводи да Tuszon, Münch и други сматрају да гљиве продиру у унутрашњост стабла преко спољних озледа и на тај начин проузрокују настанак лажног срца. Исти аутор такође наводи истраживања Zycha, према којима преко сувих грана и других озледа долази до продора ваздуха у дрво, садржај воде пада испод 60%, а повећано учешће ваздуха доводи до оксидационих процеса у паренхиматичним ћелијама и стварања тила и материја срца.

Nečasny, према Карацићу (1981), сматра да не постоји разлика у процесу стварања правог и лажног срца. У оба случаја се ради о физиолошком процесу, дакле постепеном старењу паренхиматичних ћелија. Код правог срца у питању је природно старење, док код врста са лажним срцем долази до старења неприродним путем, услед фактора спољне средине (нагли мразеви), продора ваздуха преко спољних озледа или ензиматског дејства гљива.

Из приказаног је видљиво да, без обзира на велики број истраживања, узрок настанка лажног срца није јасно дефинисан. Мишљења су подељена и своде се на могућност настанка лажног срца услед дејства ваздуха, гљива или као последица одбране стабла од наведених утицаја. Независно од самог узрока настанка, за прераду и коришћење буковог дрвета битна су сазнања о распрострањању ове грешке дрвета и њеном утицају на квалитет сортимената.

Карацић (1981) запажа да, по облику и здравственом стању, постоји пет категорија лажног срца. Једнолично и двоструко лажно срце се могу сматрати здравим, код мозаичног су гљиве изоловане у 50% случајева, док су зракасто и неправилни облици лажног срца, по правилу, са високим процентом изолованих гљива.

Исти аутор сматра да на величину лажне срчевине утичу и озледе на стаблу, нарочито у доњим деловима, и да се њихов утицај испољава до десетог метра висине. Такође, на величину лажног срца директно утиче и старост стабла. Код стабала изданачког порекла ова грешка се јавља већ око 45 године живота, док код стабала семенског порекла доња старосна граница износи 75 година. Сва стабла стара преко 150 година поседују лажно срце.

Истраживањем утицајних фактора на лажно срце бавио се и Rebula (2004), који наводи да на појаву и величину лажног срца утичу пречник, висина и старост стабла, његова разгранатост, удео крошње у висини стабла и ширина прстенова прираста. Констатује да на учешће лажног срца највећи утицај имају димензије и старост стабла, док остали истраживани фактори утичу у знатно мањој мери. Такође, сви истраживани фактори заједнички одређују учешће лажне срчевине и истраживање појединачног утицаја могло би да доведе до погрешних закључака.

Wernsdörfer et al. (2005) приказују зависност облика и величине лажне срчевине у зависности од спољашњих карактеристика стабла (мртве гране, ожиљци од грана, озледе, пукотине, рачве). Стабла за истраживање су детаљно мапирана (ексерима, на тачно утврђеним тачкама), након чега су оборена и раскројена у трупце. Трупци су постављени на уређај сличан љуштилицу за фурнир и приликом ротације је извршено снимање облика. Након тога су изрезани котурови, премерене грешке и конструисан 3Д модел стабала. Аутори износе претпоставку да на облик лажног срца не утичу сви ожиљци од грана, већ само неки (уочљиво је да се облик лажног срца усмерава ка неким остацима грана), а тај утицај везан је за величину грешке и дужину уласка кисеоника кроз њу, као и за угао инсерције гране. Утицај ожиљака је приметан у неким случајевима, док утицај озледа и пукотина није доказан због малог узорка.

Предвиђањем распрострањености и облика лажног срца бавили су се и Knoke и Schulz Wenderoth (2001) У раду су анализирали податке прикупљене са 195 оборених букових стабала. Вероватноћа појаве и величине пречника лажног срца коришћени су као зависна променљива. Констатовано је да на њих знатно утичу: пречник стабла на прсној висини, висина стабла на коме се црвено срце уочава, као и просечан прираст пречника. Установљено је да се дејством силвикултурних мера (убрзавање раста, смањење изложености унутрашњости кисеонику) смањује могућност појаве, као и распрострањеност лажног срца. Такође, установљено је да озледе стабла (мртве гране, чворови, велики ожиљци) кроз које кисеоник улази у стабло у великој мери утичу на вероватноћу да лажно срце заузима више од трећине пречника дебла.

Кноке (2003) наводи да, иако постоје бројна истраживања утицајних фактора, нема података које од познатих узгојних мера и у којој мери утичу на лажно срце. Такође, присуство црвеног срца не може се установити пре обарања стабла. Из тог разлога, у раду је приказан нови приступ са идејом да се предвиди будућа појава и распрострањеност лажног срца у стаблима букве која су још увек без њега, што би представљало значајне информације и помак у газдовању буковим шумама. Осим тога, истраживана је значајност појединих фактора и ниво њиховог утицаја на појаву лажног срца.

У жељи да се обезбеде наведене информације, обрађени су подаци од 392 оборена букова стабла. Провераван је утицај старости стабла (58 – 222 године), прсног пречника (24 – 100,6 cm), дужине чистог дебла (од 4,9 – 32,4 m), просечног дебљинског прираста, као и присуства повреда и рачвања стабла на вероватноћу присуства и потенцијалну распрострањеност лажног срца у стаблу. Сви испитивани фактори имају одређеног утицаја на лажно срце, а највише утичу старост стабла и просечни дебљински прираст. Код стабала старијих од 180 година, у преко 95% случајева је забележено присуство лажног срца, док је код стабала старих 80 година вероватноћа ове појаве око 30%. Млађа стабла од овог доба, ако немају рачве или неке повреде, најчешће немају лажно срце. Већи дебљински прираст (већи пречник на 1,3 m за исту старост стабла) повећава вероватноћу појаве лажног срца.

Николић С. (1971), проучавајући букова стабла са Гоча, наводи да на деблима тањим од 25 cm није констатовано присуство лажног срца. Варијација ове појаве код стабала до 42 cm пречника на прсној висини је велика и постоји већи број њих која немају лажно срце. Код стабала код којих није констатован ни један од спољних узрока лажно срце се може појавити тек код пречника од 35 cm. Ипак, аутор сматра да се лажно срце у већој мери јавља када пречник на прсној висини достигне 44 до 50 cm.

Зависност пречника лажне срчевине на пању (D_{sp}) од прсног пречника ($D_{1,3}$), уз услов да је $D_{1,3} > 32$ cm, према Николићу (1971) је дата једначином:

$$D_{sp} = 0,82 \cdot (D_{1,3} - 32),$$

док је зависност пречника лажне срчевине на тањем крају (d_s) од тог пречника (d):

$$d_s = 0,84 \cdot (d - 26),$$

уз услов да је $d > 26$ cm.

Исти аутор сматра да експлоатациона граница букових стабала, по критеријуму лажног срца не би требала да буде већа од $D_{1,3} = 60$ cm, као и да на варијацију величине лажног срца, осим пречника дебла, утичу и спољни фактори, од којих су најважнији: слепице, оштећења стабала и пукотине од мраза. Резултати Николићевих истраживања указују и на чињеницу да је лажна срчевина већа на 6-8 m висине него на пању, што се тумачи одумирањем грана у тој зони.

Јанковић и Прокић (1968) наводе да лажно срце у деблу учествује са око 40% (42,4) од пречника или са око 20% (21,5) од кубатуре дебла.

Према Шошкићу и Поповићу (2002), специфичан облик лажне срчевине је мразно срце, које настаје дуготрајним дејством ниске температуре. Она је, по правилу, нешто светлије боје и правилнијег је облика од лажне срчевине.

Здрава лажна и мразна срчевина по својствима се минимално разликује од здравог, белог дрвета букве. Лукић Симоновић (1971) констатује да лажна срчевина има већу густину и веће утезање. Шкаљић (2002) наводи да дрво неправе сржи има већу густину (у апсолутно сувом стању за 1,0 до 9,5%), већу тврдоћу и топлотну моћ, а и трајније је. Теже се цепа и импрегнира јер су му судови испуњени тилама.

Ни по хемијском саставу, према Карапанцић и остали (1974), нема значајних разлика између белог дрвета и лажне срчевине. Исто је констатовала и Тержан (1969), али да се ово односи на здраво дрво лажне срчевине, док се дрво са присуством гљива хемијски мења.

Ипак, због разлике у боји и могућег присуства гљива, буково дрво са лажном срчевином има нижу цену, па Richter (према Knoke 2003) наводи да само у Северној Рајни – Вестфалији годишњи губитак износи око 5,1 милион евра. У циљу повећавања вредности дрвета са лажном срчевином предузимају се различите мере. Са једне стране се утиче на тржиште да прихвати производе од овог дрвета, док се са друге стране оно усмерава на процесе којима се мењају естетска својства, првенствено боја. Међу тим процесима су парење и термичка модификација дрвета. Ови процеси, са једне стране уједначавају боју буковог дрвета, док са друге стране врше стерилизацију, односно елиминишу лигниколне гљиве из дрвета. Процесом парења се, према Шошкићу (1984), осим наведених ефеката добија дрво веће густине и утезања, док се чврстоће на притисак и савијање пареног дрвета не разликују значајно у односу на непарено.

Један број аутора бавио се могућом применом буковине у производима термички третираног дрвета, са идејом да се у овај процес укључи здрава лажна срчевина. Резултати које приказују Попадић и Тодоровић (2008), Поповић и остали (2010), Mandić et al. (2010), Todorović et al. (2010) и Popadić et al. (2010) указују на чињеницу да нема значајнијих разлика у својствима термички третираног дрвета из лажне срчевине у односу на својства термички третираног дрвета из белјике букве, чиме се отварају нове могућности коришћења дрвета из лажне срчевине у вреднијим производима.

На употребљивост и прераду буковог дрвета, осим његових физичких и механичких својстава и присуства лажног срца, у великој мери утиче и квалитет. По питању квалитета, односно распореда чворова на стаблу, Јанковић и Прокић (1968) деле буково дебло из високих шума на четири дела. Први део, чист од грешака, је приземни, до око 6,5 m висине стабла. Други део обухвата подручје од појаве слабијих остатака грана па до прве јаче зелене гране и просечно је дуг око 4,6 m. Трећи део, просечне дужине од 3,1 m, је део дебла са јаче израженим слепицама, а четврти део је онај непосредно испод крошње. Овај део је дужине 2,8 m и карактерише га присуство живих чворова и плитких зараслина. Број чворова расте са висином дебла. Тако се у другом делу може очекивати један чвор на

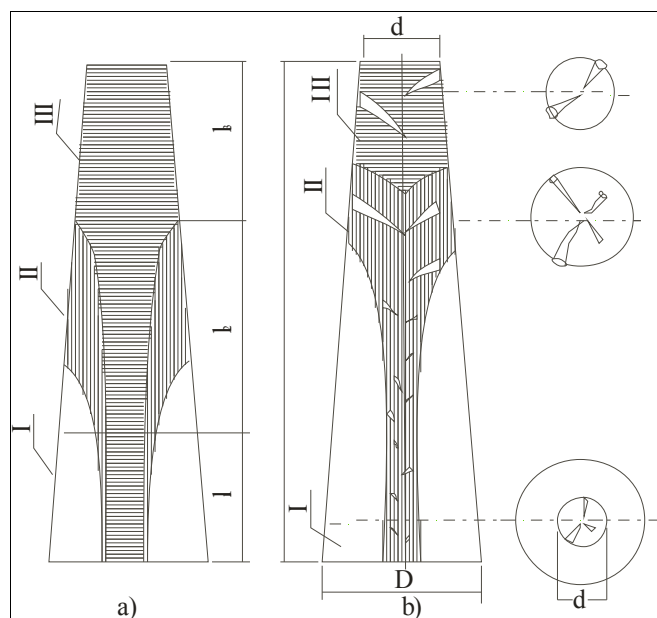
сваких 1,7 m, а у трећем на сваких 0,6 m. Учешће квалитетних делова у деблу букве, за дебла из високих шума, приказан је у табели 2.

Табела 2: Расподела квалитетних делова у деблу букве (Јанковић и Прокић, 1968)

Део дебла	Учешће дела у % од дебла	
	по дужини	по запремини
Први део	40	50
Други део	26	30
Трећи део	17	11
Четврти део	17	9

Код букових стабала из ниских (изданаčkih) шума, такође постоје ове четири зоне, али је њихово учешће у односу на дебло другачије, односно са гледишта квалитета неповољније.

По питању унутрашњег квалитета дебла, односно распореда чворова у унутрашњости стабла, према Шошкићу и Поповићу (2002) постоје 3 зоне (слика 1).



Слика 1: Распоред квалитетних зона у деблу четинара и лишћара (Шошкић и Поповић, 2002)

Прва зона је најквалитетнији део дебла, без учешћа грешака. У другој зони, за разлику од четинарских врста дрвећа код којих се јављају испадајуће кврге, код лишћара су присутне слепице, трулеж и деколорација. У трећој зони, која захвата горње делове дебла (крошњу) налазе се срасле кврге. Према Шошкићу и Скакићу (1995), однос квалитетних зона А (без кврга), Б (са слепицама) и Ц (са сраслим квргама) код буковине је: А:Б:Ц=50:30:20 % код стабала из високих шума и А:Б:Ц=0:83:17 код стабала ниских шума.

Истраживање зона квалитета код нестандардне букове обловине спровео је Шошкић (1983). Резултати истраживања указују да се зоне квалитета код нестандардне обловине распростиру слично већ приказаним, и то:

1. зона: део дебла без грана и њихових остатака, најчешће чист, близу круне појачано деформисан услед зацељивања места отпалих грана или са отворима од њих;
2. зона: у доњим деловима овог дела дебла присутне мрке кврге, често труле, са мањим или већим степеном деколорације у близини кврге, а у горњим деловима, испод крошње, кврге једним делом здраве, али већина има чело мрке боје, често труло, па се после одређеног времена инфекција преноси и на делове дебла испод кврга;
3. зона: део дебла са присуством здравих кврга, нешто већег пречника и дрветом склоним повећаним деформацијама приликом сушења.

3.2 ИСКОРИШЋЕЊЕ У ПРЕРАДИ ОБЛОВИНЕ

Под квантитативним искоришћењем дрвета подразумева се однос количине израђених сортимената према количини при томе утрошене сировине. Израђени пилански сортименти су већином правилног облика и до њихове запремине се долази множењем измерених димензија, претходно заокружених према стандарду. Међутим, пиланска обловина није правилног геометријског облика, а ни

димензије јој се не могу измерити са истом тачношћу као код резане грађе, нарочито у случају присуства коре. Ради једноставног и брзог премера, стандард прописује мерење пречника трупаца на средини дужине и рачунање запремине преко тог пречника и дужине трупаца, по Хуберовој формули. Ипак, већи број аутора се бави тачношћу метода за одређивање запремине трупаца, а на тај начин посредно и тачношћу рачунања квантитативног искоришћења.

Према Николићу (1990), грешка која се јавља при мерењу и заокруживању пречника према стандарду износи 8-20%, а добија се мања запремина трупаца од реалне. Грешка је, према истом аутору, већа код мањих пречника, а повећава се и са неправилношћу форме обловине.

Patterson и Doruska (2004) констатују да се запремина приданачких трупаца не може прецизно израчунати једноставним формулама. У зависности од пречника трупаца на дебљем крају, уводе „процентни фактор (P)“, који варира између 0,17 и 0,45. Тим фактором коригују површине тањег и дебљег краја трупаца у Смалиановој формули, тако да је запремина трупаца:

$$V = [PC_B + (1-P) C_S] \times L,$$

где је: C_B – површина дебљег краја трупаца

C_S – површина тањег краја трупаца.

У наредном истраживању, Patterson et al. (2007) анализирају примену сопствене, као и Брусове и Смалианове формуле на израчунавање запремине приданачких лишћарских трупаца. Смалианова формула се показала као изузетно непрецизна код приданачких трупаца (преко 30% увећава запремину), тако да је она искључена из детаљније анализе. На преостале две формуле, анализиран је утицај дужине и пречника трупаца. Констатовано је да је Брусова формула прецизнија у најмањем разреду пречника и дужина, док је у свим осталим случајевима прецизнија формула Патерсона и Доруске, која се зато препоручује за израчунавање запремине приданачких лишћарских трупаца у случају да су познати само пречници крајева и дужина трупаца.

Сличном темом баве се и Ozcelik et al. (2006), поредећи резултате примене шест различитих формула за израчунавање запремине обловине у Турској. Аутори ових формула полазили су од различитих начина добијања базиса ваљка који служи за рачунање запремине трупца. По Хуберу је тај базис на средини дужине трупца, по Смалиану се добија као просек базиса на тањем и дебљем крају, док Њутн на одређени начин комбинује два претходна приказа. Брус, као и Патерсон и Доруска модификују Смалианову формулу, док је центроидни начин нешто компликованији и обрачунава запремину на основу запреминског или масеног тежишта. Констатован је редослед метода по прецизности и установљено да су Брусова, Хуберова и нарочито Смалианова формула знатно непрецизније у односу на преостале, као и да на прецизност израчунавања утичу врста дрвета и дужина и форма трупца.

Janák (2005) констатује да различите методе мерења трупаца (односи се на ручно или електронско мерење) дају различите резултате запремине. Једносмерно 2Д скенирање није довољно прецизно и може послужити само за приближне податке. Констатује и да заокруживање мера нема значајног утицаја на резултат, као и да секциона метода даје веће вредности запремине у односу на Хуберову формулу. Исти аутор (Janák, 2007) упоређујући ручно, електронско 2Д и 3Д мерење трупаца констатује да се ручно мерење (по Хуберовој формули) веома мало разликује од 2Д мерења, док се 3Д мерењем добија 2,5 до 5,5 % мања запремина трупаца од оне која је рачуната на основу ручног мерења.

Независно од начина мерења обловине и сортимената, теорија пиланске прераде дрвета најчешће се бави максималним квантитативним искоришћењем у зависности од начина резања (скроз, призмање) или сортимената (једнаких или неједнаких дебљина). Према Николићу (1994), овај проблем су истраживали Кнежевић, С. Николић, Фелдман, Титков, Шапиро, Залгагер и други. Из ових и сличних истраживања настале су и неке методе практичне примене, као што су графичка, метода коефицијената или метода слагања дасака редоследом према стандарду.

Недостаци ових теоријских разматрања су у чињеници да су она рађена на моделима трупца правилне радијалне и аксијалне форме. За попречни пресек трупца узима се круг, а пад пречника се третира као константан, те је уздужна форма моделног трупца конусна или параболоидна. Осим тога, не узимају се у обзир грешке грађе дрвета, чији је распоред тешко предвидети и уклопити у модел, а од њиховог броја и распореда у великој мери зависи искоришћење.

Имајући наведено у виду, Ловрић (2007) истражује разлику у искоришћењу обловине при примени основа максималног квантитативног искоришћења и слободних основа пиљења (резање по квалитету). Истраживање је урађено на јеловим трупцима и констатовано је да се, независно што је симулација пиљења трупца давала предност основама пиљења максималног квантитативног искоришћења, бољи резултати добијају применом слободних основа пиљења. Наиме, аутор је констатовао да се добитак који се оствари коришћењем основа максималног квантитативног искоришћења у примарном резу изгуби током секундарне прераде, тако да се боље укупно квантитативно и вредносно искоришћење добија применом слободних основа пиљења.

Осим већ наведеног, може се рећи да се у случају примене основа пиљења максималног квантитативног искоришћења, због варирања већег броја дебљина дасака, стварају додатни проблеми у сортирању резане грађе и повећавају се трошкови прераде. Из наведених разлога, теоријски модели ретко се примењују. У практичним условима користе се само принципи (тањи сортименти изрезују се из бочних делова трупца, а дебљи из централних) и то у колико наведено није у супротности са квалитативним и вредносним искоришћењем.

На искоришћење у пиланској преради обловине утиче већи број фактора. Steele (1984) као утицајне факторе дефинише:

- пречник, дужину, коничност и квалитет трупца
- дебљину пропиљка

- варијацију дебљина, димензије сортимената у сировом и просушеном стању влажности
- различитост готових производа
- способност и обученост радне снаге
- услове и стање опреме
- изабране основе пиљења, односно начине прераде

Сваки од ових фактора утиче на искоришћење у одређеној мери. Ако се наведеном дода и утицај врсте дрвета која се прерађује, разлике које проистичу из примењеног производног процеса, као и неке економске специфичности појединих тржишта, јасно је да је проблем искоришћења у пиланској преради немогуће обрадити потпуно и свеобухватно. Из тог разлога, овим проблемом бавио се велики број истраживача, истражујући утицај појединих фактора и примењујући при томе различите методе истраживања.

3.2.1 Класични експеримент

Експериментом се може доћи до података о утицају појединих фактора на искоришћење у пиланској преради и ти подаци важе за услове у којима су добијени. Експерименталним истраживањем искоришћења буковог дрвета у резану грађу или грубе обрадке бавио се већи број аутора.

У свом истраживању утицајних фактора при изради грубих обрадака из нискоквалитетне букове пиланске обловине, трупаца III класе различитих пречника, Зубчевић (1973) пореди искоришћење сировине при изради грубих обрадака на три различита начина: израда обрадака из резане грађе претходним предцртавањем, израда обрадака (са предцртавањем) на начин да дебљина примарно испиљених сортимената одговара ширини обрадака и, како би искључио утицај радника на искоришћење, израда грубих обрадака из грађе чија дебљина одговара будућој ширини обрадака, али без предцртавања. Такође, варира и попречно-подужни и

подужно-попечни технолошки поступак у секундарној преради, као и примарне (гатер и трачна пила трупчара) и секундарне (трачне и кружне) машине.

Констатује да се квантитативно искоришћење букових трупаца III класе, приликом израде грубих обрадака, у зависности од пречника сировине и начина прераде, креће у границама од 17 до 36% (само у обрадке), док је укупно квантитативно искоришћење сировине (обрадци + срчаница + фризе + метлењаци) износило је од 38,23 до 46,53 % и мање је него у процесу производње пиљене грађе за 1,39 – 3,70%.

Како би извршио упоређење искоришћења трупаца при резању обрадака и резане грађе, Зубчевић је један део обловине прерадио у стандардну резану грађу, водећи при томе рачуна о што је могуће већем учешћу вреднијих сортимената, самица, полусамица и дуге окрајчене грађе. Трупци различитих пречника прорезивани су резањем на скроз, призмарањем и кружним резањем, што је зависило од пречника, учешћа лажног срца и грешака које су се налазиле на обловини. Резултати наведеног истраживања приказани су у табели 3.

Табела 3: Квантитативно искоришћење буковине у изради резане грађе по Зубчевићу (1973)

Сортимент	Средњи пречник трупаца (cm)			
	25-30	31-35	36-45	≥ 46
Неокрајчена грађа	2,25	3,88	4,20	4,27
Окрајчена грађа	21,12	21,99	24,83	25,29
- 0,5-0,9 m	6,03	6,56	7,19	6,13
- 1,0-1,7 m	11,64	11,36	9,82	11,87
- ≥ 1,8 m	3,45	4,07	7,82	6,69
Попруге (фризе)	9,34	9,10	7,23	6,13
Четвртаче	0,27	1,48	0,13	0,49
Метлењаци	1,05	1,47	0,87	0,61
Свега	34,03	37,92	37,26	36,79
Срчаница	5,63	5,93	6,97	11,13
Укупно	39,66	43,85	44,23	47,92

У раду се констатује да утицај избора примарних машина на квантитативно, квалитативно и вредносно искоришћење приликом израде грубих обрадака није значајан, али се може рећи да се при раду трачним пилама добија нешто боље квантитативно искоришћење код мањих (до 45 cm), а при преради на гатерима код већих пречника трупаца. Дакле, аутор наводи да предност трачних пила по питању искоришћења није толико изражена да би их, по овом критеријуму, требало форсирати у односу на гатере.

Утицајем примењене технологије на искоришћење, али на други начин, баве се Clement et al. (2006). Аутори истражују утицај оштећења насталих као последица примењене технологије на искоришћење брезове сировине у пиланској преради. Посматран је утицај трагова шиљака окоривача, конвејера, флека од притисних ваљака, грешака сушења, машинских удубљења и спаљеног дрвета (последица проклизавања алата). Највећи утицај на искоришћење имале су грешке сушења (око 6%), потом трагови шиљака (3%), па притисних ваљака (2%), док је утицај осталих грешака на нивоу од око 0,5%.

Зубчевић (1983) врши упоређење једнофазног и двофазног технолошког поступка и констатује да, без обзира на нешто веће квантитативно искоришћење у једнофазном, преко вредносног искоришћења предност треба дати двофазном технолошком поступку. У наставку су приказани резултати пиљења трупаца различитих пречника и дужина техником кружно-индивидуално и призмарањем. Одабрани трупци су репрезентовали поједине дебљинске разреде и средњи пречници су им били 34-35, 44-45 и 54-55 cm. Укупно је обрађено 375 трупаца подељених у две групе (кружно и призмарање). При утврђивању квантитативног искоришћења резана грађа је мерена у сировом стању, а добијени подаци приказани су графички и коришћени само за међусобно упоређење.

Резултати истраживања показују да се боље квантитативно искоришћење приликом распиљивања трупаца I класе добија применом технике призмарања, док у случају распиљивања трупаца II и III класе квалитета боље резултате даје

техника кружног-индивидуалног пиљења. Сама примењена техника не утиче на учешће дугачких сортимената, али на то у великој мери утиче квалитет трупаца. Тако трупци I класе дају скоро двоструко више дуге грађе него трупци III класе квалитета.

У разматрању вредносног искоришћења је констатовано да, по овом критеријуму, трупце пречника већег од 34 cm I класе треба распиљивати техником призмања, а трупце II и III класе кружном техником. Подаци показују да одређено квантитативно искоришћење не мора увек давати и одговарајуће вредносно искоришћење, односно да на вредносно искоришћење утиче и сортиментна структура.

По питању утицаја дужина трупаца, установљено је да она код трупаца II и III класе квалитета не утиче на квантитативно искоришћење, а код III класе трупаца чак ни на учешће дуге грађе. У оквиру овог истраживања разматран је и утицај распиљивања по оси или по изводници трупаца и констатовано да се боље квантитативно искоришћење при призмањању добија резањем паралелно оси трупаца, а при кружном резању - паралелно изводници.

Вучељић (1976) такође упоређује квантитативно и квалитативно искоришћење букових трупаца при резању паралелно оси и паралелно изводници трупаца. Истраживање је вршено на трупцима I класе квалитета, различитог пречника, дужине и пада пречника. За трупце средњег пречника 45 cm, у примарном пиљењу, искоришћење варира у зависности од пада пречника (веће је са мањим падом пречника) и креће се у границама од 67,39 до 77,18%. Аутор наводи да се резањем обловине паралелно изводници постиже боље квантитативно искоришћење у односу на резање паралелно оси трупаца, што (између осталог) тумачи и величином дела даске који се избацује због чвора, а на основу зависности величине одсечка од угла инсерције грана. Међутим, у прегледу досадашњих истраживања, наводи резултате других аутора (Teflord, Simmons, Зубчевић) и констатује да су резултати различити, мишљења подељена и да се искоришћење буковине у зависности од равни резања потребно додатно истражити.

На основу истраживања Јанковића и Прокића, аутор закључује да "резање обловине по равнини паралелној изводници трупца даје веће квалитативно искоришћење у односу на резање паралелно осовини обловине, јер се таквим начином добијају даске са већим учешћем зоне без чворова, односно са мањим учешћем зона слепица и сраслих чворова".

У истом раду, Вучељић констатује да даске резане паралелно изводници имају већу савојну чврстоћу, као и чврстоћу на притисак паралелно влаканцима. Величина микро неравнина не зависи од равни резања, док разлика у понашању дасака током природног просушивања није са сигурношћу установљена, али да се може претпоставити да су бочнице добијене резањем паралелно оси трупца стабилније по питању промене облика.

Истражујући искоришћење букове сировине при изради елемената за столове и столице, Скакић (1985) разврстава трупце према пречнику (35-44 и 45-49 cm) и према начину резања (тангенцијални и радијални). Циљ истраживања био је да се установи квантитативно, квалитативно и вредносно искоришћење, количина и структура споредних пиланских производа и истраже физичка својства, на основу чега се могу утврдити надмере на димензије букових грубих елемената.

Аутор наводи да је квантитативно искоришћење у осушену резану грађу веће ако се трупци прерађују радијалним начином резања, док је учешће срчанице код тангенцијалног резања (3,21-5,76%) веће него код радијалног (1,94-4,07%). Мало учешће срчанице може се протумачити њеним уклапањем у грађу за дораду. Квантитативно искоришћење опада са падом квалитета сировине. Учешће пиљевине је 9-10%, а окорци и окрајци чине од 5,34 до 16,39% од запремине трупца. Треба имати у виду да се ови подаци односе само на прву фазу прераде. У другој фази прераде, током израде грубих обрадака настаје још око 20-25% отпадака, од чега на пиљевину отпада 3-5%. Укупно искоришћење (квантитативно, квалитативно и вредносно) веће је код прераде већих пречника и радијалног начина резања трупца.

До сличних резултата дошао је и Грегић (1982) у свом истраживању искоришћења букових трупаца III класе, пречника 45-49 cm, резаних на трачној пили на два начина (радијални и тангенцијални). Аутор закључује да се радијалним начином постиже нешто (али не и статистички битно) боље искоришћење у примарном пиљењу, као и да је укупни ефекат (квантитативно, квалитативно и вредносно искоришћење) већи код радијалног начина производње грубих обрадака по двофазном технолошком поступку.

Иштванић (2003) приказује податке о искоришћењу које је прикупио Брежњак, поредећи квантитативно искоришћење буковине и других тврдих лишћара и то при коришћењу класичне и наменске технологије. Подаци су приказани у табели 4.

Табела 4: Приближна просечна структура квантитативног искоришћења пиланских букових трупаца и пиланских трупаца тврдих лишћара класичном технологијом и технологијом дрвених елемената, (Брежњак 1977):

Структура производа	Просечна структура искоришћења с обзиром на примењену пиланску технологију [%]			
	Класична технологија		Наменска технологија	
	Буква	Остали тврди лишћари	Буква	Остали тврди лишћари
Резана грађа /елементи	50	52	45	40
Крупни пилански остатак	23	20	25	27
Пиљевина	18	15	19	17
Надмера	9	13	11	16

Иштванић (2003) приказује и истраживање Паловича из 1973. године, који је изнео податке о искоришћењу буковине у примарном резу. У раду се наводи да квантитативно искоришћење расте линеарно и креће се у распону од око 64% (за пречник трупаца 20 cm), до око 80% (код трупаца пречника 60 cm). Према Паловичу, пречник трупаца има сличан утицај и на укупно искоришћење. Осим пречника, на искоришћење утичу и кврге, лажно срце и закривљеност трупаца. Резултати наведеног истраживања Паловича приказани су у табели 5.

Табела 5: Утицај карактеристичних грешака букових трупца на квалитативну структуру испиљених дасака (Паловић 1973, према Иштванићу 2003)

Карактеристика букове пиланске сировине	Структура испиљених дасака с обзиром на њихову класу квалитета [%]				
	A	I	II	III	Σ
Без лажног срца	7,71	18,98	48,33	24,98	100
С малим лажним срцем	7,42	15,33	45,63	31,62	100
С великим лажним срцем	4,49	13,38	22,61	59,52	100
Без кврга	9,33	19,09	45,70	25,88	100
С квргама	5,15	14,04	41,54	39,27	100
Без закривљености	7,87	17,56	43,51	31,06	100
Са закривљеношћу	6,45	13,51	44,38	35,66	100

Стефановски и остали (1993) пореде квантитативно и квалитативно искоришћење трупца различитих пречника прорезаних на гатеру и трачној пили трупчари. Прорезивани су трупци средњег пречника 26-55 cm, дужине 4,2 m, подељени у 6 дебљинских разреда по 5 cm. Констатовано је да квантитативно и квалитативно искоришћење расте са пречником трупца и да се при резању трачном пилом трупчаром добијају нешто бољи резултати. На трачној пили трупчари примењене су основе пиљења за резање кроз и призмарањем. Форсирани су квалитетни сортименти, јер је грађа намењена производњи столова и кревета. Резани сортименти су класирани као I и II класа, а III класа је обухватала сортименте са учешћем анатомског срца и лажне срчевине.

За трупце пречника 41-45 cm квантитативно искоришћење је износило 57,73%, од чега су резани сортименти I класе чинили 83,39%, II класе 9,20, а III 7,42%. Учешће пиљевине је било 10,17%, крупног отпада 31,57, а прашине 0,44%. При преради трупца пречника 46-50 cm, установљено је квантитативно искоришћење од 58,33%, са следећом квалитетном структуром: I класа - 76,76%, II класа - 13,52% и III класа - 9,72%. Пиљевина је учествовала са 10,86, крупни отпадак са 30,35, а прашина са 0,45%. На основу резултата истраживања аутори констатују да се са порастом пречника трупца повећава учешће лажне срчевине, а као последица тога долази до смањења учешћа резане грађе I класе, односно, да постоји одређена корелација између раста пречника трупца и пада квалитета грађе.

У раду "Искоришћење буковог дрвета при једнофазној пиланској преради" (Поповић и остали, 2003) приказани су и анализирани подаци десетогодишњег праћења квантитативног и квалитативног искоришћења буковине у једној државној пилани. У периоду од 1987. до 1996. године у наведеној пилани је прерађивано просечно 13399 m³/год бикових трупаца по следећој квалитетној структури: 2,4% фурнирских трупаца, 4,9% трупаца I класе, 40,6% трупаца II класе, 19,3% трупаца III класе и 32,8% нестандартне обловине.

Квантитативно искоришћење сировине у резану грађу, захваљујући лошој структури трупаца, креће се од 35,3% до 46,5%, просечно 41,8%. Од тога, 14,2% је резана грађа (1,8% I класе, 6,3% II класе и 6,1% III класе), 23,6% су фризе, а 4% срчаница. Структура споредних производа била је: 29,5% крупни споредни производи, 19,7% пиљевина, док је 9% отпало на утезање и растур. Дужинска структура најскупљег производа - резане грађе, такође је неповољна, јер је просечно добијено око 25% хипер кратке грађе (дужине 0,5-0,95 m), око 50% кратке (дужине 1-2 m) и око 25% дуге резане грађе (дужине преко 2 m).

У даљем тексту, аутори анализирају наведене резултате и закључују да применом једнофазне ненаменске прераде, уз овако неповољну структуру обловине, није могуће позитивно пословати. На основу симулације прераде наведене обловине по принципу двофазне наменске прераде, констатују да се позитивни ефекти производње могу постићи једино овим начином прераде.

Шошкић и Милић (2005) приказују резултате истраживања прераде бикових трупаца I, II и III класе квалитета кружним индивидуалним пиљењем, једнофазним технолошким поступком. Испитивани су трупци пречника 40-49 cm, дужине 3,8 - 4,2 m и констатовано да са падом квалитета трупаца опада и квантитативно искоришћење, али и учешће скупљих производа (самице, полусамице, дуга оокрајчена грађа). Аутори наводе да је учешће скупље грађе у структури добијених производа код трупаца I класе двоструко веће него код трупаца II класе, а неколико пута веће него код трупаца III класе квалитета. Синтетизовани подаци о квантитативном искоришћењу у зависности од квалитета трупаца приказани су у табели 6.

Табела 6: Преглед квантитативног искоришћења трупаца [%], Шошкић и Милић (2005)

Назив сортимента	Квалитет трупаца		
	I	II	III
Самице	10,49	6,59	-
Полусамице	4,36	2,00	-
Окрајчена грађа	36,86	27,67	30,66
Фризе	1,67	2,59	2,22
Срчаница	5,08	7,31	10,14
Нестандардни елементи	0,45	0,94	0,86
Укупно главних производа	58,91	47,10	43,88

Квалитативна структура добијених сортимената у наведеном раду приказана је графички. Са графика се може уочити да са падом квалитета трупаца опада и квалитет добијених сортимената, односно, опада учешће сортимената I и II класе, а учешће сортимената III класе квалитета расте.

Вредносно искоришћење аутори анализирају преко коефицијената вредности добијених на основу односа тржишних цена датих сортимената, а за јединични сортимент узимају кратку окрајчену грађу. Констатују да се вредносно искоришћење за I, II и III класу трупаца налази у односу 10:6:4, односно да је вредносно искоришћење трупаца I класе 2,5 пута веће него код трупаца III класе квалитета.

На крају, Шошкић и Милић констатују да су предности прераде трупаца бољег квалитета још израженије, ако се зна да су трошкови израде вреднијих сортимената знатно мањи него трошкови израде мање вредних. Међутим, квалитетне сировине је све мање и готово је немогуће добити је без везане куповине са сировином лошијег квалитета.

Слично истраживање спровели су Шошкић и остали (2004). У анализи квантитативног искоришћења букових пиланских трупаца аутори наводе да квантитативно искоришћење трупаца I класе износи 60,77%, II класе 54,82%, а III класе 49,43%. Сортиментна структура приказана је графички, а уочљиво је да се добија највише неокрајчене резане грађе, затим окрајчене, а најмање фриза, четвртача и елемената.

Аутори наводе да је статистички доказана зависност квантитативног искоришћења од квалитета прерађених трупаца и да се са падом квалитета обловине добија мање квантитативно искоришћење. Такође, са снижењем квалитета обловине опада и учешће вреднијих сортимената, а расте учешће мање вредних.

Сличне зависности добијене су и приликом истраживања утицаја начина примарног пиљења на искоришћење у пиланској преради буковине (Попадић 2006). Предмет овог истраживања био је утицај начина примарног пиљења (кружно индивидуално, призирање и резање скроз) на искоришћење букове сировине различитог квалитета из четвртог дебљинског разреда. Сортиментна структура у зависности од начина резања приказана је у табели 7.

Табела 7: Структура букове резане грађе у зависности од начина примарног пиљења (Попадић, 2006):

СОРТИМЕНТИ (%)	Начин резања		
	Кружно	Призирање	Скроз
самице	8,69	15,26	19,18
полусамице	10,47	1,57	0,00
неокрајчена грађа	19,16	16,83	19,18
окрајчена дуга грађа	3,09	5,90	0,18
окрајчена кратка грађа	9,03	13,69	7,59
окрајчена грађа	12,11	19,59	7,77
срчаница	19,67	13,97	11,85
фризе	7,59	8,40	12,03
четвртаче	1,53	1,05	5,33
метларка	0,57	0,68	0,63
ситни сортименти	9,69	10,14	17,99
Искоришћење сировине	60,63	60,52	56,79
крупни отпадак	13,77	15,50	16,31
пиљевина	15,79	14,70	16,70
Отпадак	29,56	30,20	33,01
Надмера	9,81	9,28	10,20
Укупно	100,00	100,00	100,00

Добијене су релативно високе вредности квантитативног искоришћења што је образложено елиминисањем трупаца са грешкама форме и присуством трулежи из узорка. Установљено је да квалитет обловине директно утиче на квантитативно и вредносно искоришћење. Са падом квалитета обловине долази и до лошије сортиментне структуре, односно до смањивања димензија резане грађе и повећаног учешћа ситних сортимената (четвртача, фриза и метлењака).

Такође, резултати наведеног истраживања показују да између кружног резања и призмања нема већих разлика у искоришћењу. Слично као у већ приказаном истраживању Зубчевића (1973), констатује се да трупце I класе треба призмрати, а трупце II и III класе резати кружним начином. Резање скроз је по свим испитиваним параметрима дало лошије резултате, осим при издвајању срчанице, пошто се овај сортимент тада одваја на секундарним машинама које су прецизније.

У оквиру приказаних података се анализира и структура крупних пиланских сортимената у зависности од оријентације прстенова прираста, као и њихов квалитет. Констатује се да код сва три начина примарног пиљења у крупним пиланским сортиментима доминирају тангенцијални сортименти, а по питању квалитета – сортименти I класе.

Иако је кружним индивидуалним резањем добијена најбоља квалитативна структура резане грађе, услед повољније сортиментне структуре при призмању, вредносно искоришћење ова два начина резања је уједначено, док се резање скроз показало као најлошије по овом питању.

3.2.2 Симулације

У научно истраживачком раду, класични експеримент заузима значајно место. Подаци добијени на овај начин, уз претпоставку да је експеримент коректно испланиран и изведен, дају реалну слику истраживаног проблема и омогућавају нова сазнања. Међутим, класични експерименти имају и одређених недостатака.

За њихово извођење често је потребна обилна техничка подршка или је време реализације дугачко, што значајно повећава трошкове истраживања.

Током седамдесетих и осамдесетих година прошлог века, са развојем рачунарске технике, појавила се могућност симулације појединих процеса, чиме су наведени трошкови и потребно време за добијање нових сазнања битно смањени. Овај технолошки напредак донео је значајне користи у индустријским истраживањима, међу која спадају и истраживања искоришћења у примарној преради дрвета.

Као илустрација за смањено време потребно за добијање резултата може послужити податак који наводе Meimban et al. (1992). Извршена је симулација 272 трупца јасике, храста и липе, различите квалитетне структуре, укупне количине 51,39 m³ и добијени подаци о броју дасака, њиховој запремини и квалитету. За прераду ове количине обловине резањем скроз, према тврдњи аутора, био би потребан један радни дан, док је за симулирану прераду било потребно мање од пет минута.

Прве компјутерске симулације искоришћења пиланске обловине биле су значајно ограничене могућностима технологије. Основни недостатак односи се на чињеницу да није постојала могућност симулирања реалног облика трупца, као ни утицаја унутрашњих грешака на искоришћење.

Richards et al., кроз два рада (1979 и 1980), користе компјутерску симулацију програма пиљења за проучавање пиљења математичког модела лишћарског трупца на четири различита начина. Упоредивано је пиљење скроз са три начина пиљења са отварањем трупца са све четири стране (кружно резање, призирање и квадрантно резање - варијанта кружног резања са већим бројем окретања трупца). Кружно резање вршено је по квалитету. Симулирано је прорезивање трупца пречника од 10 до 28 инча (оквирно 25-70 cm). Резултати су показали да се кружним, квадрантним резањем и призирањем добија приближно квантитативно искоришћење. Резање скроз, ако иза примарне машине следи парање даје најбоље искоришћење, нарочито при преради квалитетних трупца.

Hallock et al. (1978) истражују утицај пречника (5-20 инча), дужине (8-24 стопе) и коничности трупца (1-5 инча на 16 стопа), као и начина пиљења на квантитативно искоришћење. Примењени начини су различите комбинације резања скроз и призирања са резањем по оси и по изводници трупца. Симулирана је прерада 3510 трупаца различитих карактеристика и добијен велики број података. Неки трупци имају боље искоришћење при резању скроз, а други применом призирања. Код призирања, краће трупце са мањим падом пречника треба прорезивати по изводници и у првом и другом пролазу, док дуже трупце и оне са већом коничношћу у првом пролазу треба пропилити по оси, а у другом по изводници. Аутори наводе да би се најбоље искоришћење у реалној ситуацији добило индивидуалним третманом сваког трупца. Повећање искоришћења износило би од 0,5 до 6,6%, зависно од структуре трупаца и система у односу на који се врши упоређење.

Вукићевић и Главашки (1989) симулирају пиљење букових трупаца пречника 45-50 cm. Симулирано је да пречник лажне срчевине расте са пречником трупца као и да не расте. Коришћене су основе пиљења максималног квантитативног искоришћења са стандардним редоследом дасака и основе пиљења максималног квантитативног искоришћења дасака једнаких дебљина. Варирана је и дебљина почетне даске у основи пиљења (25 и 32 mm). Добијени резултати указују да је квантитативно искоришћење у сортименте без лажног срца веће што је учешће лажне срчевине мање и да је искоришћење код основа пиљења дасака једнаких дебљина веће за око 3% у односу на основе пиљења са растућим дебљинама по стандарду. Наведено искоришћење, у зависности од варираних параметара, износи од 30,62 (пречник трупца 45 cm, лажне срчевине 22 cm - растуће дебљине дасака) до 49,17% (пречник трупца 45, лажне срчевине 15 cm - једнаке дебљине дасака).

Здравковић (1988) симулира пиљење букових трупаца пречника 30-70 cm са пречником лажне срчевине од 8 cm до 0,4 D. Примењене су основе пиљења максималног квантитативног искоришћења. Окрајком се сматра део трупца изнад

и испод призме која обухвата лажно срце. Предвиђене су основе пиљења које дају најбоље искоришћење за сваки појединачни случај, као и алтернативне за које би се корисник определио када оцени грешке и карактеристике трупца. Резултати су приказани графички, а искоришћење износи од 53,4% код пречника трупца 30 cm и лажне срчевине 8 cm до 67,66% за пречник трупца 60 cm и лажног срца 10 cm.

Шкаљић (2002) истражује квантитативно искоришћење квалитетних букових трупца са различитим учешћем лажног срца. Установљена је распрострањеност лажног срца по дужини трупца и прогнозиране оптималне технике распиљивања, у зависности од његовог учешћа и положаја. Коришћене су основе пиљења сортимената једнаких дебљина. Истраживањем су обухваћени букови трупци пречника 40-70 cm, дужине 2,2 до 6,5 m, без видљивих грешака, осим лажног срца. Симулирано пиљење извршено је помоћу софтвера који врши израчунавање коефицијената чисте белике при техникама пиљења скроз, сегментним и кружним начином пиљења.

Констатовано је да постоје значајне разлике између пречника лажног срца на тањем крају и у средњем пресеку трупца, па се препоручује пиљење према дебљем крају јер наведена разлика у односу на средњи пресек није значајна. Такође, са порастом пречника трупца расте и пречник лажног срца, као и његова ексцентричност у односу на осу трупца. Вредности просечне ексцентричности су око 1 cm. Код симулираног пиљења трупца са мањим учешћем лажног срца најбоље резултате искоришћења белог дрвета даје резање скроз, док се код знатног учешћа лажне срчевине препоручује кружно пиљење. Сегментни начин по правилу даје најлошије искоришћење белог буковог дрвета, осим у неким случајевима израде танких дасака из трупца са малим учешћем лажног срца, где је приближно или мало боље него код кружног резања. Шкаљић наводи да на искоришћење белог дрвета букве утиче пречник трупца, пречник лажног срца на челима и у средишњем делу трупца, ексцентричност у односу на анатомску осу и дебљина сортимената који се израђују. У раду су дате и граничне вредности односа пречника лажног срца и пречника трупца, у комбинацији са дебљином

сортимената и ексцентричношћу, у оквиру којих треба применити дати начин пиљења.

У сличном истраживању, Napla и Ohnesorge (2005) приказују резултате симулираног пиљења буковине у зависности од пречника трупаца на тањем крају (35 – 75 cm), учешћа лажне срчевине у односу на дати пречник (10 – 90%) и начина примарног пиљења (скроз, кружно пиљење и призирање). Симулирана је израда неокрајчене, полуокрајчене и окрајчене резане грађе различитог квалитета и цена. У прорачун су убачене и цене крупног и ситног отпатка, трупаца, транспорта, прераде, парења (само за две боље класе) и сушења. Дефинисани су директни трошкови прераде у зависности од учешћа лажног срца у трупцима. Констатовано је да се најлошији резултати добијају применом резања скроз, а да повећање учешћа лажне срчевине знатно умањује зараду од резане грађе. Такође, установљена је и граница толеранције лажног срца у трупцу и она се, у зависности од димензија трупаца и примењеног начина резања, креће у дијапазону од 65% до 75% од пречника.

Благоев (2004) путем симулације истражује утицај пречника, неправилности попречног пресека, пада пречника и закривљености трупаца, као и дебљине пропиљка на искоришћење у резану грађу. Примењене су основе пиљења дасака једнаких дебљина и резање скроз. Моделиран је велики број случајева, констатоване разлике које се јављају са променом појединих параметара, а резултати приказани графички. Утицај појединих фактора на квантитативно искоришћење дат је и путем регресионих једначина, а приказани метод моделирања, преко компјутерске обраде података, применљив је за континуирану контролу и оптимизацију производног процеса. Аутор наводи да су разлике које се јављају између експерименталних и симулираних резултата у допустљивим границама и последица су одступања реалног трупаца од симулиране идеалне геометријске форме

Ištvančić et al. (2010) приказују теоријски математички модел на основу кога се врши симулација радијалног резања. У оквиру симулације се варирају метод

пиљења, димензије трупаца, пад пречника, ширина пропиљка, дебљине, минимална ширина и влажност резане грађе, а као излаз се добија квантитативно и вредносно искоришћење.

Компјутерске симулације се не користе само за стицање сазнања о зависности искоришћења од начина резања и врсте сортимената, већ и о зависности од начина постављања трупаца у машину. Симулације различитог постављања трупаца у машину, односно различите равни првог реза (Best Opening Face - BOF), одређују позицију првог реза по различитим критеријумима. Основна разлика је по питању посматрања уздужне или попречне форме, односно да ли се симулација односи на критеријуме попречног пресека (елиптичност и сл.), уздужну форму (закривљеност, коничност) или обухвата све критеријуме, односно третира трупац у 3 димензије.

Са развојем технике скенирања унутрашњости трупаца (која ће касније бити приказана), направљена је база података која садржи дигиталне трупе реалних димензија и облика, са детаљним подацима о распореду унутрашњих грешака. Ово је омогућило да се компјутерске симулације врше са већом тачношћу и преко њих добију реални подаци о квантитативном, квалитативном и вредносном искоришћењу.

Steele et al. (1992) истражују постојање конфликта између максималног квантитативног и вредносног искоришћења. За симулацију су коришћена 24 дигитална храстова трупаца пречника 16 инча и дужине 12 стопа. Примењен је симулатор за BOF са могућношћу анализе трупаца у свим равнима. Варирана су 24 различита начина (позиције) отварања, односно, сваки трупац је ротиран 24 пута након чега је симулирано пиљење по задатој шеми за резање кроз. Констатовано је да се позиција отварања трупаца која даје максимално квантитативно искоришћење разликује од позиције са максималним вредносним искоришћењем. Разлика у вредносном искоришћењу износила је 5,8%.

Исти аутори (1993), користећи наведена сазнања, анализирају пет карактеристичних позиција отварања трупца из претходне симулације. Констатују да постоји сигнификантна разлика између наведених позиција отварања и да се применом максималног квантитативног искоришћења по трупцу добија 2\$ мање него применом максималног вредносног искоришћења. Из свега наведеног извлаче логичан закључак да, у случају познавања распореда унутрашњих грешака, трупце треба распиљивати по принципу максималног вредносног искоришћења.

Chang et al. (2005) испитују утицај оријентације трупца и дубине отварајућег реза на вредност резане грађе при симулираном пиљењу храстових трупаца. Симулирано је резање скроз, а за одређивање оптималног отварајућег реза трупац је ротиран за по 15° , док је дубина отварања расла за по 1/16 инча. Закључено је да проналажење оптималног положаја трупца значајније утиче на вредносно искоришћење од оптималне дубине првог реза. Такође, примена скенера омогућава налажење оптималне равни првог реза и побољшање вредносног искоришћења, па чак и први релативно непрецизни скенери могу донети довољно увећано вредносно искоришћење, што их препоручује прерађивачима лишћарских врста дрвећа.

Todoroki et al. (2007) наводе да су Asikainen и Panhelainen 1970. године установили да је исправна почетна позиција за први пролаз призмања елиптичних трупаца она код које је мањи пречник управан на оштрицу алата, док се други пролаз изводи након окретања за 90° . Ако се примени наведено постављање елиптичних трупаца, квантитативно искоришћење може бити веће него код округлих трупаца истих димензија, док ће у супротном бити мање. Осим тога, Todoroki et al. (2007) приказују резултате симулације резања елиптичних трупаца западноамеричке цуге. Анализирају различите углове постављања трупаца и њихов утицај на квантитативно и вредносно искоришћење. Истраживање је потврдило резултате Asikaina и Panhelainena, али само са квантитативног аспекта, док је по питању квалитативног и

вредносног искоришћења потребно извршити додатна истраживања, где би се при постављању равни реза водило рачуна и о грешкама грађе дрвета.

Разматрајући утицај уређаја за скенирање облика обловине у одређивању позиције отварања трупца на успешност прераде, Skatter et al. (1998) симулирају прераду 100 борових и 106 смрчевих трупаца. Примењени уређаји за скенирање су једно и двоосни уређај на принципу светлосних сензора, тродимензионални скенер облика и скенер х зрацима. Варирана је и окораност трупаца, као и основе пиљења, које су биле случајно изабране или оптималне (по питању отварања трупаца). Сложенији уређаји и оптималне основе пиљења дају боље искоришћење. Код скенера са х зрацима, искоришћење је боље за око 2% на неокораним и око 4% на окораним трупцима када се примене оптималне основе у односу на случајно изабране основе пиљења.

Један од изазова при софтверском одређивању оптималне позиције трупаца при уласку у примарну машину и одлучивању о равни првог реза је велики број могућих варијанти за чију анализу је потребно доста времена. Wessels (2009) се бави могућношћу смањивања броја варијанти за анализу, а да се при томе не угрози квантитативно искоришћење. У раду је симулирано резање призмирањем на реалним (ЦТ скенираним) четинарским трупцима малог пречника.

Иако се класично позиционирање закривљених трупаца своди на центрирање и постављање кривине на горе или на доле, при чему ће се трупац резати паралелно оси, установљено је да често постоје боље позиције за отварање оваквих трупаца, односно да се искоришћење може побољшати. Ипак, потребно је одредити оптималан број варијанти за анализу, а на то се утиче путем одређивања варијација угла ротације трупаца и одступања осе резања у односу на осу трупаца. Варијацијом угла ротације трупаца од 15° и одступања од резања по оси од 5 mm добија се 90 позиција за анализу, док варијација угла ротације трупаца од $2,5^{\circ}$ и одступања од 1 mm резултује са 6006 позиција за анализу. При томе, прва варијанта омогућава пораст искоришћења у односу на

класично позиционирање за 1,87%, а друга за 2,19%. Наведено указује на чињеницу да се задовољавајуће повећање искоришћења може остварити и са мањим уложеним радом и временом за анализе.

Слично као у претходном раду, Lundahl и Grönlund (2010) варирају два начина пиљења, три основе пиљења, 37 углова трупца, 11 одступања од центриране позиције трупца, што чини 13.431 комбинацију. Ако се у симулацију уведе и варијација закошења једног од крајева трупца у опсегу од ± 20 mm, број комбинација расте на 1,625 милиона. Оволика количина података за анализу постављања трупца у машину ствара проблем у процесу који се одвија у реалном времену, па аутори предлажу различите могућности превазилажења проблема. Једна од могућности је да се користе подаци ЦТ скенера са стоваришта обловине, односно да софтвер врши анализе унапред, пре него што је трупца дошао на машину. Мана овог приступа је што је током претходних операција (корања, краћења...) или транспорта могло доћи до промена – оштећења на трупцима. Друга могућност је да се изврши логична редукција броја комбинација, односно да се програмира софтвер да сам одбацује један број комбинација (на пример да се изврши постављање закривљеног трупца у положај у коме је кривина на доле и да се анализира само један број околних положаја). Такође, постоји и могућност постављања новог ЦТ скенера испред пиланске машине, што је веома скупо. У сваком случају, аутори наводе да су ефекти оптимизирања положаја трупца на уласку у пиланску машину на квантитативно и квалитативно искоришћење значајни и да износе око 4,5% у апсолутном смислу. У преради боровине у Шведској (што је био предмет ове симулације), укупни ефекти примене оптимизације постављања трупца у примарну машину у једној већој пилани (200.000 m³) мере се у милионима евра.

Искоришћење у секундарној преради такође је предмет симулација. Оне се заснивају на познатим подацима о распореду грешака и облику и димензијама резаних сортимената. и најчешће се баве питањем првог реза. Shepley et al. (2004), уз помоћ симулационих програма ROMI-RIP и ROMI-CROSS, симулирају

секундарну прераду нискоквалитетне резане грађе. Констатују да се применом попречно-подужног технолошког поступка добија за 3-6 % боље искоришћење сировине у односу на подужно-попречни. Међутим, у подужно-попречном поступку се добија повољнија дужинска структура сортимената.

Hoff (2000), на бази симулације искоришћења резане грађе у подужно-попречном поступку са варирањем броја задатих коначних дужина, наводи да је искоришћење боље када је већи број дужина у оптицају (симулирано са 2, 3 и 4 различите дужине - од 18,5 до 76 инча).

Clément и Bond (2005) анализирају искоришћење при симулацији подужно попречног пиљења хростовине у зависности од ширина примарно испиљених дасака и коначних елемената, типа спецификације и приоритета при изради спецификације (да ли се води рачуна само о димензијама или и о количини елемената приликом испуњавања спецификације). Идеја рада је да се види да ли при доласку дасака на секундарну прераду и израде елемената треба водити рачуна и о њиховим ширинама или само о дужинама. Констатују да сви испитивани параметри појединачно имају утицај на коначно искоришћење, али да постоји и утицај њихових интеракција, осим у случају интеракције између приоритета у изради спецификације и ширинских група. Установљено је и да шире даске дају боље искоришћење, али да то нема значајног утицаја на укупно искоришћење (примарно и секундарно пиљење). Такође, боље укупно искоришћење није увек у сагласности са бољом зарадом, због могућих већих трошкова, тако да се сугеришу даља истраживања овог проблема уз анализу потенцијалног добитка кроз предсортирање грађе по ширинама, као и анализу утицаја секундарне прераде на производност и трошкове прераде.

Сличном проблематиком баве се Vuehlmann et al. (2009). У раду је приказан статистички метод за предвиђање искоришћења у подужно – попречном систему секундарне прераде хростовине у дрвне елементе. Аутори сматрају да се потреба за предвиђањем искоришћења указује са аспекта управљања материјалима, али и трошковима рада и производње. Такође, наводе да на

искоришћење утиче велики број фактора, од којих само различите комбинације квалитета и димензија улазног материјала и излазних производа, уз додатак разлике у спецификацијама, чине проблем његовог тачног предвиђања готово нерешивим. Из тог разлога се у пракси јављају велике разлике између претпостављеног и добијеног искоришћења. Аутори сматрају да се до доброг модела предвиђања може доћи само симулацијом и одређеним уопштавањима.

За симулацију су коришћене храстове даске (квалитета N⁰¹ Common по америчком стандарду) из постојеће базе података, а за симулацију резова у подужно – попречном систему секундарне прераде коришћен је ROMI-RIP 1.0 симулатор, развијен да реално представи основе секундарног пиљења. Коришћена је и спецификација коју је један од аутора у ранијим радовима развио да репрезентује просечну спецификацију, а своди се на груписање појединих дужинских и ширинских димензија (чијом комбинацијом је добио 20 различитих група), уз случајан избор количине појединих сортимената.

На основу компликоване статистичке анализе, применом линеарног метода најмањих квадрата, укључујући и проверу ваљаности добијеног модела, добијен је концепт који би се могао развити у поуздан систем предвиђања. У оквиру проучаваног поља рада, модел је дао прилично тачна предвиђања, за око 88% спецификација је био у оквиру 1% искоришћења. Уз то, модел је способан да рангира постојеће спецификације према очекиваном искоришћењу са око 80% успешности, односно да процени потенцијал спецификације по питању искоришћења. Ово значи да би се за спецификације сличне обрађеним у овом истраживању могло вршити предвиђање искоришћења без претходне симулације.

Ипак, много посла потребно је за подешавање модела за рад у практичним условима, где би елементи требало да буду груписани и раздвојени у упрошћене и стандардизоване спецификације. Такође, потребно је унапредити модел за предвиђање искоришћења за велики број могућих намена у производњи.

Неки аутори третирају процес прераде обловине у резану грађу или грубе обрадке као недељив процес. Група аутора, (Araman, Lin и Kline), кроз три рада из 1995. године, приказује резултате симулације прераде храстове обловине II и III класе директно у грубе обрадке (прескочен је корак израде резане грађе стандардних димензија). Симулиране су четири варијанте прераде. Комбиновано је резање скроз и распиљивање из пет делова (квадрантни начин) са попречно-подужним и подужно-попречним начином секундарне прераде и добијено боље квантитативно и финансијско искоришћење него при класичном поступку израде обрадака.

Осим грешака грађе дрвета и примењеног технолошког поступка, на искоришћење у секундарној преради могу утицати и грешке радне снаге или примењена технологија. Тако, Buehlmann и Thomas (2007) путем симулације истражују утицај прецизности маркирања грешака дрвета на искоришћење у системима аутоматске секундарне прераде подужно попречног типа. На почетку наводе да је у њиховим ранијим истраживањима установљено да се приликом маркирања грешака флуоресцентним маркером одступа од оптималног обележавања у чак 78% случајева. При томе се јавља три типа грешака маркирања: маркирање подручја у коме нема грешке, необележавање грешке, као и непрецизно маркирање (у оквиру подручја грешке дрвета или превише далеко од граничног дела грешке и здравог дрвета). Ове грешке маркирања смањују квантитативно искоришћење са 63,5 на 47,4%, односно за 16,1%, при чему би око 22% израђених обрадака било одбачено на контроли. Циљ рада је да се изврши симулирано одбацивање појединих грешака маркирања и на тај начин оне редукују за 25, односно 50%, чиме би се увећало квантитативно искоришћење и смањило шкарт. Резултати су показали да се смањивањем грешака обележавања за четвртину квантитативно искоришћење повећава за 5,3%, док се смањивањем грешака на половину оно увећава за 6,6%. Ипак, повећавање прецизности обележавања изискује веће трошкове или мању производност (услед споријег и прецизнијег рада), па је потребно урадити додатна истраживања везана за оптимални ниво трошкова у овом типу секундарне пиланске прераде дрвета.

Иако се путем симулација убрзано, јефтино и лако може доћи до великог броја података, треба имати у виду да постоје и одређена ограничења која у извесној мери могу утицати на њихову тачност. Pinto et al. (2006) приказују разлике у добијеним подацима. У раду је вршено индустријско и симулирано пиљење приморског бора (*Pinus pinaster* Ait.), при чему се варирају две основе пиљења: израда дасака и комбинована израда дасака и гредица (штафни). Аутори констатују да у квантитативном искоришћењу применом прве основе пиљења (само даске) нема значајних разлика. Међутим, код друге основе (комбиновани сортименти), симулацијом је добијено боље искоришћење него у реалној преради.

3.2.3 Нове методе за унапређење искоришћења дрвета

Још током осамдесетих година прошлог века примарна прерада дрвета у целом свету била је суочена са низом промена које су у знатној мери утицале на рентабилност и профит. Ове промене убрзане су експанзијом тржишта, падом квалитета и димензија обловине, појачаном конкуренцијом произвођача производа од недрвних материјала, притиском за промену намене шумског земљишта, као и (услед велике продукције која је произашла из продуктивнијих технологија прераде) смањењем профита, односно разлике у цени између сировине и готових производа.

Да би се адаптирала на нове услове рада, примарна прерада дрвета морала је да из све мањих залиха и све неквалитетнијег дрвета (што повећава трошкова прераде) произведе још квалитетније примарне производе и при томе постигне боље квантитативно искоришћење сировине. Највећи проблем у погледу квантитативног и квалитативног искоришћења сировине чине грешке грађе и структуре дрвета које се појављују на резаним сортиментима, а могу се уочити тек по отварању трупаца. У класичним производним процесима ове грешке се претпостављају на основу спољашњих карактеристика трупаца, али се многе од њих не могу детектовати на тај начин. Из тог разлога, читава светска наука и пракса, уз помоћ произвођача опреме, се у последњих тридесетак година бави

решавањем овог проблема, односно развија технике скенирања унутрашњости трупца и пратећи софтвер. Наглашавајући важност познавања унутрашњих грешака грађе дрвета пре прераде, Todoroki (2003) наводи да се и са непрецизним сазнањима о унутрашњим грешкама у трупцу искоришћење може побољшати до 13%, а са прецизним и до 23%.

До повећања квантитативног и квалитативног искоришћења обловине долази се у неколико корака. Први корак представља скенирање, односно развијају се технике које омогућавају да се дође до тродимензионалне слике трупца са распоредом унутрашњих грешака. Следећи корак је обрада добијених података, стварање модела и корекција грешака скенирања, а на крају следи примена добијених информација у одређивању начина пиљења и основа примарног и секундарног пиљења.

При томе се могу применити различити принципи рада. Једна варијанта била би скенирање трупца и прављење примарних и секундарних основа у једном рачунском центру. Овакав приступ назива се интегрисана прерада обловине (Осећа et al., 1996). Друга садржи два корака. У првом се врши скенирање трупца, одређивање основа примарног пиљења и распиљивање, а у другом скенирање грађе, прављење основа секундарног пиљења и секундарна обрада. Разлика у наведеном приступу је у корисничком софтверу, али су суштински веома сличне.

Schmoldt (1992) наводи да се скенирање облика и димензија трупца може извести помоћу оптичких и ласерских скенера, али да су ове технике доста скупе. Оне се користе и код скенирања резане грађе, при чему оптичке технике мере интензитет светла или региструју промену боје.

Према истом аутору, скенирање унутрашњости и распореда грешака у трупцу врши се помоћу х-зрака, нуклеарне магнетне резонанце или ултра-звуча. Ови скенери су првобитно развијени у медицинске сврхе и, према Gupta et al. (1999), било је потребно извршити значајна прилагођавања како би нашли примену у

примарној преради дрвета. Чак су, према истим ауторима, велике разлике у потребама скенирања четинарских и лишћарских трупца.

Најчешћу примену у скенирању трупца нашли су скенери на принципу х-зрака. Уобичајени назив ове врсте скенирања је компјутеризована томографија (computed tomography - CT). Ови уређаји, према Schmoldt-и (2000) морају да задовоље шест услова везаних за дизајн и оперативност. Ови услови су: величина апаратуре (прилагођена трупцу), брзина скенирања (8-16 ft/min, односно око 2,4-4,9 m/min), време употребљивости (три смене током пет радних дана), употребљивост у оштрим индустријским условима (нечистоће, варијација температуре и влажности ваздуха), сигурност од радијације и ефикасан апликациони софтвер. Софтвер је ту веома битан. У медицинској примени скенера сваки снимак се проучава појединачно, док у индустријској примени за то нема времена. Schmoldt наводи да се скенирањем трупца дужине 3 m добије око 1,2 Gb података и да се толика количина података мора обрадити у реалном времену да би процес функционисао.

Независно од примењеног система скенирања, аналогни сигнал је потребно пребацити у дигитални облик, сачувати и касније компјутерски обрадити. У анализи слике, наведени дигитални материјал се обрађује математички и статистички и склапа се тродимензионална слика трупца са постојећим грешкама грађе дрвета. Такође, статистичком обрадом података се отклањају грешке скенирања и врши корекција, како би тродимензионална слика у што већој мери одговарала реалном трупцу. Ово је, према Sarigul et al. (2003), веома компликован задатак због велике варијације у густини дрвета и неравномерног распореда чворова. Из тог разлога, овај софтвер треба прилагодити свакој појединој врсти дрвета. Аутори су унапредили приступ који користи вештачку неуронску мрежу (ANN) која разврстава CT слику по принципу пиксел по пиксел. Систем анализира мале суседне делове и доноси прелиминарну одлуку о разврставању као "чвор", "пукотина" или "кора", са успешношћу око 95%. Затим се врши обрада података, уклапање слике и елиминација малих делова који сигнификантно одступају од околине, чиме се добија тродимензионална слика трупца.

Сличан приступ имају и Bhandarkar et al. (1999). Њихов систем "CATALOG" садржи четири подсистема. Прво се врши претходна обрада и подела појединачних дводимензионалних слика, затим се на тим сликама детектују и класификују унутрашње грешке. Систем препознаје зону раног и касног дрвета у прстену прираста, срчику и бељику, кору, чворове, пукотине и рупе, џепове коре или влаге и присуство трулежи. У трећем кораку се врши склапање тродимензионалног модела трупаца, а у четвртном се рендерује стварни распоред грешака. Систем је способан и за симулацију машинских операција на тродимензионалној реконструкцији трупаца.

Новији системи за реконструкцију трупаца (Winn et al. 2004), осим до сада описаних принципа, поседују и базу података са познатим карактеристикама трупаца, спољним и унутрашњим грешкама. Реконструкцију трупаца врше упоређењем скенираних података са подацима из базе.

Након реконструкције трупаца у три димензије, следи операција одређивања начина прераде и основа пиљења. Ову операцију обавља рачунар. На основу резултата и података добијених путем бројних симулација, конструишу се софтверски програми који одређују начин резања (скроз, кружно, призмирање, квадрантно, пиљење по оси или изводници) и основу пиљења, водећи рачуна о максималном квантитативном, квалитативном и вредносном искоришћењу, као и о испуњењу задате спецификације. Ови програми врше симулацију пиљења у више варијанти, бирају најповољнију и дају налог да се по њој врши прерада.

Како се сазнања о могућностима компјутеризоване томографије увећавају и овај принцип приближава масовној практичној примени, интензивирају се и истраживања, која иду у неколико праваца. Један број истраживача наставља рад на усавршавању техничких карактеристика уређаја кроз истраживање утицајних фактора (величина пиксела, густина и фреквенција скенирања...) на квалитет скенирања и искоришћење сировине (Thawornwong et al., 2003), док други раде на усавршавању програмских пакета и симулацијама.

Скенири су у приличној мери унапредовали тако да ће се компјутеризована томографија, према Hou et al. (2009), ускоро користити за недеструктивно одређивање густине сирових трупца или чак и стабала у дубећем стању. До оваквих претпоставки аутори су дошли на основу прелиминарних истраживања букових (*Fagus grandifolia* Ehrh.) и трупца балзамске јеле (*Abies balsamea* (L.) Mill.).

Групе истраживача покушавају да побољшају систем скенирања путем убацивања у базу података ранијих сазнања о трупцима и врсти дрвета (Winn et al. 2004), или да развију систем који учи на сопственим грешкама. Sarigul et al. (2003) представљају унапређени систем који путем прикупљања података са изрезане грађе и повратне везе омогућава упоређење скенираних и реалних података. Надоградња софтвера за генерисање трупца постпроцесним информацијама омогућава повећање тачности прераде и боље искоришћење сировине.

Chang и Gazo (2009) истражују ефекте познавања распореда, броја и величине грешака у трупцу на увећање добити при преради у резану грађу. Истраживања су обухватила пет америчких лишћарских врста дрвећа, а просечно увећање добити за све класе трупца и врсте дрвета је 46%. Највећи ефекат сазнања о грешкама у унутрашњости обловине уочен је при преради трупца најлошијег квалитета, где се добит скоро удвостручује.

Ако се примењује као засебна операција, скенирање резане грађе једноставније је од скенирања трупца пошто су грешке дрвета на површини грађе уочљиве и једноставније за детекцију. Као што је већ наведено, ова операција се спроводи помоћу оптичких, ласерских и скенера на бази x-зрака. На основу добијених података се реконструише сортимент у дигиталном облику, а затим се врши симулација прераде и одређују основе секундарног пиљења, или се једноставно грађа само класира по квалитету.

Према Regalgado et al. (1992), човек-форајзер није у могућности да одреди максималне основе кројења резане грађе. Искоришћење зависи од његових индивидуалних способности, а креће се у границама од 62-78% од објективно могућег. У сличном истраживању, Wang et al. (2009.) врше оцену квалитета секундарне прераде и класирања у малим пиланама које прерађују лишћаре у Западној Вирџинији (САД). Из шест малих пилана узето је по 60 дасака, које су детаљно прегледане, убележене су све грешке и потребне димензије, а оцењен им је и квалитет. Даске су затим прерађене и поступак мерења и оцене квалитета је поновљен. Упоредом добијених резултата са подацима које су у оквиру процеса прераде наведених дасака бележили пилански сортирачи, установљени су губици услед различитих грешака по питању квантитета и квалитета грађе. Вредносно искоришћење појединих сортимената у пракси је мање за 0,5 – 24,1 % од могућег, из чега се може закључити да би се бољом увежбаношћу и обученошћу радне снаге на машинама за секундарну прераду, али и сортирача, резултати могли поправити чиме би се побољшало искоришћење и увећала финансијска добит малих пилана.

Решавајући проблем аутоматског класирања резане грађе, Kline et al. (2001) су установили да је њихов систем „Virginia Tech's“ прецизнији од класера, нарочито када су у питању геометријске карактеристике сортимената, као што су закривљеност, заокруживање мера или прорачун резова. Међутим, систем се показао слабијим у препознавању грешака дрвета, односно, потребно га је унапредити по питању разликовања површинских дисколорација од грешака дрвета.

Из наведених разлога, ради се на унапређењу технологије скенирања површине резане грађе, како би уз примену софтвера за оптимизацију резова добило максимално вредносно искоришћење у секундарном кројењу. Тако, Schmoldt et al. (2001) приказују унапређени систем скенирања сирове резане грађе, који у комбинацији са софтвером за оптимизацију уздужних и попречних резова, постиже максимално искоришћење на 92% дасака, на којима остварује 99% од максималног вредносног искоришћења. На 94% дасака операција је извршена за

мање од 10 секунди уз примену процесора од 233 MHz, па се може закључити да би се применом савремених компјутера ова операција свела на 1-2 секунде по дасци. Упоређујући свој (B&B) са јединим другим софтвером за оптимизацију секундарне прераде (UGRS), констатују да се добија за 1-2% боље искоришћење и 5-11% већа тачност за 40-100 пута мање времена и да је максимално искоришћење сировине зато једино ограничено прецизношћу скенирања.

Имајући у виду све наведено, може се претпоставити да ће светска наука релативно брзо разрешити проблеме скенирања обловине и резане грађе. На тај начин отвориће се ново поље за истраживање искоришћења у примарној преради дрвета. Ипак, иако ЦТ технологија има могућност детектовања унутрашњих грешака у трупцима, постоје и проблеми око њене примене. Према Thomas et al. (2007) ови проблеми су:

- због обиља података процес скенирања је веома спор и може трајати од 5 минута до 4 сата по трупцу;
- варијације влажности у дрвету чине резултате релативно непоузданим;
- технологија која емитује тако велику количину x зрака (због великих габарита трупаца) претставља приличан еколошки ризик и
- ови скенери су веома скупи (од милион долара па на више) и самим тим недоступни већини погона за прераду обловине;

Thomas et al. (2007) у даљој анализи наводе да су ласерски скенери знатно јефтинији и да им се цена креће у дијапазону од 250 000 до 400 000 \$. Ова технологија прикупља податке о спољашњем облику и димензијама трупаца користећи технику триангулације. Брзина прикупљања је много већа и може се обрадити у реалном времену. Систему није потребна велика количина енергије и прилично је безбедан по оператера.

Основна идеја коју разрађују поменути аутори је да се са повећањем резолуције ласерског скенера повећава могућност детектовања већег броја

спољашњих грешака на обловини, нарочито оних које се рефлектују на облик трупца. На основу наведеног, разрадили су систем који поменуте грешке компјутерски обрађује. Такође, израдили су и базу података на основу које се врши препознавање и лоцирање грешака. Приликом тестирања, од 68 постојећих грешака систем је уочио 63, док је 10 пута детектовао грешку која није постојала на стварном трупцу. Када се систем буде довољно усавршио биће способан да на основу уочених грешака конструише тродимензионални модел трупца (као и код ЦТ), па да на основу њега компјутер може изабрати оптималне основе пиљења које дају максималан финансијски ефекат.

Осим ласера, као помоћ у детекцији грешака грађе у циљу повећања квалитативног и вредносног искоришћења користе се и неке врсте радара. Halabe et al. (2011) приказују унапређени производни модел за контролу процеса у реалном времену са циљем увећања квалитативног искоришћења, посебно учешћа грађе без грешака. Процес започиње призрамањем, након чега се врши детекција грешака дрвета радаром (GPR – ground-penetrating radar) помоћу две антене постављене према трупцу у x и y оси. Подаци добијени скенирањем обрађују се MATLAB[®] софтвером, тако да оператер на растружној машини добија упутство која основа пиљења даје најбоље вредносно искоришћење. На овај начин, вредносно искоришћење се увећава и за 27%. Наредна истраживања и унапређења овог система иду у правцу постављања система од 4 антене (већа прецизност лоцирања грешака), као и могућности класификације грешака (натруло, труло...).

Ипак, са применом скенера у пракси су се отворили неки проблеми, од којих се може издвојити питање у којој мери постојећа технологија може да примени податке добијене скенирањем и обрађене програмима за симулацију максималног искоришћења. Vuorilehto и Tulokas (2007) обрађују проблем ротације трупаца приликом призрамања на савременим вишелисним кружним машинама. Примећено је да, иако је систем 3Д скенирања са пратећим софтвером прорачунао и прецизно одредио позиције резова у 1. и 2. пролазу, долази до грешака позиционирања трупаца пре другог пролаза и то у центрирању и углу ротације, са грешком често већом и од 20° . На тај начин се

значајно смањује квантитативно искоришћење и у великој мери губи предност коју доноси скупа инсталирана опрема. До грешака у постављању трупца долази услед несавршености самог конвејерног система који није у могућности да прецизно ухвати и постави закривљене, неравне или трупце неправилног попречног пресека. Осим тога, проблеми могу настати и услед присуства снега и леда, али и у преношењу података од управљачке јединице ка систему за окретање. Аутори закључују да по свим наведеним питањима има пуно простора за унапређење.

Нове технологије и савремени уређаји омогућавају приступ великом броју информација за релативно кратко време. Обиље информација о сировини, као и адекватна рачунарска подршка у обради тих информација омогућавају знатно реалније планирање пиланске прераде. Један број истраживања усмерен је у правцу развоја статистичких метода на основу којих би се на основу података о сировини добили поуздани подаци о будућој резаној грађи, док се друга истраживања баве могућностима примене података прикупљених у шумама на планирање пиланске прераде.

Todoroki et al. (2005) баве се планирањем квалитета грађе. У ствари, сврха њиховог рада је трострука: упоређење симулираног и стварног искоришћења, истраживање ефекта грешака мерења повезаних са углом инсерције грана и облицима чворова на искоришћење и истраживање метода за предвиђање квалитета резане грађе на основу површинских чворова на трупцима. Испитивање је спроведено на 27 трупаца дуглазије и показало је да квалитативно искоришћење зависи од угла инсерције (појединог смера), а још више од облика чворова. Генерално, квалитет грађе опада са порастом просечног пречника чвора, а ова зависност је јача код симулираног вредносног искоришћења ($r^2=0,74-0,76$) него код стварног ($r^2=0,26$). Повезаност стварног и симулираног квалитативног искоришћења је мала, тако да се сугерише да је тренутни ниво знања недовољан и да се само на основу површинских чворова не може предвидети квалитет резане грађе.

Petutschnigg и Katz (2005) приказују статистички модел за предвиђање квалитета резане грађе у зависности од квалитета трупаца из којих се израђује. На основу овог модела захтеви пилана у погледу квалитета трупаца испостављају се знатно прецизније, у зависности од потребног квалитета резане грађе. Посебно се анализира утицај закривљености и дисколорације у трупцима. Модел не даје директну везу између квалитета појединог трупаца и грађе, већ везу комбинације различитих квалитета трупаца и циљаног квалитета грађе, што представља нови приступ. У будућим истраживањима, овакав модел могао би се користити за анализу релација квалитативних карактеристика дубећих стабала и резане грађе која би се из њих добила. Тако би се отворило и питање наменске производње трупаца у шумарству.

Као што је већ наведено, један број истраживача бави се коришћењем информација из шумарства за планирање пиланске прераде. Тако, Tong и Zhang (2008) предлажу приступ рачунања квантитативног искоришћења појединих стабала на основу података о димензијама и паду пречника мерених приликом шумске инвентуре канадског бора (*Pinus banksiana*). У раду је приказано упоређење искоришћења виртуелних трупаца и то: модела трупаца добијених на основу наведених података (из инвентуре) и стварних трупаца, скенираних и дигитализованих. Модели трупаца дају нешто веће искоришћење него стварни трупци (што је логично – због грешака грађе дрвета), али се број добијених сортимената углавном поклапа, осим код израде најмањих елемената. Искоришћење је могуће кориговати линеарном корекцијом, тако да ће, након детаљних истраживања корекције, вероватно бити могуће прецизно предвидети искоришћење помоћу основних података из инвентуре шума.

Важност детектовања девијације влаканаца, нарочито промене смера влаканаца око чворова у дрвету описује Xu (2010). У раду се анализира могућности коришћења Diffusion Tensor Magnetic Resonance Imaging (DT-MRI), система који на бази мерења дифузије молекула воде кроз дрво, познавајући јединичну дифузију у зависности од анатомског правца, мапира девијације влаканаца око чворова. Овај недеструктивни метод заснива се на праћењу кретања воде у

трупцима или стаблима у сировом стању влажности (које је углавном у аксијалном правцу) и детектујући промене тог кретања фактички детектује девијације влаканаца и места чворова. DT-MRI је преузет из биологије, где се користи у проучавању структуре ткива, нервних влакана и сл., док је његова примена у анализи структуре дрвета у повоју.

Осим чворова, на искоришћење у великој мери утиче и присуство трулежи, па су подаци о њеној распрострањености занимљиви са становишта планирања прераде. Kazemi-Najafi et al. (2009) истражују могућност ултразвучне детекције трулежи у буковим стаблима и свеже посеченим трупцима. Из свеже оборених стабала изрезивани су котурови здравог дрвета на којима су прављене округле и дугуљасте рупе. Мерена је брзина кретања ултра звука и установљено је да она значајно опада са повећањем величине рупе, док позиција рупе на попречном пресеку нема утицаја. Дугуљасте рупе (које имају мању запремину од округлих) имају већи утицај на смањење брзине ултра звука.

Веома занимљив је и приступ који приказују Flodin et al. (2008). Сваки поједини комад дрвета добијен у пиланској преради довољно је различит и јединствен да се, ако се сними и измери довољна количина података о њему, може одредити из ког трупца је изрезан, па тако добити и подаци о искоришћењу. Наведени принцип назван је принципом отиска прста, а састоји се у прикупљању података о дужинама комада и информација о чворовима. Материјал за истраживање био је бели бор из шест различитих дебљинских група, прерађен кроз две основе пиљења у шест димензија сортимената. Подаци о трупцима су добијени путем скенера са x зрацима у комбинацији са тродимензионалним оптичким скенером, а подаци о резаној грађи применом скенера резане грађе на стоваришту. Резултати показују да је преко 95% од свих дасака било могуће повезати са трупцем из ког су изрезане (поставити у трупац из ког су изрезане). Ово представља веома висок потенцијал за развој новог метода, који ће имати практичну примену у контроли и унапређењу процеса пиланске прераде.

3.3 ЕКОНОМИЧНОСТ ПРЕРАДЕ

Приликом планирања пиланске прераде, а нарочито приликом давања понуда купцима за тражену спецификацију грађе, потребно је реално проценити трошак набавке трупаца. У случају лоше процене угрожава се рентабилност прераде или реализација посла (у случају када је претпостављена цена превисока). Најчешће се процена трошкова обловине прави на бази сличних спецификација из ранијег искуства и претпостављеног процента искоришћења трупаца у резану грађу. Rappold et al. (2009) су развили метод прорачуна трошкова набавке сировине који је заснован на процени трошкова активности које треба извршити у преради, а све на бази познатог излаза резане грађе. Модел прорачуна је добијен на основу симулације, а као основа су послужили двогодишњи подаци из пилане која прерађује храстовину. Резултати предвиђања трошкова по овом моделу су бољи него у класичном предвиђању преко искоришћења.

Knoke et al. (2006) рангирају важност неких параметара квалитета букове обловине и разматрају њихов утицај на цену квалитетних трупаца. У раду су примењена два економетријска модела за објашњење цена обловине. Претпостављено је да на потенцијалну куповину највише утичу цена и квалитет обловине, тако да су дефинисани економетријски модели: „предност цени“ и „предност квалитету“. Истраживањем је обухваћено 4026 купаца на лицитацији, а понуђено је 980 високо квалитетних букових трупаца, односно преко 2000 m³ обловине. Добијена сазнања о потребама и жељема купаца по питању пречника, дужина и квалитета трупаца указују на чињеницу да различити купци различито вреднују исти квалитет и димензије у зависности од сопствених потреба. Ипак, није могуће изаћи у сусрет појединачним захтевима сваког купца.

Аутори наводе да је лажно срце и даље најважнији квалитативни показатељ по питању утицаја на цену, иако маркетиншка кампања за коришћење овог дела дрвета за израду квалитетног намештаја није у потпуности без успеха. Потребно је убедити потрошаче да је у неким случајевима дрво од црвеног срца чак и боље него бело дрво, у чему маркетиншки треба да учествује и сектор шумарства, како би увећао вредност своје сировине. На цену осим лажног срца утиче и усуканост влаканаца, закривљеност, храпавост коре и тензионо дрво (чворови нису анализирани).

Установљена је и разлика између европских и азијских купаца. Док су азијски купци више заинтересовани за велике трупце (првенствено за пречник), европски дају предност квалитативним показатељима. Азијски купци су знатно толерантнији по питању присуства лажног срца у трупцима (европски толеришу до око 30%, а Азијски много више). Тензионо дрво и оштећења од обарања стабла нису од значаја у Азији, док у Европи јесу, док се храпавост коре у Азији сматра битном, а Европљани на њу не обраћају пажњу.

Однос купаца обловине према лажном срцу последица је толеранције појединих тржишта према овој грешци грађе у резаним сортиментима. Тако је европско тржиште (Италија, Немачка, Шпанија...) мање толерантно него азијско (Израел...), а нарочито у односу на афричко (Египат...). Према Glavonjić et al. (2009), отприлике се једна трећина од произведене лишћарске резане грађе у Србији извози и то највише у Италију, па у Словенију, Грчку, Израел и Египат.

На економичност се може утицати и бољим коришћењем машина, односно њиховом већом производношћу. Како је примарна машина (у преради лишћара је то најчешће трачна пила трупчара) кључна за производност целе линије, већи број аутора бавио се овим питањем.

Алексов и Вукићевић (1988) су комбинацијом метода класичног хронометрисања и статистичке методе доказали корелациону зависност између времена прераде и димензија трупца и технолошког поступка прераде трупца. Слично су установили Ištvančić et al. (2009). Наиме, од појединачних времена, највише се троши на распиљивање, али је збирно гледано, учешће манипулације и повратних ходова веће. У раду је дат и низ зависности (међусобни односи капацитета, брзине помера, димензија, запремине...), а доказано је да на производност трачне пиле трупчаре највише утиче запремина трупца.

Вукићевић (1989) анализира само један захват – пиљење и наводи да висина пропиљка и брзина помера вагонета са трупцем при пиљењу нису у функционалној већ у стохастичкој зависности. Иста тврдња износи се и за однос површине пропиљка и трајања захвата пиљења трупаца. Аутор сматра да је узрок ових одступања од теорије у непостојању претходно утврђених оптималних параметара режима обраде, као и у немогућности континуираног праћења утицаја структуре дрвета на отпоре резању, а тиме и на брзину помера вагонета са трупцем.

Један од ограничавајућих фактора за повећање производности трачних пила је тачност обраде. Факторима који утичу на тачност обраде трачних пила бавио се Eklund (2000). Констатовао је да брзина помера мора бити усклађена са висином резања. Такође, установио је да уређаји за помер значајно утичу на тачност обраде, док радно време алата има одређени, али мањи утицај него што се очекивало.

Осим наведених параметара везаних за сировину и технологију, успешност прераде зависи и од рационалне потрошње енергије. Према FAO Corporate Document Repository (1990), најважнији фактори који утичу на потрошњу енергије у преради дрвета су:

- производни капацитет
- ниво искоришћења опреме
- старост
- опремљеност и избор технолошког процеса
- степен повезаности операција
- положај постројења
- укупна ефикасност операција
- ниво механизације обраде материјала
- степен аутоматизације процеса
- врста дрвета, димензије и садржај влаге,
- тип и разноликост готових производа
- ниво завршне обраде производа
- степен вештачког сушења грађе
- климатски услови
- цене енергије
- ниво унутрашњег транспорта
- равнотежа потреба за паром и снагом
- обим усвојених мера за штедњу енергије
- достигнути ниво руковођења и одржавања

Тако разноврсни и многобројни утицајни фактори чине и потребу за енергијом различитом и она износи $0,06 - 0,20 \text{ GJ/m}^3$ ($17 - 56 \text{ KWh/m}^3$) у сировом пиланском технолошком процесу, док су у производњи суве резане грађе или елемената $1,0 - 2,85 \text{ GJ/m}^3$ ($278 - 792 \text{ KWh/m}^3$). У изради сирове резане грађе, потрошња електричне енергије је на нивоу од 30 KWh/m^3 при преради лишћара, док је прерада четинара мање захтевна, па потрошња износи око 20 KWh/m^3 . При производње сувих готових производа ова потрошња је значајно

већа и износи 75 KWh/m^3 за лишћаре, а 45 KWh/m^3 за четинаре. Уз то, у сировом и у сувом поступку се троши још око 5 l/m^3 моторног горива за лишћаре и 4 l/m^3 за четинаре. У случају сушења, постоји и потреба за топлотном енергијом од $2,5 \text{ GJ/m}^3$ (417 KWh/m^3) за лишћаре, односно $1,5 \text{ GJ/m}^3$ (695 KWh/m^3) за четинаре.

Имајући све наведено у виду, економичну и рентабилну прераду није једноставно поставити. Корак у том правцу била би контрола свих трошкова и познавање њихове расподеле. Међутим, велики број различитих утицајних фактора доводи до тога да се ниво трошкова и њихова расподела свакодневно мењају и у оквиру једног предузећа, док их је у оквиру државе или на светском нивоу веома тешко установити. Ипак, за илустрацију могуће расподеле трошкова може послужити податак који наводе Rappold et al. (2009) да су, према подацима пописног бироа Сједињених Држава, производни трошкови у пиламама за лишћарско дрво 2002. године имали следећу структуру: испоручени трупци 44%, материјали и залихе 38%, док су плате радника износиле 18%.

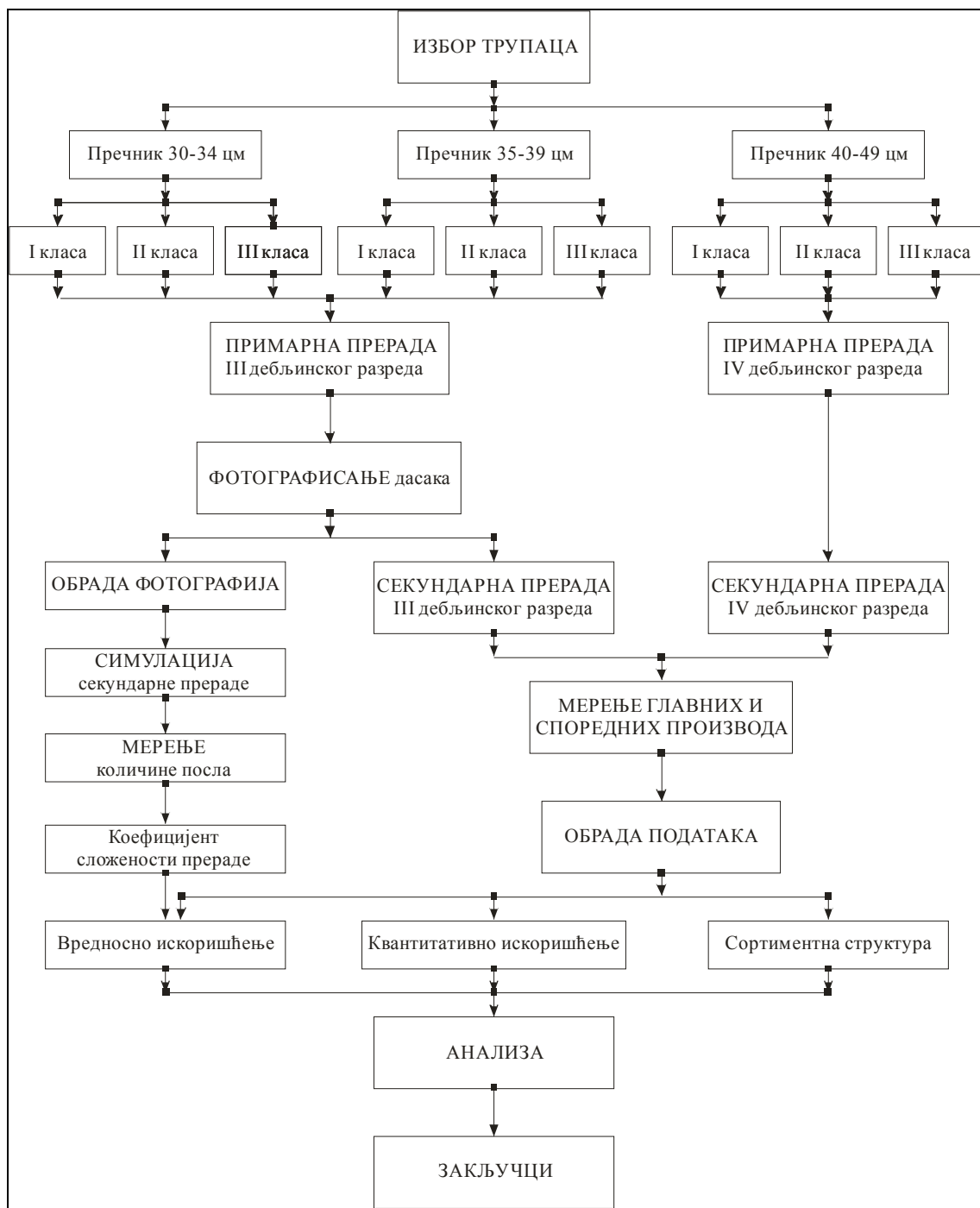
4. ПРОГРАМ ИСТРАЖИВАЊА

На основу дефинисаних циљева истраживања, а у намери да се дође до што квалитетнијих одговора на постављене хипотезе, извршен је избор трупца за истраживање и њихова прерасподела по пречницима и класама квалитета. Формиране групе трупца су потом прерађене према задатим параметрима.

Добијени сортименти из сваког појединог трупца су раздвојени на главне и споредне. Главни пилански сортименти су разврстани на неокрајчену грађу (самице и полусамице), окрајчену грађу (дугу и кратку), срчаницу и ситне пиланске сортименте (фризе, четвртаче и метларку), док су споредни разврстани на крупне и пиљевину. Сви добијени сортименти су измерени, а подаци су статистички обрађени.

Истовремено, током примарне прераде су снимани подаци о примењеним основама пиљења, а сви добијени примарно испиљени сортименти су фотографисани. Потом је на основу тих фотографија извршена симулација секундарне прераде и израђене су основе секундарног пиљења. Тако се на бази података из реалне прераде и симулације могло приступити рачунању укупне количине посла при преради букових пиланских трупца и формирању коефицијента који је коришћен у анализи вредносног искоришћења и укупне добити.

На основу података добијених путем експерименталног резања и података добијених симулацијом, извршена је завршна анализа. Из те анализе донети су закључци о утицају начина примарног пиљења и квалитета трупца на искоришћење и сортиментну структуру. Програм истраживања приказан је на дијаграму, слика 2.



Слика 2: Програм истраживања

5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

5.1 МАТЕРИЈАЛ ЗА ИСТРАЖИВАЊЕ

Материјал за истраживање чине букови трупци I, II и III класе квалитета, из трећег и четвртог дебљинског разреда (пречници од 30 до 49 cm), дужине 4m. Узорак је подељен у девет група, како би се установио утицај пречника и квалитета на искоришћење. Према пречницима, групе су 30-34 cm, 35-39 cm и 40-49 cm, а према квалитетним класама I, II и III класа по (приликом почетка истраживања важећем) стандарду ЈУС Д.Б4.028 (Трупци лишћара за резање) из 1979. године.

Наменска сеча букових стабала за обловину из IV дебљинског разреда извршена је у 51., 52. и 53. одељењу у Наставно-научној бази Шумарског факултета у Дебелом Лугу код Мајдампека. Трупци III дебљинског разреда потичу из 3., 9. и 17. одељења у Наставно-научној бази Шумарског факултета на Гочу. По обарању је извршено кројење трупаца на дужину од 4 m (са надмером) и транспорт на стовариште пилане.



Слика 3: Обарање стабла



Слика 4: Шумско стовариште

При избору трупаца је, како би се уједначио узорак и смањио број утицајних фактора на искоришћење, елиминисана обловина са присуством трулежи, док је лажно срце ограничено на округло и здраво, без црне оивичености. Наведене појаве знатно утичу на искоришћење, имају велики број различитих варијанти и стадијума, тако да би уједначавање узорка по групама за истраживање са њиховим присуством било отежано.

Приликом класирања обловине, у пракси је уобичајено да се поједини трупци, независно од прецизних навода стандарда, класирају према преовлађујућем квалитету, док се за одређена одступања од стандарда дају бонификације. Ово значи да се трупац који би се могао класирати у бољу класу када се на њему не би налазила нека грешка која га декласира, сврстава у тај бољи квалитет, а присуство грешке се бонификује, рецимо смањењем дужине трупаца. Како се бонифицирање обавља кроз преговоре између купца и продавца и субјективног је карактера, овакав приступ није могуће применити у експерименталном раду, па је класирање вршено строго према стандарду. Ипак, трупци који би у практичним условима ушли у вишу класу квалитета уз бонификацију равномерно су распоређени по групама узорака.

На пиланским стовариштима трупци су премеравани, разврставани у групе за прераду и обележавани бројевима. Премер пречника и дужине трупаца вршен је са тачношћу од 5 mm. Измерени су пречници на тањем крају, средини и на дебљем крају, као и пречници лажне срчевине на челима трупаца. Вредност пречника добијена је као просечна из два унакрсна мерења, а заокруживање је вршено на целе центиметре на ниже, после рачунања просека. Дужина трупаца (l_t) мерена је на најкраћем растојању између чела и такође заокружена на пуне центиметре на ниже.

Дебљина коре мерена је кљунастим мерилом тачности 0,2 mm. Одређена је статистички на по 8 случајно одабраних трупаца за сваку дебљинску групу. Из сваког трупаца су премерена по три узорка коре (узета приближно са крајева и на средини), а добијени просек заокружен на ближи цео милиметар. Из тих вредности узет је просек који се односи на дату дебљинску групу и такође заокружен на пун mm.

На основу измерених пречника трупаца и статистички одређених дебљина коре дефинисане су површине (са и без коре): површина тањег (P_t), површина дебљег краја (P_d) и површина на средини трупаца (P_s). Формула за рачунање површина била је:

$$P = \frac{\left(\frac{d_1 + d_2}{2}\right)^2 \cdot \pi}{4} \quad [m^2] \dots\dots\dots (1)$$

где су d_1 и d_2 унакрсно мерени пречници на датом пресеку.

Након тога, за сваки трупца рачунате су две запремине: запремина трупца са кором и запремина трупца без коре. Према Банковићу и Пантићу (2006.), ако се знају површине наведена три пресека, најтачнија запремина трупца за било који од карактеристичних ротационих тела добија се помоћу Рикеве формуле. Она је примењена у нешто измењеном облику, тако да је за израчунавање наведених запремина коришћена следећа формула:

$$Q_t = \frac{P_t + P_s + P_d}{3} \cdot l_t \quad [m^3] \dots\dots\dots (2)$$

Количина коре у трупцу добијена је као разлика између запремина трупца са и без коре.

5.2 ПРЕРАДА ОБЛОВИНЕ

Припремљени и обележени трупци су са стоваришта пилане упућивани на прераду. Пре уласка у пиланску халу вршено је њихово прање, а након тога су, на трупцима на којима је то било потребно, обновљене ознаке.



Слика 5: Обележени трупци

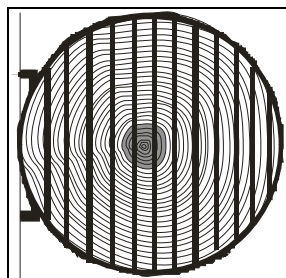


Слика 6: Увожење трупца у халу

Примарна прерада је извршена на линијама трачних пила (трупчара и растружна трачна пила). У секундарној преради је примењен попречно – подужно – попречни поступак, док су ситни сортименти израђивани на машинама примереним тој намени. С обзиром да парачи нису имали лампе равњаче, трупци су, због бољег искоришћења сировине у секундарном пиљењу, оријентисани тањим крајем напред, а распиљивање је вршено паралелно са осом трупца. На примарним машинама су израђивани сортименти дебљина 25 и 50 mm. Сортименти номиналне дебљине 25 mm резани су са надмером од 2 mm, а сортименти номиналне дебљине 50 mm са надмером од 5 mm. Надмере на ширину и дужину сортимената су зависиле су од димензија сортимента. Примењене су оне које су уобичајене у датој пилани како би радници могли да раде као што су навикли и примењују познате ознаке и шаблоне за одређивање димензија сортимената.

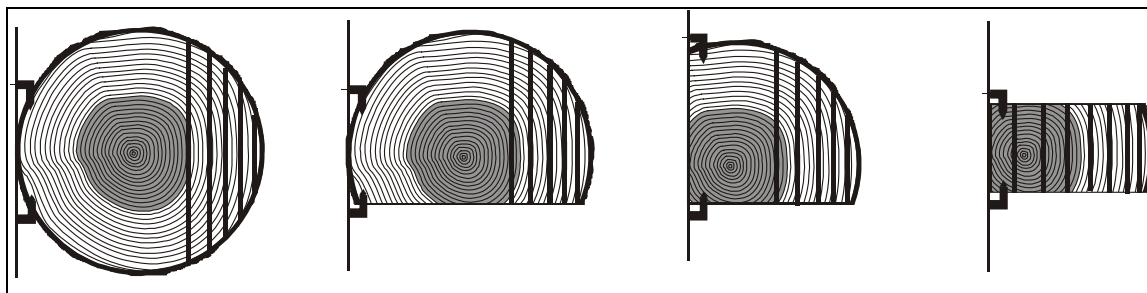
Приликом разрезавања трупца су примењиване слободне основе пиљења, уз поштовање принципа максималног квантитативног квалитативног и вредносног искоришћења. Коришћени начини примарног пиљења били су: скроз, призмање, кружно индивидуално резање и резање половњака.

Карактеристика резања скроз (слика 7) је да се прерада врши без окретања трупца током израде сортимената. Овај начин примењиван је код трупца са малим присуством или без лажног срца.



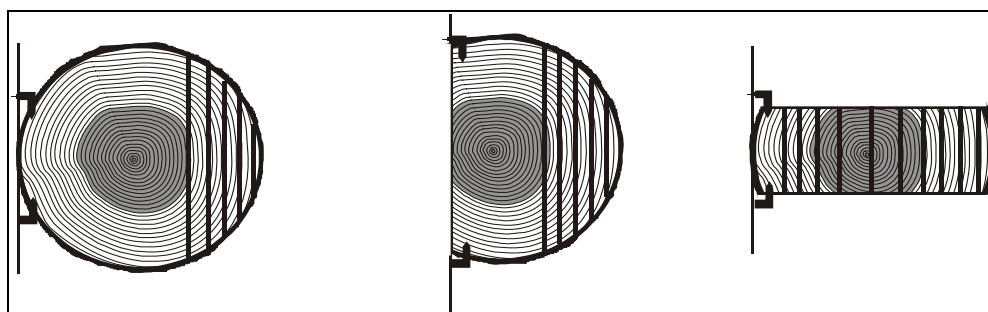
Слика 7: Резање скроз

Кружно индивидуално резање (слика 8) вршено је тако што је буков трупцац разрезиван до појаве лажног срца на сортиментима, а затим ротиран за 90° . Поступак је понављан док се сортименти лажне срчевине не издвоје од осталих у примарном резу.



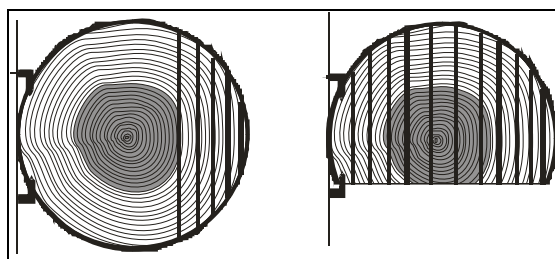
Слика 8: Кружно индивидуално резање

Применом призмања (слика 9), такође се вршило издвајање срчанице у примарном резу. Поступак је сличан кружном индивидуалном резању, али се након појаве лажног срца на сортиментима вршила ротација трупцаца за 180° . Тако је добијен један број окрајчених сортимената једнаких ширина.



Слика 9: Резање призмањем

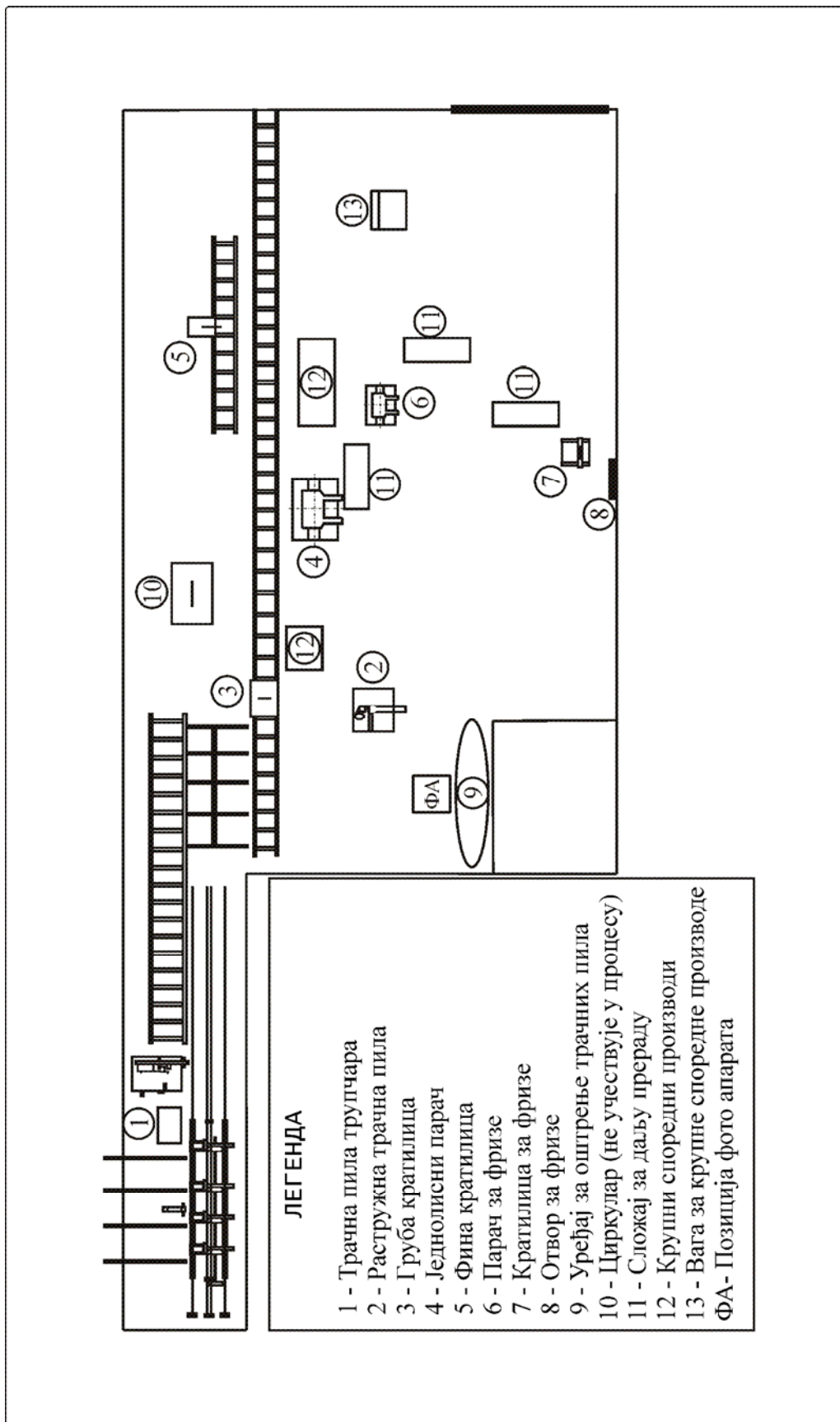
Осим наведених уобичајених начина примарног пиљења, у неким случајевима (код трупцаца мањег пречника са већим учешћем лажног срца) је примењена варијанта кружног резања код које се врши само једна ротације – разрезавање половњака (слика 10). Овај начин резања је примењиван у случајевима када се проценило да већи број сортимената након другог обртања трупцаца при кружном резању или призмањању не би имао довољну ширину (нарочито сортименти из бочних зона). Овако је смањено учешће ситних сортимената у асортиману и повећано вредносно искоришћење.



Слика 10: Резање половњака

После разрезавања трупца, на добијеним сортиментима је извршено предцртавање, а након тога су упућени на секундарно пиљење. Операцијама секундарног пиљења су са резане грађе избациване грешке које се не толеришу у готовим производима и даване коначне димензије сортимената. У мери у којој је то било могуће, форсирана је израда самица, полусамица и дуге крајчене грађе. Осим тих сортимената израђивана је и кратка крајчена грађа и ситни сортименти (четвртаче, фризе и метларка), све према стандарду ЈУС Д.Ц1.022 (Резана букова грађа) из 1982. године. Такође, из делова трупца са лажним срцем израђивана је срчаница. Хипер кратка резана грађа (сортименти краћи од 1 м) није израђивана због ниске цене, већ су такви сортименти прерађивани у фризе или четвртаче.

Иначе, прерада обловине извршена је у две пилане. Трупци III дебљинског разреда који потичу из Наставне базе „Гоч“ прерађени су у пиланском постројењу предузећа „Блажек“ из Краљева, док су трупци IV дебљинског разреда, који су из Наставне базе „Дебели Луг“ прерађени у пилани базе у Дебелом Лугу. Као што је већ наведено, технолошки процес у обе пилане био је идентичан, а у великој мери и асортиман који се израђивао. Разлике су биле по питању квалитета крајчене резане грађе (што је објашњено у поглављу Предмет истраживања), али и што је из трупца IV дебљинског разреда (прерађених у Дебелом Лугу) израђивана метларка, док из преостале две групе није, због тога што предузеће „Блажек“ није имало обезбеђен пласман тих сортимената.



Слика 11: Технолошка основа пилане предузећа „Блажекс“, Р=1:200

Технолошки процес у пилани „Блажек“ (слика 11) почињао је раскрајањем трупца на трачној пили трупчари (1). Примарно испиљени сортименти (резана грађа, окорци и припремци за растружну трачну пилу) су уздужним ваљчастим и попречним ланчаним транспортером транспортовани до позиције грубе кратилице (3). На том радном месту вршено је издвајање окорака. Прерадиви окорци су пребацивани на растружну трачну пилу (2) на којој су израђиване кратице, док су непрерадиви прикупљани и након завршетка прераде трупца транспортовани до ваге. Сва резана грађа је фотографисана, након чега се приступало предцртавању и краћењу по потреби. Затим је пребацивана на једнолисни парач (4) и фину кратилицу (5). Фризе су израђиване на једнолисном парачу (6) и кратилицу за фризе (7). Неокрајчена и окрајчена резана грађа, као и срчаница и четвртаче извожени су ланчаним транспортером на стовариште резане грађе, где је вршен премер, док су фризе кроз отвор у зиду (8), преко стрме равни, падале на радни сто на коме су премераване. Крупни отпадак (окорци са примарних машина, одсечци после краћења и порупци са машина са уздужним резом) прикупљани су и ношени до ваге (13), а након мерења су убацивани у сандуке који су накнадно изношени из пилане помоћу виљушкара. Изглед пиланске хале приказан је на сликама 12 и 13.

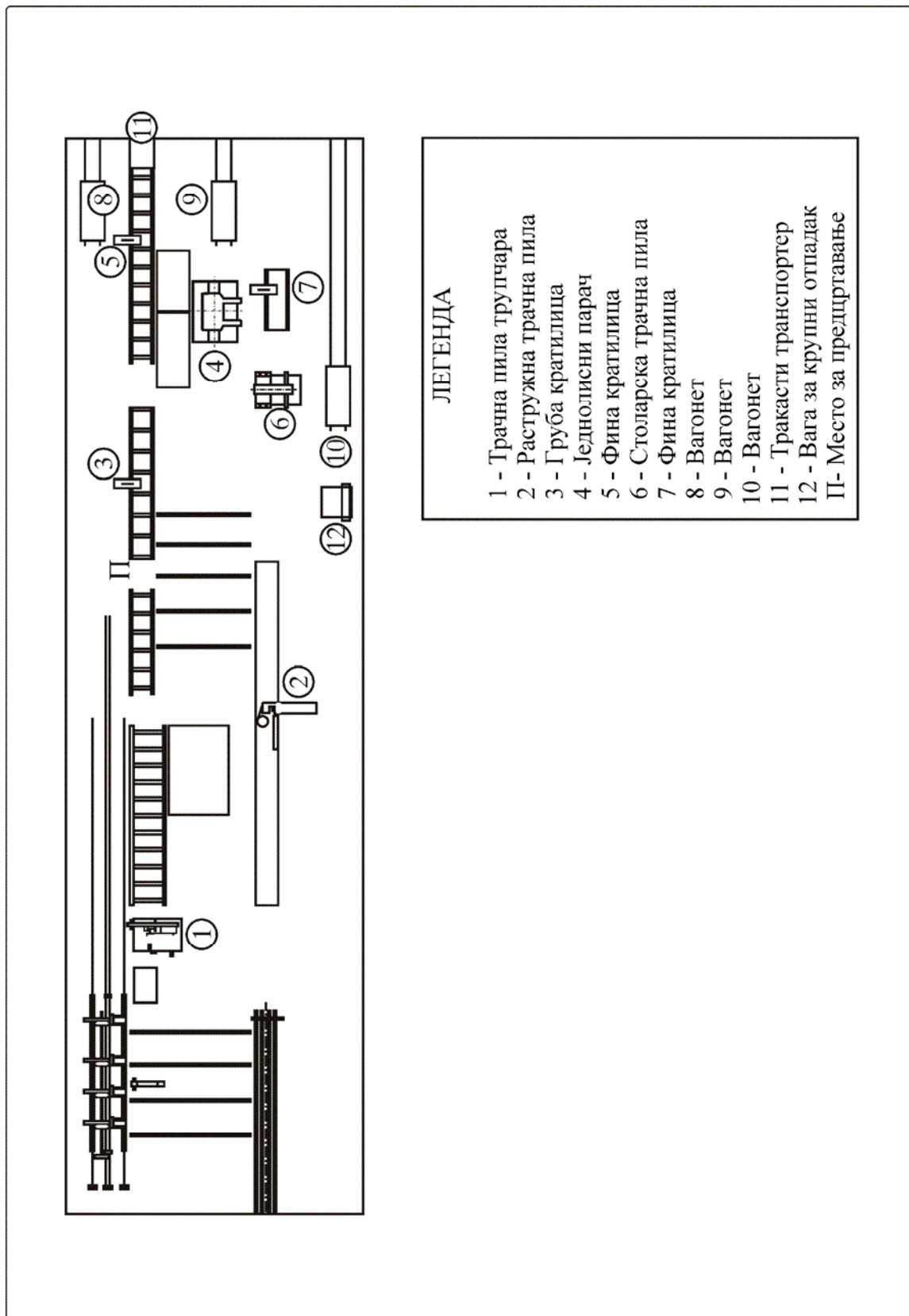


Слика 12: Прерада на трачној пили



Слика 13: Секундарна прерада

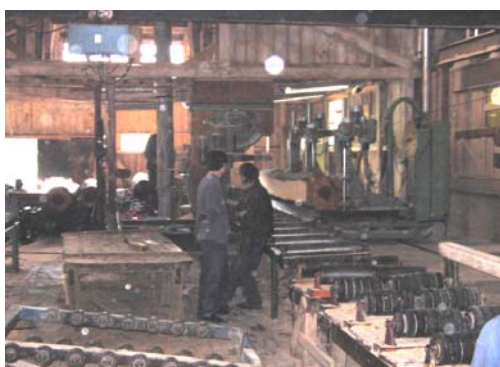
Прерада трупца у пилани Наставно-научне базе Шумарског факултета у Дебелом Лугу код Мајданпека (слика 14) почињала је на трачној пили трупчари (1).



Слика 14: Технолошка основа пилане ННБ Дебели Луг, Р=1:200

Већи окорци су помоћу мостне дизалице пребацивани на растружну трачну пилу (2). Резана грађа са примарних машина настављала је до попречног пререзивача (3) на коме су избациване грешке грађе дрвета. Дужи сортименти су пребацивани на једнолисни парач (4) и фину кратилицу (5), док су краћи усмераваани на столарску трачну пилу (6) и фину кратилицу (7).

У самој хали је вршено предсортирање. Неокрајчена и полуокрајчена резана грађа слагана је на вагонет (8), док суokraјчена резана грађа и срчаница извожени из хале помоћу тракастог транспортера (11). Ситни сортименти су одвајани на вагонет (9), а крупни споредни (окорци са примарних машина, одсечци после краћења и порупци са машина са уздужним резом) су, после мерења на ваги (12), прикупљани на вагонету 10. Сви главни сортименти су слагани и премеравани на стоваришту резане грађе. Изглед пиланске хале приказан је на сликама 15 и 16.



Слика 15: Прерада на трачној пили



Слика 16: Секундарна прерада

5.3 КЛАСИРАЊЕ И МЕРЕЊЕ СОРТИМЕНАТА

Како би добијени подаци о искоришћењу и сортиментној структури били што репрезентативнији, тежило се да се технолошки процес што мање ремети и да се омогући радницима да несметано раде и спроводе уобичајене задатке. Ипак, да би се спречило мешање сортимената из више трупца, технолошки процес се прекидао након прераде сваког трупца и није се настављао до завршетка класирања и премера свих (и главних и крупних споредних) сортимената.

Окрајчена резана грађа из трупаца III дебљинског разреда рађена је према квалитетним захтевима египатског, а окрајчена грађа из трупаца IV дебљинског разреда према захтевима италијанског тржишта. Сви остали сортименти израђени су према захтевима домаћег тржишта. Мерење дасака и оцена квалитета извршена је према СРПС (ЈУС) стандардима, Д.Б0.022 (Разврставање и мерење обрађеног и необрађеног дрвета) из 1984. године и Д.Ц1.022 (Резана букова грађа) из 1982. године. Крупни пилански сортименти (неокрајчена, полуокрајчена, окрајчена резана грађа и срчаница) су, као што је већ поменуто, мерени непосредно после израде, у сировом стању влажности. Све димензије су измерене и забележена им је тачна вредност у mm, без заокруживања према стандарду. Такође, за сваки сортимент је забележен степен обрађености (неокрајчен, полуокрајчен, окрајчен), класа квалитета, позиција у трупу (радијална, полуредијална или тангенцијална), евентуално присуство лажне срчевине, док су сортименти срчанице посебно нотирани.

На основу измерених података израчуната је стварна запремина (q_s) за сваки добијени сортимент, према формули:

$$q_s = d_s \cdot b_s \cdot l_s \quad [m^3] \dots \dots \dots (3)$$

где је: d_s - измерена дебљина сортимента (m)

b_s - измерена ширина сортимента (m)¹

l_s - измерена дужина сортимента (m)

Такође, извршено је заокруживање димензија према стандарду и израчуната запремина (q) сваког сортимента после заокруживања, по формули:

$$q = d_n \cdot b_z \cdot l_z \quad [m^3] \dots \dots \dots (4)$$

где је: d_n - номинална (стандардна) дебљина сортимента (m)

b_z - ширина сортимента заокружена по стандарду (m)

l_z - дужина сортимента заокружена по стандарду (m)

¹ Ширине неокрајчене грађе мере се без коре на средини дужине сортимента. За даске (25 mm) мере се са уже стране, а за планке (50 mm) се рачунају као просек ширина уже и шире стране

Ова запремина коришћена је при израчунавању искоришћења, а претходно приказана стварна запремина послужила је за израчунавање вредности надмере (N):

$$N = q_s - q \quad [m^3] \dots\dots\dots (5)$$

Ситни сортименти су разврстани на четвртаче, фризе и (код прераде трупца IV дебљинског разреда) метларку. У оквиру ових група сортимената најпре је извршено раздвајање према стандардним димензијама, а након тога и премер сваке поједине групе (на исти начин као и код крупних сортимената). Како је број ситних сортимената најчешће био велики, укупна запремина сортимената из групе добијена је множењем броја сортимената са просечном запремином, која је одређена на пет случајно изабраних представника. Коначно, укупна запремина за сваки тип сортимента добијена је сабирањем запремина појединачних група. Ситни сортименти нису класирани према квалитету.

5.4 ИЗРАЧУНАВАЊЕ ИСКОРИШЋЕЊА

5.4.1 Квантитативно искоришћење

Укупно квантитативно искоришћење сировине рачунато је помоћу формуле:

$$P_i = \frac{Q_g}{Q_t} \cdot 100 \quad [\%] \dots\dots\dots (6)$$

где је: Q_g – укупна запремина главних сортимената из трупца (m^3)

Q_t - запремина трупца (m^3)

Иста формула коришћена је и при рачунању сортиментне структуре, односно приказа учешћа појединих главних (самице, полусамице, крајчена грађа, срчаница, фризе, четвртаче и метларка) и споредних (крупни споредни производи и пиљевина) сортимената у укупној запремини трупца. На тај начин (у

апсолутном смислу) рачунато је и учешће радијалних, тангенцијалних и полуредијалних сортимената, као и учешће I, II и III класе квалитета резане грађе.

Такође, рачунат је и релативни однос главних пиланских сортимената, без узимања у обзир крупних споредних сортимената и пиљевине. Он је добијен из односа укупне запремине појединог сортимента са укупном запремином главних сортимената у трупцу. На релативан начин је изражено и учешће сортимената по класама, положају у трупцу, учешће крупних и ситних сортимената, а посебно је дат и однос дуге и кратке окрајчене грађе (у односу на укупну грађу и међусобни однос). Сортиментна структура у релативном смислу рачуната је помоћу формуле:

$$P_{ir} = \frac{q_i}{Q_g} \cdot 100 \quad [\%] \dots\dots\dots (7)$$

где је: q_i - запремина појединих сортимената у трупцу (m^3)

Одређивање запремине споредних производа, пошто су неправилног облика (крупни) и неодговарајућих димензија (ситни), вршено је посредно. Треба напоменути да је за израчунавање учешћа, пошто се запремина трупца рачуна без коре, неопходно израчунати запремину споредних сортимената без коре. Ово је рађено кроз више паралелних корака.

Учешће коре на крупним споредним производима одређено је статистички, тако што је на 54 трупца из узорка (по шест из сваке групе) установљено који део коре је остао на резаним сортиментима (самицама и полусамицама), а који на окрајцима и окорцима (кора у пропиљцима је занемарена). Установљено је да је у дебљинском разреду III-а, услед најмањег присуства неокрајчене резане грађе, остало највише коре на споредним производима, 97,79% од укупне количине коре. У дебљинском разреду III-б ово учешће је износило 95,53%, док је у IV дебљинском разреду оно било 94,74%.

Осим тога, мерењем масе и димензија на 5 случајно одабраних сортимената из трупца одређена је просечна густина дрвета у трупцу (ρ_d). Према Шошкићу и Поповићу (1992) однос густине коре и дрвета може се исказати односом $\rho_k : \rho_d = 1:0,934$. Овај однос коришћен је приликом рачунања густине коре, па је помоћу наведених параметара одређена маса коре у споредним производима.

Истовремено, мерена је укупна маса крупних споредних производа из трупца (окорци, порупци и одсечци) са кором. Од ове масе је одузета маса коре и добијена маса дрвета у крупним споредним производима. Запремина крупних споредних производа добијена је на основу података о маси дрвета у споредним производима и његовој густини, а одређена је према формули:

$$Q_{ksp} = \frac{m_{ksp}}{\rho_d} \left[m^3 \right] \dots \dots \dots (8)$$

где је: Q_{ksp} - запремина крупних споредних производа (m^3)

m_{ksp} – маса дрвета у крупним споредним производима (kg)

ρ_d - статистички одређена густина дрвета у трупцу (kg/m^3)

Како је одвођење пиљевине у пиланама у којима је реализовано истраживање решено преко ексхаусторске инсталације, није било могуће извршити њено сакупљање и премеравање. Због тога је одређивање запремине ситних споредних производа (Q_{ssp}) извршено одузимањем укупне запремине добијених пиланских сортимената и крупних споредних производа од запремине трупца, по формули:

$$Q_{ssp} = Q_t - Q_g - Q_{ksp} \left[m^3 \right] \dots \dots \dots (9)$$

Укупно квантитативно искоришћење (P_i), као и сва искоришћења за поједине сортименте, приказана су као однос добијених сортимената и запремине трупца рачунате према формули бр. 2. Ипак, имајући у виду чињеницу да се у пракси искоришћење прати преко стандардних запремина трупаца и грађе, на почетку прегледа искоришћења приказано је и укупно квантитативно искоришћење

израчунато на овај начин – стандардно квантитативно искоришћење (P_{ist}). У овом прорачуну искоришћења, при израчунавању запремине трупца примењена је Хуберова формула:

$$Q_{ts} = \frac{d_s^2 \cdot \pi}{4} \cdot l \quad [m^3] \dots\dots\dots (10)$$

Тако је формула за стандардно квантитативно искоришћење:

$$P_{ist} = \frac{Q_g}{Q_{ts}} \cdot 100 \quad [\%] \dots\dots\dots (11)$$

5.4.2 Вредносни параметри

Успешност пиланске прераде може се изразити на различите начине. Неки аутори је изражавају путем вредности у валути (Шошкић и Милић 2005) или у валути по јединици површине или запремине (Steele et al. 1993, Поповић et al. 2003, Shepley et al. 2004, Танушев et al. 2009). У неким случајевима постоји потреба за анализом путем коефицијената вредносног искоришћења, нарочито ако је у питању поређење процеса у различитим временским периодима или различитим условима пословања. На овај начин вредносно искоришћење рачунају Зубчевић (1973), Скакић (1985) и Танушев et al. (2009).

Заједнички карактеристика свих наведених начина изражавања је да су базирани на вредностима главних производа. Ово је у одређеној мери оправдано и то из више разлога:

- споредни производи имају значајно мању вредност од главних, па је и њихов утицај на успешност прераде мањи
- већину трошкова није једноставно израчунати и адекватно изразити у односу на јединичну количину трупаца или готових производа

- у константним условима прераде трошкови се могу рачунати као константни и уједначени по јединици производа, па се њихов утицај занемарује
- израчунавање успешности производње је једноставније, а може се претпоставити да је грешка релативно мала

Ипак, нарочито када је у питању прерада у којој се варира квалитет улазне сировине, потребно је укључити и трошкове у анализу успешности. Јасно је да није исти ефекат ако се одређена вредност добије из трупца најбољег или најлошијег квалитета, односно из најскупљих у односу на најјефтиније трупце. Из тог разлога, развијен је модел оцене успешности који укључује све добијене производе (главне и споредне), али и укупне трошкове прераде.

Дакле, основни показатељ успешности прераде биће остварена добит. Ипак, у оквиру анализе вредносних параметара приказаће се и средњи коефицијент вредности резане грађе, вредносно искоришћење, као и коефицијент увећања вредности – нови показатељ који је развијен са циљем да се у коефицијенте вредности уврсте трошкови прераде.

Ови вредносни параметри ће бити приказани из два разлога. Први разлог је што се у случају промена на тржишту вредности мењају, али међусобни односи цена најчешће не, па се путем коефицијената могу вршити упоређења параметара истраживаних у различитим условима.

Други разлог је што се корелационом анализом, упоређењем параметара вредносног искоришћења са оствареном добити, могу сагледати појединачни утицаји на успешност, као и измерити поузданост таквог приступа. Наиме, сваки од коефицијената представља и одређени утицај и то: средњи коефицијент вредности резане грађе показатељ је просечне вредности асортимана, коефицијент вредносног искоришћења указује на укупну вредност добијених сортимената, а коефицијент увећања вредности у анализу успешности укључује и трошкове и поставља успешност у односу на уложена средства у обловину.

5.4.2.1 Утицајни фактори на рентабилност прераде

Прерада букове обловине, као и било који производни процес, биће рентабилна у колико су укупни трошкови производње нижи од вредности добијених производа. Цене готових производа су параметар зависан од тржишта и на њега се тешко може утицати. Из тог разлога се рентабилност остварује контролом трошкова производње. Како би се установили укупни трошкови производње, потребно их је претходно дефинисати и спецификовати. Генерално, они се састоје од трошкова сировине и трошкова прераде

Трошкови сировине зависе од набавне цене и цене превоза. Набавна цена трупаца зависи од параметара тржишта, док на цену превоза највише утиче удаљеност пиланског постројења од шумског стоваришта. Трошкови сировине зависе и од других фактора (превоз сопственим возилима или се плаћа услуга, дужина рокова плаћања, плаћање из сопствених обртних средстава или из кредита и сл.).

На трошкове прераде највећи утицај имају енергија и радна снага. Они зависе од примењене технологије (тип, старост и исправност радних машина и уређаја, тип технолошког процеса, број операција које треба урадити и сл.), али и од трошкова кредита, одржавања, амортизације, пореза и доприноса итд.

Већина наведених утицајних фактора узета је у обзир при рачунању добити из прераде букове обловине. Неке од њих није било могуће квантификовати (кредити, амортизација, порези) па је извршена процена. Добит је, као и искоришћење, рачуната за сваки трупац посебно, а упоређење вршено након статистичке обраде.

5.4.2.1.1 Укупна вредност производа

Вредност главних производа (резаних сортимената) добијена је као сума вредности ових сортимената из трупца. Вредност појединог сортимента производ је његове запремине и усвојене цене за дати сортимент. Цене главних сортимената (у €/m³) на нивоу ф-цо фабрика, усвојене на основу података из четири независна извора, приказане су у табели број 8.

Табела 8: Цене букових главних производа

Сортимент	Цена (€/m ³)	
	Италијански квалитет	Египатски квалитет
Окрајчена резана грађа		
Дуга окрајчена резана грађа	270	200
Кратка окрајчена резана грађа	180	140
Хипер кратка окрајчена резана грађа	120	100
Остали сортименти		
Самице – полусамице	210	
Четвртаче	170	
Фризе и метларка	140	
Срчаница	70	

Цена крупних споредних производа је рачуната из тржишне цене која износи 25 €/m³. Како се ова цена односи на сложено, а не на пуно дрво, потребно је извршити прерачунавање. Према Francescato et al. (2008), коефицијент запуњености пакета крупног пиланског отпатка износи 0,65, тако да је вредност крупног пиланског отпатка:

$$V_{ksp} = 25/0,65 = 38,5 \text{ €/m}^3.$$

Маринковић (1977) наводи да насипна маса пиљевине зависи од врсте дрвета и влажности, тако да за букову пиљевину она износи: за влажност 25% - 220 kg/m³, за влажност 50% - 259 kg/m³, а за влажност 75% - 305 kg/m³. Ако се, према Шошкићу и Поповићу (2002), примени прерачунавање густине буковине од $\rho_0=690 \text{ kg/m}^3$,

помоћу формуле $\rho_v = \rho_0 (1 + v_a) / (1 + 0,84 * \rho_0 * v_a)$, добија се да густина буковине при 25% влажности износи 753 kg/m^3 . Према истом извору, формула за прерачунавање густине у сировом стању влажности је $\rho_v = \rho_0 * (1 + v_a) / (1 + \beta_v)$, па густина при влажности од 50% износи 857 kg/m^3 , а при влажности од 75 % - 1000 kg/m^3 . Када се ове вредности ставе у однос са наведеним насипним масама букове пиљевине, добијају се коефицијенти запуњености за пиљевину:

- при влажности пиљевине 25%: $220/753 = 0,292$
- при влажности пиљевине 50%: $259/857 = 0,302$
- при влажности пиљевине 75%: $305/1000 = 0,305$

Добијени коефицијенти запуњености су у сагласности са подацима које дају Francescato et al. (2008), који наводе да је коефицијент прерачунавања за пиљевину 0,33. Тржишна цена пиљевине је око 800 дин/m^3 . Прерачунавањем се добија:

$$V_{ssp} = 800/0,33 = 2400 \text{ динара/m}^3 \approx 21,5 \text{ €/m}^3$$

Овом ценом умножена је количина пиљевине из трупца и добијена њена вредност.

5.4.2.1.2 Трошкови производње

5.4.2.1.2.1 Трошкови сировине

Трошкови сировине рачунати су на основу званичног ценовника Ј.П. Србијашуме, (прерачунатог у евре), увећаног за цену транспорта од око 10 €/m^3 . Тако су усвојени следеће трошкови набавке букове обловине (T_s):

I класа: 60 €/m^3

II класа 50 €/m^3

III класа 44 €/m^3

5.4.2.1.2.2 Трошкови прераде

Трошкови прераде претстављају збир трошкова енергије, радне снаге и других трошкова. Они се најчешће рачунају по m^3 сировине, што значи да су то просечни трошкови за одређени асортиман прераде.

Према FAO Corporate Document Repository (1990), у изради сирове резане грађе лишћара, потрошња електричне енергије је на нивоу од $30 \text{ KWh}/m^3$. Уз то, према истом извору се у сировом поступку троши и још око $5 \text{ l}/m^3$ моторног горива. Ово је просечна потрошња по m^3 добијене резане грађе, тако да су (ако се зна да се као просечно искоришћење за лишћаре најчешће узима 50%), они дупло мањи по m^3 прерађених трупаца. Цена индустријске електричне енергије је око 7 евро центи по KWh, док је цена горива на нивоу од 1,33 €/литру. Из наведеног се може утврдити норматив за енергију (T_e), који се усваја као:

$$T_e = 15 \text{ KWh}/m^3 \times 0,07 \text{ €/KWh} + 2,5 \text{ l}/m^3 \times 1,33 \text{ €/l} = 4,4 \text{ €/m}^3 \text{ трупаца.}$$

Норматив трошка радне снаге рачунат је на основу броја радника који су учествовали у технолошком процесу (укључујући и раднике на стовариштима и пословођу било их је 13) и просечне дневне производности процеса од око 25 m^3 . Тако је израчунат норматив од приближно 2 m^3 трупаца по раднику дневно. Према бази података Републичког завода за статистику (РЗС), просечна месечна бруто зарада за 2012. годину, у области 16 (прерада дрвета и производи од дрвета, плуте, сламе и пружа, осим намештаја), износила је 29.444 динара, односно око 263 €. То би значило да је трошак радне снаге око 12 € дневно, односно око 6 € по m^3 трупаца. Овај трошак је вероватно већи, имајући у виду да послодавци у прерађивачким погонима који послују на ивици егзистенције често умањују званичне зараде радника ради смањења трошкова пореза, а разлику у заради исплаћују радницима „на руке“. Наведеним трошковима прераде треба додати и трошкове бруто зарада административних радника и власника предузећа, што износи најмање 3 €/m^3 трупаца, тако да се трошкови радне снаге (T_{rs}) могу проценити на 9 €/m^3 трупаца.

Такође, постоји велики број трошкова који није обухваћен досадашњом анализом. То су трошкови амортизације, одржавања, камата, путовања, репрезентације, пореза и других давања према држави, издаци за воду и комуналне услуге итд. Ове трошкове није једноставно обрачунати, зависе од великог броја фактора, организације и система рада у предузећу, а и у оквиру самог предузећа варирају током времена. Претпоставка је да би се могли рачунати као 1/3 укупних трошкова.

На основу свега наведеног, срачунати су просечни трошкови прераде:

$$T_{\text{prs}} = (T_e + T_{\text{rs}}) \times 1,5 \dots\dots\dots (12)$$

Дакле,

$$T_{\text{prs}} = (4,4 + 9) \times 1,5 = 20,1 \approx 20 \text{ €/m}^3 \text{ трупаца}$$

Просечне трошкове прераде треба прерачунати на трошкове појединих трупаца, зависно од рада и енергије који су уложени у прераду. За прерачунавање је осмишљен корекциони коефицијент који је назван коефицијент сложености прераде (k_{sp}). Стварни трошак прераде трупаца тада је:

$$T_{\text{pr}} = T_{\text{prs}} \times k_{\text{sp}} \dots\dots\dots (13)$$

5.4.2.2 Добит

Почетна формула за израчунавање добити је:

$$D = V_p - T_p \dots\dots\dots (14)$$

Где је: D – добит,

V_p – укупна вредност производа

T_p – трошкови производње

Расчлањавањем укупне вредности производа на вредност главних производа (V_g), крупних (V_{ksp}) и ситних (V_{ssp}) споредних производа, као и укупних трошкова производње на трошкове сировине (T_s) и прераде (T_{pr}), добија се:

$$D = (V_g + V_{ksp} + V_{ssp}) - (T_s + T_{pr}) \dots\dots\dots (15)$$

Разлагањем појединих трошкова на познате вредности карактеристичне за сваки трупца, дошло се до коначне формуле за рачунање добити из трупца:

$$D = \Sigma(q_g * C_g) + Q_{ksp} * C_{ksp} + Q_{ssp} * C_{ssp} - Q_t * C_t - Q_t * T_{prs} * k_{sp} \dots\dots\dots (16)$$

- Где је:
- q_g – укупна запремина резаних сортимената одређеног типа (m^3)
 - C_g – цена резаних сортимената датог типа ($€/m^3$)
 - Q_{ksp} – запремина крупних споредних производа (m^3)
 - C_{ksp} – цена крупних споредних производа: 38,5 $€/m^3$
 - Q_{ssp} – запремина ситних споредних производа (m^3)
 - C_{ssp} – цена ситних споредних производа: 21,5 $€/m^3$
 - Q_t – запремина трупца (m^3)
 - C_t – цена трупца са превозом ($€/m^3$)
 - T_{prs} – просечни трошкови прераде: 20 $€/m^3$
 - k_{sp} – коефицијент сложености прераде трупца

Добит је рачуната у еврима по трупцу и, ради лакшег поређења различитих дебљинских разреда, у еврима по кубном метру.

5.4.2.3 Коефицијент вредносног искоришћења

Најчешће је примењиван начин изражавања вредносног искоришћења је преко коефицијента вредносног искоришћења, који се рачуна као производ квантитативног и квалитативног искоришћења. Као полазна тачка користи се средњи коефицијент вредности резане грађе (k_{vg}), који се рачуна по формули:

$$k_{vg} = \frac{V_1 \cdot k_1 + V_2 \cdot k_2 + \dots + V_n \cdot k_n}{V_1 + V_2 + \dots + V_n} \dots\dots\dots (17)$$

где је: V_1, V_2, \dots, V_n – укупне запремине различитих врста сортимената

k_1, k_2, \dots, k_n – коефицијент вредности врсте сортимента, који се рачунају:

$$k_x = \frac{C_{ig}}{C_{jg}} \dots\dots\dots (18)$$

где је: k_x - коефицијент вредности датог сортимената

C_{ig} - цена датог сортимената

C_{jg} - цена јединичног сортимената

За јединични сортимент се може узети било који сортимент. Изражавањем коефицијента вредности на овај начин, може се реално квантификовати вредност сортимената добијених из појединих тупаца, односно добити реалан показатељ вредности, без обзира на могуће варијације цена.

За израчунавање коефицијената вредности резане грађе коришћене су тржишне цене резане грађе (приказане у табели 8). Имајући у виду да су приликом резања примењивани различити критеријуми квалитета крајчене резане грађе, који су условили и различите цене ових сортимената, за јединичну цену усвојена је цена самица и полусамица. Коефицијенти вредности резане грађе приказани су у табели 9.

Табела 9: Коефицијенти вредности букових главних производа

Сортимент	Коефицијент вредности	
	Италијански квалитет	Египатски квалитет
Окрајчена резана грађа		
Дуга крајчена резана грађа	1,2857	0,9524
Кратка крајчена резана грађа	0,8571	0,6667
Хипер кратка крајчена резана грађа	0,5714	0,4762
Остали сортименти		
Самице – полусамице	1	
Четвртаче	0,8095	
Фризе и метларка	0,6667	
Срчаница	0,3333	

Као што је већ речено, коефицијент вредносног искоришћења рачуна се као производ коефицијента квантитативног искоришћења и средњег коефицијента вредности

резане грађе. Коefицијент квантитативног искоришћења (k_i) је однос количине добијених сортимената (Q_g) према количини обловине из које су израђени (Q_t):

$$k_i = \frac{Q_g}{Q_t} \dots\dots\dots (19)$$

Сада се може израчунати и коefицијент вредносног искоришћења (k_{vi}), према формули:

$$k_{vi} = k_i \cdot k_{vg} \dots\dots\dots (20)$$

5.4.2.4 Коefицијент увећања вредности

Као што је већ наведено, овај показатељ вредносног искоришћења осим вредности главних производа укључује и трошкове набавке обловине и трошкове прераде, а добит од споредних производа је због једноставнијег рачунања занемарена. Дакле, коefицијент увећања вредности указује на меру увећања уложеног капитала и представља однос између вредности добијених сортимената (V_g) и трошкова производње (T_p).

$$k_{uv} = \frac{V_g}{T_p} \dots\dots\dots (21)$$

Укупна вредност резане грађе може се изразити као сума количине појединих производа умножених са њиховом вредношћу. Ако се примени принцип просечне вредности сортимената (преко коefицијента вредности резане грађе), тада је вредност добијених сортимената из трупца једнака производу количине резане грађе (Q_g), коefицијента вредности резане грађе (k_{vg}) и цене јединичног сортимената (C_{jg}). Истовремено, трошкови производње могу се разложити на трошкове сировине (T_s) и трошкове прераде (T_{pr}). Тако би коefицијент увећања вредности сада био:

$$k_{uv} = \frac{Q_g \cdot C_{jg} \cdot k_{vg}}{T_s + T_{pr}} \dots\dots\dots (22)$$

У наредном кораку количина резане грађе може се приказати као производ количине трупаца (Q_t) и коефицијента искоришћења (k_i). Такође, трошкови сировине су производ количине и цене те сировине. Ако се цена обловине (слично као код резане грађе) изрази као производ јединичне цене трупаца (C_{jt}) и коефицијента вредности трупаца (k_{vt}), док је вредност прераде једнака просечним трошковима прераде по m^3 обловине (T_{prs}) умноженој са количином обловине (Q_t) и коефицијентом сложености прераде (k_{sp}), образац би био:

$$k_{uv} = \frac{Q_t \cdot k_i \cdot C_{jg} \cdot k_{vg}}{Q_t \cdot C_{jt} \cdot k_{vt} + Q_t \cdot T_{prs} \cdot k_{sp}} \dots\dots\dots (23)$$

По краћењу количине трупаца (Q_t) у обрасцу, добија се:

$$k_{uv} = \frac{k_i \cdot C_{jg} \cdot k_{vg}}{C_{jt} \cdot k_{vt} + T_{prs} \cdot k_{sp}} \dots\dots\dots (24)$$

Следећи логику која је примењена код резане грађе (цена највреднијих сортимената узима се за јединичну), за јединичну цену обловине узета је цена трупаца I класе квалитета (60 €/m^3). У табели 10 приказани су коефицијенти вредности трупаца.

Табела 10: Коефицијенти вредности трупаца

Сортимент	Коефицијент вредности
Букови трупци I класе	1
Букови трупци II класе	0,8333
Букови трупци III класе	0,7333

Приказано израчунавање вредносног искоришћења преко коефицијента увећања вредности и даље је релативно компликовано, јер поред цена резаних сортимената и обловине фигурира и цена рада. У поглављу 5.4.2.1 приказана је структура

трошкова из које се види да су трошкови прераде око 3 пута мањи од јединичне цене трупаца (трупци I класе квалитета). Увођењем ове релације (са циљем поједностављења формуле) добија се:

$$k_{uv} = \frac{k_i \cdot C_{jg} \cdot k_{vg}}{C_{jt} \cdot k_{vt} + 0,33 \cdot C_{jt} \cdot k_{sp}} \dots\dots\dots (25)$$

Како су јединичне цене трупаца и резане грађе константе, њихов однос је такође константа и може се исказати кроз коефицијент цена:

$$k_c = \frac{C_{jg}}{C_{jt}} \dots\dots\dots (26)$$

По увођењу овог коефицијента, коначан облик једначине коефицијента увећања вредности био би:

$$k_{uv} = \frac{k_i \cdot k_{vg} \cdot k_c}{k_{vt} + 0,33 \cdot k_{sp}} \dots\dots\dots (27)$$

где је: k_{uv} – коефицијент увећања вредности

k_i – коефицијент квантитативног искоришћења

k_{vg} – средњи коефицијент вредности резане грађе

k_c – коефицијент цена

k_{vt} – коефицијент вредности трупаца

k_{sp} – коефицијент сложености прераде

5.4.2.5 Коефицијент сложености прераде

Овај корекциони коефицијент треба дефинисати лако мерљивим и доступним подацима, како његово израчунавање не би било сувише компликовано. Основна идеја за добијање коефицијента сложености прераде је да се он дефинише помоћу броја добијених сортимената из трупаца. Идеја је заснована

на чињеници да је при преради одређеног трупца за израду мањег броја сортимената потребно извршити мањи број операција, док се при изради више сортимената (независно да ли је то последица технолошке чистоће сировине, захтева тржишта или нечег трећег) улаже више рада и енергије. Дакле, трошкови прераде појединих трупаца су у директној вези са уложеним радом и енергијом, а у посредној са бројем израђених сортимената. Веза између броја добијених сортимената и уложеног рада, односно трошкова прераде, истраживана је на трупцима из III дебљинског разреда.

Уложени рад, односно количина посла на поједином трупцу може се израчунати преко извршених резова. Дужина примарних резова изражена је у м` по трупцу, а мерена је са основа пиљења. За унутрашње резове извршене на трачној пили трупчари (резови који имају пуну дужину трупца), количина посла је добијена множењем броја резова са дужином трупца. Спољашњи резови (резови на „отварању“ трупца), као и резови израђени на растружној трачној пили рачунати су множењем њиховог броја са половином дужине трупца, а резултат је сабран са дужином резова са трупчаре. Просечна дужина „спољашњег“ реза и реза на растружној трачној пили установљена је као просек мерења ових резова на 6 случајно изабраних трупаца.

Мерење резова извршених у секундарној преради на начин на који су мерени примарни резови би, због прављења основа секундарног пиљења, значајно успорило прераду и онемогућило континуирано одвијање технолошког процеса. Како би се то избегло, извршена је симулација секундарне прераде, а са направљених модела прераде дасака измерена је количина посла.

У симулацији је коришћен принцип фотограметрије, а спроведена је на следећи начин. Сви сортименти добијени након разрезавања трупаца су обострано фотографисани, чиме је обезбеђен увид у распоред и величину грешака грађе дрвета. Након тога, на обрађеним фотографијама дасака извршена је симулација секундарне прераде, а затим су премерени резови и одређена је количина посла по свакој дасци и трупцу.

Фотографисање дасака је извршено тако што је фотографски апарат постављен на статив (слика 17), на тачну позицију која је одређена тако да се објектив налази на средини сортимента по дужини, 15 cm изнад нивоа транспортних ваљака, а на удаљености од 5,5 m од површине сортимента (позиција фото апарата у односу на технолошки процес приказана је на слици 11).



Слика 17: Постављање статива са фото апаратом на позицију за снимање

Када би се сортимент нашао на одговарајућем месту, вршено је његово подизање (ротација за 90^0 тако да је ивица остала ослоњена на транспортер), постављање у положај управан на објектив, фотографисање једне стране, затим окретање за 180^0 и фотографисање друге стране сорпримента. На свим сортиментима је претходно кредом убележена одговарајућа ознака, како би се знало из ког су трупца и који су по реду изрезивања (слика 18).



Слика 18: Оригинална фотографија примарно испиљеног сортимента

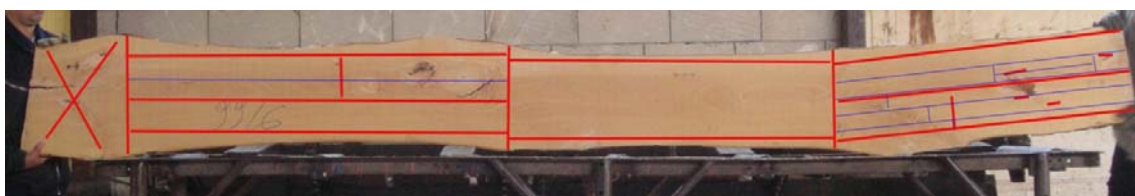
Обрада добијених фотографија извршена је помоћу софтвера Corel PHOTO PAINT. Фотографије су прилагођене потребама симулације и сачуване у високој резолуцији како би се могли уочити сви детаљи који имају утицај на квалитет резаних сортимената (слика 19).



Слика 19: Припрема фотографије за симулацију резова

Након тога је, на основу фотографија обе стране даске, извршена симулација резова секундарне прераде (црвени резови на слици 20). Симулирана је израда истог асортимана као и приликом реалне прераде, са истим редоследом технолошких операција.

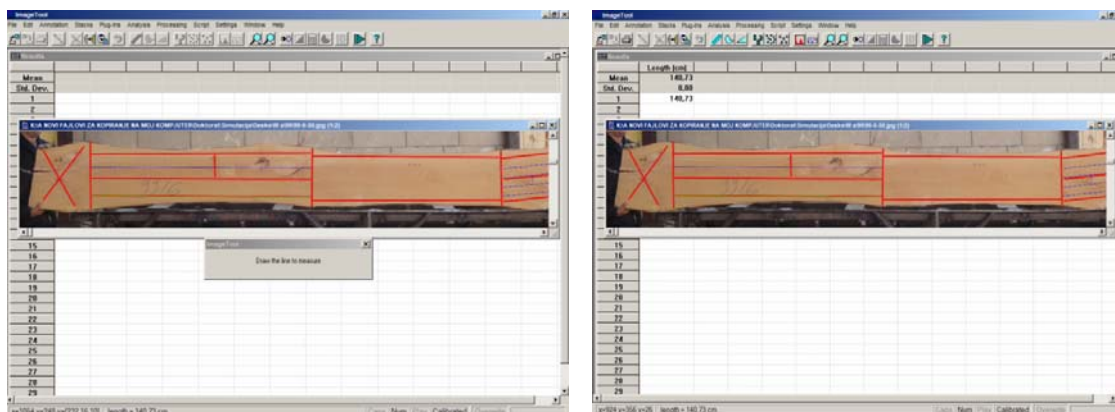
Потом је вршено премеравање резова, за шта је коришћен софтвер Image Tool 3.00. Овај софтвер, након калибрације према познатој дужини, има могућност да са фотографије прецизно одреди реална растојања. Сви уцртани резови на свакој дасци претходно су проверени и констатовано је да ли сортименти који би се добили изрезивањем по тој основи секундарног пиљења одговарају стандарду. У случају да неки сортимент нема одговарајуће димензије, вршена је прерасподела резова (плави резови на слици 20).



Слика 20: Пример симулације секундарне прераде једне даске

У случају када се без прецизних података о димензијама сортимената није могла донети коначна одлука, вршено је уцртавање неспорних резова, а коначна основа секундарног пиљења усвојена је након мерења. Овакав случај најчешће се дешавао при симулацији израде фриза.

По дефинисању коначног распореда резова извршено је мерење њихове дужине. Програм Image Tool 3.00 аутоматски бележи означену вредност са слике у део апликације који је компатибилан са Microsoft Excel-ом (слика 21).



Слика 21: а) Мерење дужине реза

б) Дужина реза уписана у табелу

Из тог дела апликације подаци су експортирани у Microsoft Excel табелу у којој је извршен коначни обрачун количине посла по појединим трупцима. У оквиру тога, вршена је и исправка евентуалне грешке постављања примарно испиљеног сортирента под углом у односу на фото апарат. Наиме, у случају када би се даска поставила под углом у односу на објектив, дошло би до умањења њене дужине на слици, а самим тим и умањења дужине извршених резова. Из тог разлога, у овом кораку је на основу реалне дужине сортирента, пропорционално, извршена исправка дужине симулираних резова.

Приликом рачунања количине посла за сваки трупцац, разматрани су следећи подаци:

- дужина резова на примарним машинама
- број попречних резова на резаној грађи (посебно за грубу, посебно за фину кратилицу)
- дужина уздужних резова на резаној грађи
- дужина уздужних резова на ситним сортиментима
- број попречних резова на ситним сортиментима

Укупна количина посла за прераду појединог трупца једнака је збиру људског и машинског рада на наведеним операцијама. Имајући у виду чињеницу да су људски и машински рад у константним условима и на истој технологији међусобно директно зависни, у разматрање за израчунавање количине посла узет је само машински рад.

Без обзира на наведено поједностављење, остаје проблем збирног приказивања укупног рада на преради појединих трупаца. Наиме, код машина за уздужно резање је ангажовање машине на преради лако измерити преко извршене дужине реза. На овај начин се може одредити машински рад за примарне машине и за све параче. Међутим, код кратилица је ситуација другачија, нарочито код оних са механизованим кретањем супорта са радним алатом. Дужина кретања супорта са алатом код ових машина увек је једнака и не зависи од ширине сортимената који се обрађује (пројектована је према највећој ширини). Из тог разлога, дужина реза на краћењу не одсликава уложени рад, већ је он у ствари дефинисан бројем попречних резова.

Такође, нису сви резови једнак трошак. На разлике у коштању свакако утичу цене машина (амортизација), потрошња енергије (утицај јачине мотора, транспортних уређаја...), цене алата (набавна цена, цена припреме и одржавања), потребан број радника – послужилаца итд. Значајне разлике постоје код уздужних резова (на пример између трачне пиле трупчаре и парача), али и код попречних. Са друге стране, постоје јасни међусобни утицаји између технолошких операција. Тако, резањем по зонама квалитета на примарним машинама добијамо уже и окрајчене сортименте и на тај начин се смањује оптерећење парача у секундарној преради, док се прецизним радом на парању дасака могу избећи поједини резови на парању фриза. Слични утицаји постоје и код попречних резова, а нарочито између грубе и fine кратилице.

Имајући све наведено у виду, укупна количина посла за прераду било ког трупаца зависна је од количине посла на машинама за уздужно резање и броја попречних резова. Како би се трупаца по овом питању могли међусобно поредити, потребно

је дефинисати параметар за поређење преко ког се могу сабрати наведени радови. Најприкладнији параметар којим се може дефинисати укупан посао на преради обловине је време потребно за прераду. Ово време је могуће добити као збир свих појединачних времена прераде за сваку операцију и за све сорimente настале из трупца. Дакле, сложеност прераде трупца рачуната је преко укупног времена потребног за његову прераду.

Како би се ово спровело, извршено је нормирање машинских операција. Одређивање производности машина није вршено директно, снимањем током прераде, због сталне потребе да се процес прекида ради фотографисања дасака и прикупљања података о искоришћењу. Производност снимљена у таквим околностима не би била репрезентативна. Нормативи су усвојени на основу просечне производности примарних машина у предузећу у коме је извршена прерада и података о производностима кратилица и парача које наводи Николић (1994).

Већ је наведено да се на примарним машинама у предузећу „Блажек“ просечној преради 25 m^3 трупца дневно, а рад је организован у једној смени. Истовремено, укупно прерађена количина трупца у овом предузећу је $24,67 \text{ m}^3$, па се може усвојити да би трајање прераде било завршено током једне радне смене. Снимањем структуре радног времена је установљено да смена садржи 40 минута пауза, око 15 минута застоја за замену пила и око 10 минута других застоја, тако да је израчунато укупно време прераде целог узорка од 415 минута. Када се тим временом подели укупна дужина примарних резова (за цео узорак за симулацију је износила $2013,295 \text{ m}$), добије се просечна дужина реза коју машина врши у минуту. Дакле, норматив за примарне машине (N_{pm}) био би:

$$N_{\text{pm}} = 2013,295 \text{ m} / 415 \text{ мин} = 4,85 \text{ m/min}$$

Множењем наведеног норматива са укупном дужином примарних резова у трупцу, добијено је време рада примарних машина на преради трупца (t_{pm}).

Пошто су парачи за даске и за фризе имали механизован помер и били сличне конструкције, а већ је објашњено да су ове операције у одређеној међусобној вези, узета је средња брзина помера за уздужни рез од 23 m/min. Укупна дужина уздужних резова на сортиментима из трупца подељена је са наведеном вредношћу и на тај начин је добијено укупно време уздужне обраде дасака и фриза из трупца (t_{uo}).

Попречни резови на даскама (према Николићу, 1994) крећу се од 2 до 4 реза по минути за грубу и од 10 до 12 резова по минути за фину кратилицу, тако да је усвојена просечна вредност од 7 резова у минути. Разлог за усвајање просечних вредности за ове операције већ је образложен њиховом међусобном зависношћу. Попречни рез за фризе (због мале ширине и резања више фриза одједном) рачунат је са 3 секунде по резу, односно 20 резова у минути. Усвојен је као засебна вредност због специфичности машине на којој је рађен (кружна пила на којој помоћно кретање врши предмет обраде – фриза). Времена потребна за попречно пререзивање дасака из трупца (t_{pd}) и фриза (t_{pf}) добијено је дељењем укупног броја резова са нормативом за дату машину.

Количина посла, односно сложеност прераде сваког појединог трупца израчуната је преко укупног времена прераде (t_{uk}), а добијена је сабирањем горе наведених вредности:

$$t_{uk} = t_{pm} + t_{uo} + t_{pd} + t_{pf} \text{ [минута/трупцу] (28)}$$

Како би се могло вршити поређење трупца из различитих дебљинских разреда, извршено је прерачунавање укупног времена на јединичну запремину, односно, дељењем добијене вредности t_{uk} са запремином трупца добијена је сложеност прераде изражена у минутима по m^3 трупца. Тако израчуната сложеност прераде послужила је као показатељ укупне количине посла на преради сваког појединог трупца.

У наредном кораку извршена је анализа међусобне зависности количине посла на преради сваког трупца (изражена у минутима по m^3) и броја сортимената

израђених из тог трупца (такође прерачунаог у број сортимената по m^3 обловине). Установљена је висока међусобна зависност, чиме су се стекли услови за дефинисање коефицијента сложености прераде. Овај корекциони коефицијент дефинисан је односом броја сортимената израђених из m^3 трупца и јединичног броја сортимената:

$$k_{sp} = n_{pr}/n_j, \dots\dots\dots (29)$$

Где је: n_{pr} – број сортимената из трупца

n_j – јединични број сортимената

С обзиром да су трошкови (20 €/m^3) рачунати као просечни, а наведени коефицијент служи управо за корекцију тог просека, за јединични број усвојен је просечни број сортимената по m^3 из свих трупаца који су прерађени. Израчуната вредност износила је 191,72, па је за јединични број сортимената усвојен број 192 ком/ m^3 .

5.5 ОБРАДА ПОДАТАКА

Сви измерени подаци убачени су у рачунар и статистички обрађени помоћу програма Microsoft Excel и SPSS.

За израчунавање запремина сортимената и трупаца, као и процената квантитативног искоришћења, вредносних параметара, сортиментне структуре и других показатеља коришћен је програм Microsoft Excel. У истом програму вршена је и основна статистичка анализа, а на основу добијених података израђени су графикони. Софтверски пакет SPSS коришћен је за корелациону као и за анализу варијансе, у оквиру које је примењивана ЛСД пост хок анализа.

6. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

6.1 ПОДАЦИ О СИРОВИНИ

Подаци о буковој сировини која је предмет истраживања дати су у табелама 11, 12 и 13. Приказани су пречници без коре, изузев код унакрсно мерених пречника на средини дужине трупца (d_1 и d_2), који су били мерени са кором. Такође, приказани су и пречници лажног срца на челима, дужине трупаца, класе квалитета и примењени начини резања. Ознаке за начине резања су:

С – резање скроз

П – призирање

К – кружно индивидуално резање

РП – резање половњака

Табела 11: Подаци о групцима из III-а дебљинског разреда

Број група	Тањи крај (cm)						Средина (cm)			Дебљи крај (cm)						Стварна дужина (m)	Стандардна дужина (m)	Класа	Начин резања
	Пречник			Лажно срце			Пречник			Пречник			Лажно срце						
	d ₁	d ₂	d _s	d ₁	d ₂	d _s	d ₁	d ₂	d _s *	d ₁	d ₂	d _s	d ₁	d ₂	d _s				
50	36	33	34,5	-	-	-	36	35	34	37	40	38,5	-	-	-	4,13	4,1	I	C
51	33	34	33,5	-	-	-	35	35	34	43	43	43	6	6	6	4,06	4,0	I	C
52	31	28	29,5	-	-	-	31	33	31	34	32	33	-	-	-	4,14	4,1	I	C
53	34	32	33	6	6	6	36	33	34	34	37	35,5	9	11	10	4,17	4,1	I	C
54	34	34	34	-	-	-	35	35	34	37	38	37,5	9	9	9	4,16	4,1	I	C
55	33	30	31,5	-	-	-	35	34	34	35	34	34,5	-	-	-	4,11	4,1	I	C
56	36	30	33	-	-	-	36	33	34	38	34	36	-	-	-	4,11	4,1	I	C
57	31	33	32	-	-	-	32	34	32	32	34	33	-	-	-	4,09	4,0	I	C
58	31	33	32	-	-	-	33	33	32	33	34	33	-	-	-	4,09	4,0	I	C
59	31	31	31	8	8	8	32	31	31	33	33	33	11	11	11	4,21	4,2	I	РП
70	33	30	31,5	10	10	10	34	35	34	36	35	35,5	9	9	9	4,20	4,2	II	П
71	30	29	29,5	7	7	7	31	32	31	33	32	32,5	11	11	11	4,15	4,1	II	РП
72	34	33	33,5	13	13	13	35	35	34	36	35	35,5	-	-	-	4,19	4,1	II	РП
73	31	32	31,5	-	-	-	34	34	33	36	35	35,5	6	6	6	4,16	4,1	II	C
74	28	27	27,5	4	4	4	31	31	30	32	29	30,5	-	-	-	4,15	4,1	II	C
75	31	31	31	1	1	1	33	34	33	46	42	44	6	6	6	4,16	4,1	II	C
76	33	27	30	-	-	-	30	35	32	30	36	33	7	7	7	4,17	4,1	II	C
77	33	32	32,5	-	-	-	33	36	34	34	37	35,5	-	-	-	4,14	4,1	II	C
78	31	33	32	-	-	-	32	30	30	30	34	32	-	-	-	4,35	4,3	II	C
79	31	30	30,5	-	-	-	31	30	30	32	32	32	10	10	10	4,05	4,0	II	C
90	30	28	29	6	6	6	32	32	31	34	31	32,5	7	7	7	4,10	4,1	III	C
91	33	29	31	3	3	3	33	35	33	33	37	35	10	10	10	4,12	4,1	III	C
92	31	29	30	-	-	-	33	31	31	35	34	34,5	6	6	6	4,15	4,1	III	C
93	32	29	30,5	-	-	-	35	35	34	36	37	36,5	-	-	-	4,14	4,1	III	C
94	33	29	31	-	-	-	36	33	34	38	36	37	8	8	8	4,05	4,0	III	C
95	30	33	31,5	-	-	-	34	35	34	35	36	35,5	3	3	3	4,12	4,1	III	C
96	30	30	30	-	-	-	33	32	32	39	39	39	12	12	12	4,04	4,0	III	C
97	32	32	32	-	-	-	34	36	34	39	40	39,5	11	11	11	4,26	4,2	III	П
98	33	37	35	-	-	-	33	37	34	39	41	40	-	-	-	4,10	4,1	III	C
99	29	38	33,5	-	-	-	33	34	33	41	37	39	-	-	-	4,18	4,1	III	C

* усвојени пречник на средини групца, без коре

Табела 12: Подаци о групцима из III-в дебљинског разреда

Број групца	Тањи крај (cm)						Средина (cm)			Дебљи крај (cm)						Стварна дужина (m)	Стандардна дужина (m)	Класа	Начин резања
	Пречник			Лажно срце			Пречник			Пречник			Лажно срце						
	d ₁	d ₂	d _s	d ₁	d ₂	d _s	d ₁	d ₂	d _s *	d ₁	d ₂	d _s	d ₁	d ₂	d _s				
60	38	36	37	7	7	7	41	38	39	39	40	39,5	12	12	12	4,07	4,0	I	C
61	40	36	38	10	10	10	38	41	39	44	41	42,5	19	19	19	4,13	4,1	I	П
62	32	33	32,5	-	-	-	36	37	36	42	36	39	-	-	-	4,12	4,1	I	C
63	37	35	36	-	-	-	40	40	39	46	49	47,5	14	14	14	4,10	4,1	I	C
64	38	36	37	-	-	-	38	40	38	40	40	40	5	5	5	4,18	4,1	I	C
65	39	38	38,5	-	-	-	39	38	38	42	40	41	8	8	8	4,17	4,1	I	П
66	39	35	37	-	-	-	41	35	37	37	40	38,5	-	-	-	4,09	4,0	I	C
67	35	36	35,5	-	-	-	35	36	35	35	36	35,5	-	-	-	4,12	4,1	I	C
68	36	35	35,5	-	-	-	39	38	38	39	37	38	-	-	-	4,18	4,1	I	C
69	33	33	33	14	14	14	36	35	35	32	40	36	15	15	15	4,15	4,1	I	П
80	38	34	36	-	-	-	38	40	38	39	41	40	5	5	5	4,11	4,1	II	C
81	40	38	39	-	-	-	39	41	39	39	42	40,5	11	11	11	4,12	4,1	II	C
82	35	38	36,5	-	-	-	40	38	38	39	39	39	11	11	11	4,32	4,3	II	П
83	37	32	34,5	-	-	-	38	40	38	49	46	47,5	-	-	-	4,05	4,0	II	РП
84	35	33	34	-	-	-	37	38	37	39	36	37,5	-	-	-	4,13	4,1	II	C
85	35	36	35,5	-	-	-	38	38	37	42	39	40,5	21	21	21	4,16	4,1	II	РП
86	34	39	36,5	-	-	-	38	37	37	38	42	40	12	12	12	4,23	4,2	II	РП
87	36	35	35,5	-	-	-	39	39	38	43	40	41,5	-	-	-	3,92	3,9	II	C
88	35	35	35	-	-	-	37	37	36	38	36	37	11	11	11	4,00	4,0	II	C
89	34	33	33,5	-	-	-	38	38	37	43	45	44	-	-	-	4,06	4,0	II	C
100	34	35	34,5	13	13	13	37	36	36	40	36	38	16	18	17	4,08	4,0	III	П
101	29	35	32	8	8	8	34	38	35	35	39	37	11	11	11	4,10	4,1	III	C
102	44	34	39	10	12	11	41	37	38	43	36	39,5	16	20	18	4,05	4,0	III	РП
103	35	37	36	6	6	6	38	36	36	38	36	37	8	8	8	4,06	4,0	III	C
104	34	37	35,5	-	-	-	39	41	39	41	40	40,5	10	10	10	4,05	4,0	III	C
105	33	33	33	-	-	-	36	36	35	36	37	36,5	5	5	5	4,15	4,1	III	C
106	36	40	38	-	-	-	41	39	39	42	45	43,5	13	17	15	4,25	4,2	III	П
107	30	30	30	-	-	-	34	37	35	40	33	36,5	-	-	-	4,18	4,1	III	C
108	35	44	39,5	12	20	16	39	41	39	39	39	39	13	15	14	4,20	4,2	III	П
109	34	35	34,5	-	-	-	37	39	37	38	40	39	17	17	17	4,15	4,1	III	П

* усвојени пречник на средини групца, без коре

Табела 13: Подаци о групцима из IV дебљинског разреда

Број група	Тањи крај (cm)						Средина (cm)			Дебљи крај (cm)						Стварна дужина (m)	Стандардна дужина (m)	Класа	Начин резања
	Пречник			Лажно срце			Пречник			Пречник			Лажно срце						
	d ₁	d ₂	d _s	d ₁	d ₂	d _s	d ₁	d ₂	d _s *	d ₁	d ₂	d _s	d ₁	d ₂	d _s				
1.	41	46	43,5	20	19	19,5	43	44	43	48	47	47,5	24	21	22,5	4,15	4,1	III	K
2.	42	40	41	19	17	18	44	41	42	44	45	44,5	20	20	20	4,14	4,1	III	K
3.	49	46	47,5	24	23	23,5	49	47	47	51	50	50,5	22	25	23,5	4,14	4,1	III	K
4.	43	43	43	15	15	15	42	45	43	46	45	45,5	16	17	16,5	4,15	4,1	III	K
5.	44	46	45	20	20	20	48	46	46	50	52	51	18	22	20	4,58	4,5	III	K
6.	47	48	47,5	24	28	26	48	47	47	50	48	49	19	40	29,5	4,36	4,3	II	K
7.	40	42	41	15	15	15	43	43	42	52	54	53	9	10	9,5	4,28	4,2	II	K
8.	40	39	39,5	16	15	15,5	43	44	43	50	50	50	13	12	12,5	4,16	4,1	II	K
9.	47	47	47	23,5	23,5	23,5	50	50	49	55	53	54	22	20	21	4,08	4	II	K
10.	48	46	47	28	24	26	48	50	48	53	50	51,5	29	28	28,5	4,19	4,1	II	K
11.	48	50	49	24	24	24	50	50	49	57	57	57	28	26	27	4,56	4,5	I	K
12.	39	39	39	24	22	23	42	41	41	44	45	44,5	18	20	19	4,02	4	I	K
13.	47	45	46	23	22	22,5	49	51	49	55	56	55,5	27	24	25,5	4	4	I	K
14.	43	49	46	20	20	20	51	48	49	49	55	52	18	16	17	4,17	4,1	I	K
15.	45	43	44	19	20	19,5	47	46	46	48	49	48,5	20	20	20	4,07	4	I	K
16.	43	43	43	17	15	16	44	45	44	44	48	46	18	19	18,5	4,14	4,1	III	П
17.	49	40	44,5	16	25	20,5	44	46	44	45	48	46,5	22	19	20,5	4,17	4,1	III	П
18.	42	40	41	20	16	18	42	40	40	51	48	49,5	35	24	29,5	4,16	4,1	III	П
19.	50	45	47,5	25	28	26,5	46	49	47	50	49	49,5	26	21	23,5	4,32	4,3	III	П
20.	44	46	45	30	22	26	46	49	47	48	49	48,5	26	23	24,5	4,01	4	III	П
21.	42	41,5	41,7	22	23	22,5	43	41	41	44	45	44,5	20	19	19,5	4,33	4,3	II	П
22.	49	46	47,5	29	20	24,5	51	45	47	53	49	51	24	24	24	4,08	4	II	П
23.	43	45,5	44,2	17	16	16,5	47	49	47	55	54	54,5	15	19	17	4,18	4,1	II	П
24.	39	40	39,5	12	13	12,5	44	40	41	41	44	42,5	14	15	14,5	3,95	3,9	II	П
25.	44	43	43,5	17	19	18	46	45	45	48,5	47	47,7	24	24	24	4,1	4,1	II	П
26.	46	42	44	17	17	17	45	45	44	48	40	44	18,5	18,5	18,5	4,15	4,1	I	П
27.	43	46	44,5	20	17	18,5	48	44	45	49	45	47	21	17	19	4,2	4,2	I	П
28.	47	45	46	23	19	21	47	47	46	48	51	49,5	23	23	23	4,1	4,1	I	П
29.	41	43	42	20	20	20	47	45	45	49	49	49	24	20	22	4,11	4,1	I	П
30.	45	46	45,5	19	16	17,5	49	49	48	51	52	51,5	20	20	20	4,17	4,1	I	П

* усвојени пречник на средини групца, без коре

6.2 КВАНТИТАТИВНО ИСКОРИШЋЕЊЕ

Запремине трупаца на основу којих је рачунато искоришћење (стварне запремине) и запремине добијене према Хуберовој формули (стандардне запремине) приказане су у табели 14.

Табела 14: Запремине трупаца (m^3) у зависности од начина рачунања

Дебљински разред		I класа		II класа		III класа		Укупно		Разлика (%)
		Стандардна	Стварна	Стандардна	Стварна	Стандардна	Стварна	Стандардна	Стварна	
III-a	Укупна	3,628	3,738	3,333	3,426	3,583	3,728	10,543	10,891	3,30
	Просечна	0,363	0,374	0,333	0,343	0,358	0,373	0,351	0,363	
III-б	Укупна	4,459	4,633	4,545	4,687	4,436	4,459	13,440	13,779	2,53
	Просечна	0,446	0,463	0,455	0,469	0,444	0,446	0,448	0,459	
IV	Укупна	7,057	7,278	6,602	7,069	6,406	6,832	20,066	21,179	5,55
	Просечна	0,706	0,728	0,660	0,707	0,641	0,683	0,669	0,706	
Све	Укупна	15,144	15,650	14,480	15,183	14,425	15,018	44,049	45,850	4,09
	Просечна	0,505	0,522	0,483	0,506	0,481	0,501	0,489	0,509	

Из приказаних података се може уочити да се стварна запремина трупаца показала већом за око 4 % од запремине која се добија на стандардом прописани начин.

Имајући у виду чињеницу да се у практичним условима квантитативно искоришћење изражава на основу запремине трупаца рачунате према Хуберовој формули, у табели 15 је приказано укупно квантитативно искоришћење рачунато у односу на наведену запремину (стандардно квантитативно искоришћење).

Табела 15: Стандардно квантитативно искоришћење (%) у зависности од пречника и квалитета букове пиланске обловине

Дебљински разред	Квалитет трупаца		
	I класа	II класа	III класа
III - a	52,70	49,57	49,40
III - b	57,66	54,70	52,03
IV	65,23	64,51	62,03

6.2.1 Дебљински разред III-а

6.2.1.1 Квантитативно искоришћење трупца III-а дебљинског разреда

Квантитативно искоришћење букових трупца III-а дебљинског разреда приказано је у табели 16.

Табела 16: Квантитативно искоришћење и структура производа при резању букових трупца III-а дебљинског разреда

Сортимент	Искоришћење према квалитету трупца (%)		
	I	II	III
Неокрајчена грађа	6,20	1,56	1,84
Окрајчена грађа	40,04	36,45	38,75
Укупно резане грађе	46,24	38,01	40,59
Срчаница	0,58	3,33	0,31
Укупно крупних главних производа	46,82	41,34	40,90
Ситни главни производи (фризе и четвртаче)	4,38	6,84	6,42
Квантитативно искоришћење (P_i)	51,20	48,18	47,33
Крупни споредни производи	27,41	31,15	33,75
Пиљевина	11,68	11,66	9,64
Надмера	9,71	9,01	9,28
Укупно	100	100	100

Из приказаних података се може уочити да се квантитативно искоришћење смањује са падом квалитета сировине. Такође, смањује се учешће крупних пиланских производа. Трупци I класе имају боље квантитативне показатеље, док је разлика између II и III класе мање изражена, што је последица већег учешћа лажног срца у трупцима II класе.

Статистички показатељи квантитативног искоришћења трупаца III-а дебљинског разреда приказани су у табели 17.

Табела 17: Статистички показатељи квантитативног искоришћења трупаца III-а дебљинског разреда

Статистички показатељ	Квалитет трупаца		
	I	II	III
Средња вредност (%)	51,20	48,18	47,33
Минимум (%)	46,34	38,29	33,43
Максимум (%)	56,29	54,90	57,50
Стандардна девијација (%)	3,82	5,92	6,81
Коефицијент варијације	7,46	12,29	14,40
Стандардна грешка аритметичке средине (%)	1,21	1,87	2,15

Приказани статистички показатељи указују на чињеницу да је при пиљењу трупаца III-а дебљинског разреда варијација квантитативног искоришћења расте са падом квалитета трупаца. Најмање искоришћење од 33,43%, али и највеће од 57,50% констатовано је на трупцима III класе. И други статистички показатељи, стандардна девијација, коефицијент варијације и стандардна грешка аритметичке средине показују исти тренд.

6.2.1.2 Сортиментна структура главних производа

Сортиментна структура главних производа приказана је у табели 18.

Табела 18: Сортиментна структура главних производа при резању трупца III-а дебљинског разреда

Сортимент	Учешће према квалитету трупца (%)		
	I	II	III
Самице	11,56	3,01	3,47
Полусамице	0	0	0
Укупно неокрајчене грађе	11,56	3,01	3,47
Дуга окрајчена грађа	35,09	38,02	32,94
Кратка окрајчена грађа	43,62	37,05	48,21
Укупно окрајчене грађе	78,71	75,07	81,15
Срчаница	1,15	6,30	0,72
Укупно резане грађе	91,42	84,38	85,34
Фризе	7,07	8,98	13,35
Четвртаче	1,51	6,64	1,31
Укупно ситних главних производа	8,58	15,62	14,66
Укупно	100	100	100

Као и по питању квантитативног искоришћења, трупци I класе квалитета имају повољнију сортиментну структуру у односу на преостале. Она се огледа у количини неокрајчене резане грађе, које има троструко више него код нижих квалитета обловине, али и кроз однос резане грађе и ситних сортимената који је код најквалитетнијих трупца најповољнији. Трупци II и III класе имају веома сличну сортиментну структуру, уједначено учешће неокрајчене грађе, укупне количине грађе и ситних сортимената. Разлике се могу уочити у присуству срчанице у II класи, што је последица већег учешћа лажног срца у овим трупцима. Такође, из трупца II класе добијен је повољнији однос дуге и кратке резане грађе у поређењу са трупцима III класе, што је последица мањег броја чворова и других грешака грађе дрвета у њима.

6.2.1.3 Структура резане грађе према положају у трупцу

Учешће радијалних, полурадијалних и тангенцијалних сортимената резане грађе израчунато је у апсолутном (у односу на трупац) и у релативном (у односу на укупну количину резане грађе) смислу и приказано у табели 19.

Табела 19: Структура резане грађе према положају у трупцу за III-а дебљински разред

Учешће сортимената (%)		Учешће према квалитету трупаца (%)		
		I	II	III
Апсолутно	Радијални	16,84	10,58	14,06
	Полурадијални	11,49	14,08	10,32
	Тангенцијални	18,49	16,68	16,52
	Укупно	46,82	41,34	40,90
Релативно	Радијални	35,98	25,40	33,34
	Полурадијални	24,89	32,94	25,16
	Тангенцијални	39,13	41,66	41,50
	Укупно	100	100	100

Иако је приликом прераде већине трупаца овог дебљинског разреда примењено резање скроз па би се могло очекивати доминантно учешће радијалних сортимената, приметно је да доминирају крупни сортименти из тангенцијалног реза. Ово је последица распореда квалитетних зона код буковине, односно присуства најквалитенијег дрвета у бочним деловима трупаца. Радијални сортименти су код трупаца I и III класе квалитета заступљенији од полурадијалних, што је очекивано пошто су радијалне даске у основи пиљења најшире. Међутим, приликом прераде трупаца II класе настало је више полурадијалних него радијалних сортимената, што је вероватно последица нешто већег учешћа дрвета из лажне срчевине у овим трупцима. Наиме, приликом издвајања срчанице у секундарној преради, вршено је више резова и настајали су ситнији сортименти. Тако се смањило учешће радијалне резане грађе, а повећало присуство четвртача (табела 18).

6.2.1.4 Квалитет резане грађе

Квалитет добијених сортимената резане грађе приказан је у табели 20.

Табела 20: Квалитет резане грађе из трупаца III-а дебљинског разреда

Квалитет сортимената	Учешће према квалитету трупаца (%)		
	I	II	III
I	30,53	15,34	17,80
II	0	0	0
III	69,47	84,66	82,20
Укупно	100	100	100

Учешће квалитетнијих сортимената је највеће код трупаца I класе. Уједначено учешће резане грађе по квалитету код трупаца II и III класе, уз нешто повољнију структуру код неквалитетнијих трупаца, може се тумачити већим учешћем срчанице из II класе трупаца.

6.2.2 Дебљински разред III-б

6.2.2.1 Квантитативно искоришћење трупаца III-б дебљинског разреда

Квантитативно искоришћење букових трупаца III-б дебљинског разреда приказано је у табели 21.

Табела 21: Квантитативно искоришћење и структура производа при резању букових трупца III-б дебљинског разреда

Сортимент	Искоришћење према квалитету трупца (%)		
	I	II	III
Неокрајчена грађа	10,41	9,65	5,24
Окрајчена грађа	36,43	37,02	36,33
Укупно резане грађе	46,84	46,67	41,57
Срчаница	4,09	1,52	5,37
Укупно крупних главних производа	50,93	48,19	46,94
Ситни главни производи (фризе и четвртаче)	4,59	4,94	4,79
Квантитативно искоришћење (P_i)	55,52	53,13	51,73
Крупни споредни производи	24,27	25,15	28,86
Пиљевина	10,32	11,84	10,07
Надмера	9,89	9,88	9,34
Укупно	100	100	100

Како се из табеле 21 може уочити, укупно квантитативно искоришћење опада са квалитетом обловине. То је последица смањења учешћа крупних пиланских сортимената, док је добијена количина ситних производа уједначена. Са квалитетом обловине опада и присуство неокрајчене грађе. Добијена количина окрајчене грађе из трупца I и II квалитета је приближна, док се њено учешће у III класи смањује. Ако се упоредо анализира и присуство срчанице, може се претпоставити да је услед мањег присуства лажног срца у трупцима II класе у односу на остале, један део грађе из централних делова трупца ове класе израђен у окрајчену грађу, док је из тих делова трупца I и III класе квалитета настала срчаница.

Статистички показатељи квантитативног искоришћења трупца III-б дебљинског разреда приказани су у табели 22.

Табела 22: Статистички показатељи квантитативног искоришћења трупца III-б дебљинског разреда

Статистички показатељ	Квалитет трупца		
	I	II	III
Средња вредност (%)	55,52	53,13	51,73
Минимум (%)	50,69	46,88	47,61
Максимум (%)	61,17	61,26	61,25
Стандардна девијација (%)	3,23	4,01	4,09
Коефицијент варијације	5,81	7,56	7,92
Стандардна грешка аритметичке средине (%)	1,02	1,27	1,29

Из табеле се може уочити да је варијација искоришћења у оквиру квалитета трупца веома уједначена, а за II и III класу трупца готово индентична. Занимљиво је и да су забележене максималне вредности готово једнаке, што указује на несавршеност процеса процене квалитета обловине, али и на чињеницу да на искоришћење осим присуства, величине и броја појединих грешака утиче и њихов распоред (по дужини и пречнику трупца).

6.2.2.2 Сортиментна структура главних производа

Сортиментна структура (у релативном смислу) главних производа за III-б дебљински разред трупца приказана је у табели 23.

Табела 23: Сортиментна структура главних производа при резању трупаца III-6 дебљинског разреда

Сортимент	Учешће према квалитету трупаца (%)		
	I	II	III
Самице	18,75	16,22	9,61
Полусамице	0	1,06	0
Укупно неокрајчене грађе	18,75	17,28	9,61
Дуга окрајчена грађа	26,36	32,75	26,58
Кратка окрајчена грађа	39,46	37,58	44,26
Укупно окрајчене грађе	65,82	70,33	70,84
Срчаница	6,97	3,02	10,06
Укупно резане грађе	91,54	90,63	90,51
Фризе	7,39	8,51	8,89
Четвртаче	1,07	0,86	0,60
Укупно ситних главних производа	8,46	9,37	9,49
Укупно	100	100	100

Приказани подаци показују да је однос крупних и ситних главних производа уједначен и да не зависи од квалитета обловине. Квалитенији трупци дају више неокрајчене резане грађе, док мање квалитетни дају више окрајчене. Из табеле се може уочити и да је већ поменута разлика у присуству лажног срца имала утицаја на сортиментну структуру, односно, да је структура повољнија код трупаца са мање лажног срца.

6.2.2.3 Структура резане грађе према положају у трупцу

Учешће радијалних, полуредијалних и тангенцијалних сортимената резане грађе у апсолутном (односу на трупац) и релативном смислу (у односу на укупну количину резане грађе) приказано је у табели 24.

Табела 24: Структура резане грађе према положају у трупцу за III-б дебљински разред

Учешће сортимената (%)		Учешће према квалитету трупаца (%)		
		I	II	III
Апсолутно	Радијални	13,46	12,48	12,45
	Полурадијални	15,89	11,83	14,78
	Тангенцијални	21,58	23,88	19,71
	Укупно	50,93	48,19	46,94
Релативно	Радијални	26,37	26,04	27,15
	Полурадијални	31,09	25,06	31,56
	Тангенцијални	42,54	48,90	41,29
	Укупно	100	100	100

И приликом прераде III-б дебљинског разреда настаје највише крупних пиланских сортимената из тангенцијалног реза, што је последица распореда квалитетних зона код буковине. Осим тога, може се претпоставити да је величина зоне лажног срца утицала на расподелу радијалних и полурадијалних сортимената. Наиме, код трупаца I и III класе има више полурадијалних, док је из трупаца II класе добијено више радијалних, а већ је помињано да се код већег учешћа лажног срца и његовог издвајања на секундарним машинама добија мање крупних сортимената из радијалне зоне.

6.2.2.4 Квалитет добијених сортимената

Квалитет крупних главних сортимената из трупаца III-б разреда приказан је у табели 25.

Табела 25: Квалитет крупних главних сортимената из трупаца III-б дебљинског разреда

Квалитет сортимента	Учешће према квалитету трупаца (%)		
	I	II	III
I	43,06	42,62	32,29
II	0	0	0
III	56,94	57,38	67,71
Укупно	100	100	100

Из табеле се може уочити да квалитет сортимената опада са квалитетом обловине. Уочљиво је и да није велика разлика између трупаца I и II класе у структури квалитета резане грађе, чему је вероватно допринело неуједначено присуство срчанице. Квалитетна структура грађе добијене из III класе трупаца је знатно неповољнија.

6.2.3 IV дебљински разред

6.2.3.1 Квантитативно искоришћење трупаца IV дебљинског разреда

Квантитативно искоришћење (у апсолутном смислу) букових трупаца IV дебљинског разреда приказано је у табели 26.

Табела 26: Квантитативно искоришћење и структура производа при резању букових трупца IV дебљинског разреда

Сортимент	Искоришћење према квалитету трупца (%)		
	I	II	III
Неокрајчена грађа	23,02	18,80	12,14
Окрајчена грађа	15,45	15,26	16,90
Укупно резане грађе	38,47	34,06	29,04
Срчаница	15,80	17,09	17,62
Укупно крупних главних производа	54,27	51,15	46,66
Ситни главни производи (фризе, четвртаче и метларка)	9,05	9,13	11,50
Квантитативно искоришћење (P_i)	63,32	60,28	58,16
Крупни споредни производи	13,13	15,57	19,87
Пилевина	13,46	14,12	13,34
Надмера	10,09	10,03	8,63
Укупно	100	100	100

Резултати прераде пиланских трупца IV дебљинског разреда указују на чињеницу да квантитативно искоришћење обловине опада са квалитетом трупца и то у готово сваком погледу. Са падом квалитета сировине опада учешће неокрајчене резане грађе, учешће крупних пиланских сортимената и укупно квантитативно искоришћење, док се учешће срчанице и ситних споредних производа благо повећава.

Статистички показатељи квантитативног искоришћења трупца IV дебљинског разреда приказани су у табели 27.

Табела 27: Статистички показатељи квантитативног искоришћења трупца IV дебљинског разреда

Статистички показатељ	Квалитет трупца		
	I	II	III
Средња вредност (%)	63,32	60,28	58,16
Минимум (%)	57,75	54,66	48,37
Максимум (%)	69,07	66,34	61,93
Стандардна девијација (%)	3,47	3,74	4,01
Коефицијент варијације	5,48	6,21	6,90
Стандардна грешка аритметичке средине (%)	1,10	1,18	1,27

Из табеле се види да је, иако се у одређеној мери увећава са падом квалитета трупца, варијација искоришћења при преради IV дебљинског разреда уједначена. Ово је последица чињенице да максимална, минимална и средња вредност искоришћења опадају са падом квалитета обловине.

6.2.3.2 Сортиментна структура главних производа

Сортиментна структура (у релативном смислу) главних производа за IV дебљински разред трупца приказана је у табели 28.

Табела 28: Сортиментна структура главних производа при резању трупаца IV дебљинског разреда

Сортимент	Учешће према квалитету трупаца (%)		
	I	II	III
Самице	23,62	21,24	13,22
Полусамице	12,43	10,06	7,32
Укупно неокрајчене грађе	36,05	31,30	20,54
Дуга окрајчена грађа	9,85	4,79	7,47
Кратка окрајчена грађа	14,39	20,61	21,55
Укупно окрајчене грађе	24,24	25,40	29,02
Срчаница	25,24	27,91	30,49
Укупно резане грађе	85,53	84,61	80,05
Фризе	11,72	12,61	15,91
Четвртаче	1,78	1,85	2,83
Метларка	0,97	0,93	1,21
Укупно ситних главних производа	14,47	15,39	19,95
Укупно	100	100	100

Из приказаних података се уочава да квалитет сировине утиче на сортиментну структуру. Из квалитетних трупаца добија се највише неокрајчене резане грађе, као и највредније – дуге окрајчене. Учешће срчанице и ситних производа је најмање. Са падом квалитета се структура добијених сортимената мења и увећава се учешће мање вредних сортимената.

6.2.3.3 Структура резане грађе према положају у трупу

Учешће радијалних, полуредијалних и тангенцијалних сортимената резане грађе у апсолутном (односу на трупац) и релативном смислу (у односу на укупну количину резане грађе) приказано је у табели 29.

Табела 29: Структура резане грађе према положају у трупцу за IV дебљински разред

Учешће сортимената (%)		Учешће према квалитету трупаца (%)		
		I	II	III
Апсолутно	Радијални	14,75	16,14	16,96
	Полурадијални	15,19	12,12	10,83
	Тангенцијални	24,33	22,89	18,87
	Укупно	54,27	51,15	46,66
Релативно	Радијални	27,59	30,98	36,93
	Полурадијални	27,93	23,56	23,09
	Тангенцијални	44,48	45,46	39,98
	Укупно	100	100	100

Имајући у виду да се са повећањем пречника букових трупаца јасније диференцирају зоне квалитета дрвета, очекивано је да и приликом прераде IV дебљинског разреда настане највише крупних пиланских сортимената из тангенцијалног реза. Код трупаца I класе квалитета је учешће радијалних и полурадијалних сортимената уједначено, док код мање квалитетних трупаца настаје више радијалних него полурадијалних крупних сортимената. Овоме је вероватно допринела већа количина срчанице, која се по правилу добија из радијалних дасака.

6.2.3.4 Квалитет добијених сортимената

Квалитет крупних сортимената из трупаца IV разреда приказан је у табели 30.

Табела 30: Квалитет крупних сортимената из трупца IV дебљинског разреда

Квалитет сортимената	Учешће према квалитету трупца (%)		
	I	II	III
I	55,29	52,56	45,80
II	10,02	8,56	5,14
III	34,69	38,88	49,06
Укупно	100	100	100

Из табеле се јасно види да се са падом квалитета трупца снижава и квалитет крупних пиланских сортимената. Учешће сортимената I и II класе квалитета опада, док учешће III класе расте.

6.3 ВРЕДНОСНО ИСКОРИШЋЕЊЕ

6.3.1 Коефицијент сложености прераде

Као што је већ наведено, приликом рачунања количине посла у симулацији прераде букове пиланске обловине нотирани су дужине резова на примарним машинама, као и дужине и број резова на секундарним машинама. У секундарној преради, код операције парања, водило се рачуна да ли су у питању резови на резаној грађи или на фризама. Такође, код попречних резова се правила разлика између грубог и финог краћења дасака и краћења фриза. Сумарни подаци добијене количине посла при симулацији пиланске прераде буковине приказани су у табели 31.

Табела 31: Количина посла при симулираној преради букових пиланских трупца

Број трупца	Запр. трупца (m ³)	Број сортимената		Уздужни резови				Попречни резови		Укупно време обраде (мин)	
		За трупца	По m ³ трупца	Примарна пр.		Секундарна пр.		Број	Време (min)	За трупца	По m ³ трупца
				Дужина (m)	Време (min)	Дужина (m)	Време (min)				
50	0,435	40	91,96	28,91	5,96	74,49	3,24	42	4,89	14,09	32,38
51	0,448	24	53,58	23,83	4,91	58,70	2,55	25	3,29	10,76	24,02
52	0,318	31	97,42	24,84	5,12	68,50	2,98	32	3,74	11,84	37,20
53	0,381	55	144,43	25,02	5,16	73,81	3,21	63	5,84	14,21	37,32
54	0,411	46	112,04	28,54	5,88	81,11	3,53	37	4,54	13,95	33,99
55	0,357	35	97,93	20,55	4,24	59,02	2,57	25	3,11	9,91	27,73
56	0,379	33	87,08	28,77	5,93	59,43	2,58	30	4,10	12,62	33,29
57	0,338	50	148,10	23,995	4,95	69,35	3,02	70	6,75	14,71	43,58
58	0,341	43	126,03	28,085	5,79	69,66	3,03	46	4,90	13,72	40,21
59	0,330	45	136,30	35,785	7,38	59,94	2,61	56	4,94	14,92	45,19
60	0,472	56	118,62	32,025	6,60	75,16	3,27	67	6,32	16,19	34,30
61	0,518	66	127,41	61,95	12,77	54,90	2,39	53	4,79	19,95	38,51
62	0,416	40	96,19	28,28	5,83	63,95	2,78	44	5,17	13,78	33,14
63	0,551	71	128,88	32,25	6,65	100,34	4,36	68	6,46	17,48	31,72
64	0,485	88	181,44	32,85	6,77	100,09	4,35	83	7,96	19,08	39,34
65	0,501	69	137,75	54,21	11,18	67,07	2,92	66	6,55	20,64	41,21
66	0,454	58	127,79	20,45	4,22	80,97	3,52	55	4,24	11,97	26,38
67	0,398	65	163,16	24,72	5,10	87,40	3,80	79	6,64	15,54	39,01
68	0,452	41	90,73	25,08	5,17	63,32	2,75	32	3,27	11,20	24,78
69	0,387	64	165,56	58,1	11,98	53,50	2,33	57	5,64	19,94	51,58
70	0,373	75	201,11	58,8	12,12	53,09	2,31	91	8,45	22,88	61,36
71	0,312	48	153,83	31,125	6,42	52,13	2,27	58	6,89	15,58	49,92
72	0,390	63	161,53	39,805	8,21	84,64	3,68	71	8,01	19,89	51,01
73	0,366	58	158,59	35,36	7,29	79,14	3,44	67	6,23	16,96	46,37
74	0,283	51	180,43	20,75	4,28	68,56	2,98	58	7,17	14,43	51,05
75	0,363	62	170,98	24,96	5,15	88,20	3,83	60	7,55	16,53	45,59
76	0,327	49	149,76	25,02	5,16	71,91	3,13	44	5,54	13,83	42,26
77	0,375	54	144,18	20,7	4,27	61,69	2,68	51	6,26	13,21	35,28
78	0,337	50	148,17	21,75	4,48	67,29	2,93	58	7,08	14,49	42,94
79	0,301	46	152,80	20,25	4,18	66,73	2,90	53	6,27	13,35	44,34
80	0,469	41	87,41	28,215	5,82	77,15	3,35	46	5,27	14,44	30,79
81	0,507	53	104,51	28,84	5,95	68,79	2,99	49	4,86	13,80	27,21
82	0,488	70	143,39	59,16	12,20	62,48	2,72	75	7,84	22,75	46,60
83	0,521	85	163,29	49,05	10,11	87,63	3,81	105	10,64	24,56	47,18
84	0,423	82	193,82	28,91	5,96	94,92	4,13	72	8,80	18,89	44,65
85	0,467	56	119,91	39,52	8,15	75,79	3,30	65	8,45	19,89	42,60
86	0,474	94	198,19	43,8	9,03	103,81	4,51	94	8,41	21,96	46,30
87	0,456	43	94,25	26,98	5,56	72,14	3,14	58	7,54	16,24	35,60
88	0,409	60	146,61	24	4,95	62,44	2,71	49	5,05	12,71	31,06
89	0,473	94	198,92	29,39	6,06	101,74	4,42	104	11,33	21,81	46,16
90	0,308	74	239,89	24,05	4,96	75,77	3,29	82	8,65	16,90	54,80
91	0,355	75	211,25	24,16	4,98	72,82	3,17	63	7,42	15,57	43,85
92	0,333	85	255,10	24,325	5,02	78,49	3,41	82	9,21	17,64	52,93
93	0,372	59	158,45	28,98	5,98	84,45	3,67	68	7,58	17,23	46,26
94	0,367	55	149,69	24,3	5,01	66,60	2,90	54	5,58	13,48	36,70
95	0,366	67	183,15	28,84	5,95	82,27	3,58	59	6,11	15,63	42,73
96	0,363	63	173,71	24,24	5,00	72,59	3,16	84	9,49	17,65	48,66
97	0,427	103	241,34	54,12	11,16	66,16	2,88	135	12,60	26,64	62,41
98	0,429	78	181,76	28,15	5,80	90,11	3,92	79	8,41	18,13	42,24
99	0,407	75	184,44	25,08	5,17	88,51	3,85	90	8,86	17,88	43,98
100	0,418	90	215,37	64,2	13,24	73,93	3,21	115	13,18	29,63	70,90
101	0,390	51	130,69	24,6	5,07	80,20	3,49	50	5,94	14,49	37,14
102	0,482	85	176,41	42	8,66	88,63	3,85	115	12,25	24,76	51,39
103	0,423	69	163,14	31,42	6,48	83,51	3,63	75	8,11	18,22	43,09
104	0,471	73	155,05	27,3	5,63	103,03	4,48	78	8,17	18,28	38,83
105	0,398	56	140,68	24,325	5,02	74,36	3,23	58	6,52	14,77	37,10
106	0,547	84	153,56	63,75	13,14	68,29	2,97	89	9,74	25,86	47,27
107	0,376	64	170,02	26,58	5,48	71,97	3,13	79	8,04	16,65	44,22
108	0,508	99	194,81	63	12,99	83,47	3,63	125	11,26	27,88	54,87
109	0,445	67	150,45	65,25	13,45	52,51	2,28	72	7,87	23,61	53,01

На основу добијених података извршена је корелациона анализа међусобних зависности укупне количине посла на преради трупаца и броја сортимената добијених из трупца, односно из кубног метра обловине. Установљена је висока корелациона зависност споменутих параметара. Тако, коефицијент корелације између броја сортимената добијених из трупца и укупног времена прераде трупца износи 0,832 ($p < 0,01$). Такође, висока корелација ($r = 0,798$, $p < 0,01$) установљена је и између броја сортимената по m^3 и количине посла на преради кубног метра обловине. Повезаност наведених фактора омогућила је да се коефицијент сложености прераде усвоји за мерило количине посла на преради трупаца. Коефицијенти сложености прераде (k_{sp}) приказани су у табели 32.

Табела 32: Коефицијенти сложености прераде (k_{sp})

Дебљински разред	Трупци I класе		Трупци II класе		Трупци III класе	
	Број трупца	k_{sp}	Број трупца	k_{sp}	Број трупца	k_{sp}
III – а	50	0,754	70	0,684	90	1,081
	51	0,465	71	0,951	91	0,748
	52	0,442	72	0,694	92	0,782
	53	1,245	73	0,869	93	1,119
	54	0,837	74	0,792	94	0,978
	55	0,641	75	1,350	95	0,541
	56	0,646	76	0,923	96	1,264
	57	0,663	77	0,807	97	1,367
	58	0,794	78	0,803	98	1,056
	59	0,915	79	0,502	99	1,230
	Просек	0,740	Просек	0,838	Просек	1,016
III – б	60	0,640	80	0,655	100	0,698
	61	0,603	81	0,688	101	1,134
	62	0,676	82	0,886	102	1,124
	63	0,993	83	1,031	103	0,813
	64	0,924	84	1,145	104	0,996
	65	0,957	85	0,558	105	0,916
	66	1,033	86	0,703	106	0,638
	67	0,863	87	0,765	107	0,844
	68	0,784	88	0,853	108	0,635
	69	0,472	89	1,025	109	0,632
	Просек	0,794	Просек	0,831	Просек	0,843
IV	11	0,995	6	1,027	1	1,251
	12	0,834	7	0,867	2	1,440
	13	1,227	8	1,158	3	0,649
	14	0,868	9	0,581	4	1,585
	15	1,126	10	1,578	5	1,483
	26	1,645	21	0,982	16	1,202
	27	0,889	22	1,114	17	1,369
	28	1,071	23	0,904	18	1,339
	29	0,990	24	1,868	19	1,443
	30	0,873	25	0,919	20	1,323
	Просек	1,052	Просек	1,100	Просек	1,308

Из табеле се може уочити да се са падом квалитета обловине повећава сложеност прераде, односно количина посла на трупцима. Такође, количина посла се увећава и са повећањем пречника трупаца изузев код II и III класе трупаца III-б разреда у односу на исти квалитет трупаца III-а разреда. Узрок овој појави се вероватно може потражити у отежаном уклапању крупнијих сортимената у трупце мањих димензија. Тако је код трупаца малих пречника и ниског квалитета увећано учешће ситних сортимената, а самим тим је повећана и сложеност прераде. Осим тога, на сложеност прераде је свакако утицао и циљани квалитет резане грађе. Тако је она највећа на трупцима из којих је израђивана крајчена резана грађа за италијанско тржиште.

6.3.2 Вредносно искоришћење

Као што је већ наведено, успешност прераде се може изразити на различите начине. У овом истраживању, она ће бити квантификована преко остварене добити, коефицијента вредносног искоришћења и коефицијента увећања вредности.

6.3.2.1 Вредносно искоришћење трупаца III-а дебљинског разреда

Параметри вредносног искоришћења трупаца III-а дебљинског разреда приказани су у табели 33.

Табела 33: Вредносно искоришћење трупца III-а дебљинског разреда

	Квалитет трупца		
	I	II	III
Коефицијент квантитативног искоришћења	0,5120	0,4818	0,4732
Средњи коефицијент вредности резане грађе	0,804	0,774	0,772
Коефицијент вредносног искоришћења	0,413	0,372	0,368
Коефицијент увећања вредности	1,165	1,179	1,227
Добит по трупцу (€)	5,142	2,787	5,380
Добит по кубном метру (€/m ³)	13,360	8,717	15,883

Из приказаних података се може уочити да, иако се са падом квалитета трупца добијају мање вредни сортименти и ниже вредносно искоришћење, значајну улогу у рентабилности прераде имају вредност обловине и цена уложеног рада. Тако су најбољи ефекат имали трупци III класе, а најлошији трупци II класе квалитета.

6.3.2.2 Вредносно искоришћење трупца III-б дебљинског разреда

Параметри вредносног искоришћења трупца III-б дебљинског разреда приказани су у табели 34.

Табела 34: Вредносно искоришћење трупца III-б дебљинског разреда

	Квалитет трупца		
	I	II	III
Коефицијент квантитативног искоришћења	0,5552	0,5313	0,5173
Средњи коефицијент вредности резане грађе	0,783	0,809	0,742
Коефицијент вредносног искоришћења	0,434	0,431	0,384
Коефицијент увећања вредности	1,204	1,363	1,323
Добит по трупцу (€)	6,496	11,901	7,615
Добит по кубном метру (€/m ³)	14,507	27,244	16,797

Слично као у претходној табели, иако коефицијент вредносног искоришћења резане грађе опада са квалитетом трупаца, вредност трупаца и уложеног рада мењају укупни ефекат прераде. Осим тога, уочљиво је да су најбољи показатељи добијени код II класе трупаца, што је вероватно последица већ помињаног прилично малог учешћа зоне лажног срца у тим трупцима.

6.3.2.3 Вредносно искоришћење трупаца IV дебљинског разреда

Параметри вредносног искоришћења трупаца IV дебљинског разреда приказани су у табели 35.

Табела 35: Вредносно искоришћење трупаца IV дебљинског разреда

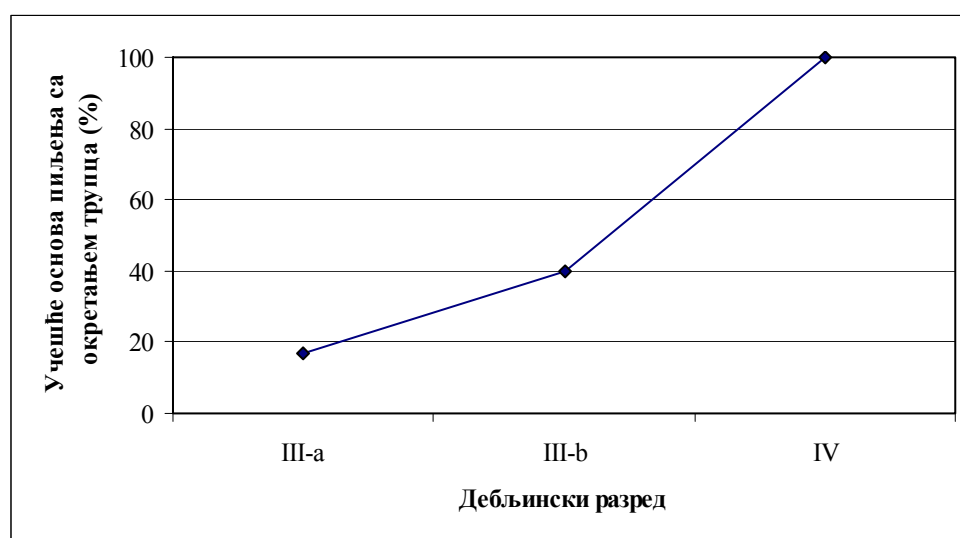
	Квалитет трупаца		
	I	II	III
Коефицијент квантитативног искоришћења	0,6332	0,6028	0,5816
Средњи коефицијент вредности резане грађе	0,794	0,749	0,725
Коефицијент вредносног искоришћења	0,504	0,451	0,423
Коефицијент увећања вредности	1,314	1,332	1,277
Добит по трупцу (€)	18,83	16,91	14,00
Добит по кубном метру (€/m ³)	26,81	25,39	21,34

Приликом прераде трупаца IV дебљинског разреда у резану грађу, квалитет сировине има највећи утицај на вредносне параметре. Са падом квалитета опада вредност добијене резане грађе, али и рентабилност прераде и добит.

7. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

7.1 ПРИМЕЊЕНИ НАЧИНИ РЕЗАЊА

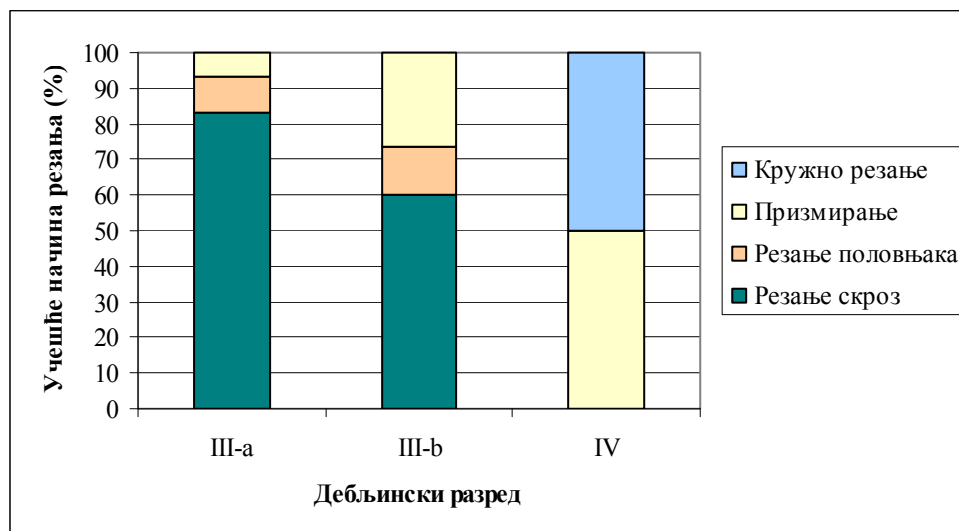
У преради буковине, као што је већ поменуто, може се применити групно или индивидуално резање. Машине са групним резом имају већу производност, док машине са индивидуалним резом омогућавају окретање трупца и тиме увећавају вредносно искоришћење сировине. На слици 22 је приказан утицај пречника на учесталост окретања трупца приликом примарног резања буковине.



Слика 22: Потреба за окретањем букових трупца у зависности од њиховог пречника

Из приказа се може уочити да са порастом пречника букове пиланске обловине расте и потреба за применом машина индивидуалног реза. Већ од III-b дебљинског разреда, где је окретање спроведено на 40% трупца, примена ових машина доноси боље вредносно искоришћење.

Сложеније основе примарног пиљења могу утицати на производност, нарочито код трачних пила чија колица немају уграђене уређаје за окретање трупца. Имајући то у виду, на слици 23 је приказана структура примењених начина пиљења у зависности од пречника букове обловине.



Слика 23: Примењени начини примарног пиљења букове обловине у зависности од пречника трупца

Са слике се уочава да је у III-a дебљинском подразреду резање скроз било доминантан начин примарног пиљења, док је окретање трупца предузето у приближно 17% случајева. Тада је примењивано резање половњака (када се врши једно окретање трупца) и призмирање (потребно је два окретања трупца), а међусобни однос учесталости био је 3:2 у корист резања половњака. У III-b подразреду је 60% трупца резано скроз. Од оних који су окретани, призмирано је $\frac{2}{3}$, а на остале је примењено резање половњака. Делимично услед строжијих захтева за квалитетом резане грађе, али првенствено због присуства лажног срца, сви трупци IV дебљинског разреда су окретани. Од тога је на 50% примењено призмирање, а на преосталих 50% кружно индивидуално резање (које захтева три ротације трупца). На основу свега наведеног, може се констатовати да се сложеност примарне прераде буковине повећава са порастом пречника трупца.

7.2 КВАНТИТАТИВНО ИСКОРИШЋЕЊЕ

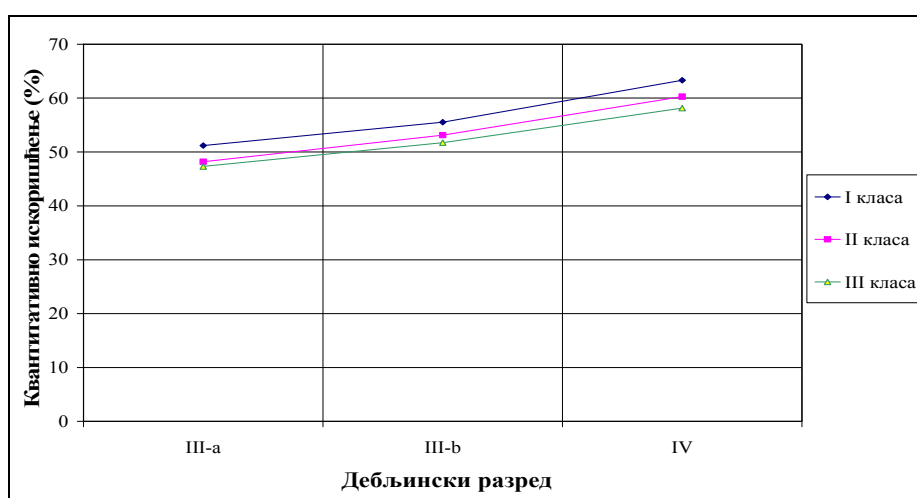
Квантитативно искоришћење битан је показатељ успешности пиланске прераде. За његово исказивање је од великог значаја тачност израчунавања запремине трупца. Запремина трупца добијена у овом истраживању показала се већа од оне која би била да је примењен стандардни начин рачунања, по Хуберовој формули.

Ова разлика износи око 4% у просеку и мања је од грешке коју приказује Николић (1990). Овај аутор наводи да је распон грешке од 8 до 20% и да је она већа код мањих трупца. По овом питању је слагање са резултатима Николића делимично. Наиме, одступање запремине је веће у III-а дебљинском подразреду него у III-б, али је највеће у IV дебљинском разреду, што је вероватно последица већег учешћа приданачких трупца.

Тачност одређивања запремине трупца у одређеној мери утиче на резултате квантитативног искоришћења и то на укупно искоришћење и на сортиментну структуру. Применом мање запремине трупца у рачуну, добија се већа вредност квантитативног искоришћења, и нешто повољнија сортиментна структура, јер разлика доводи до смањења количине пиљевине, која је добијена посредно. У случају да се примени већа запремина трупца у рачуну, ситуација са резултатима је обрнута.

7.2.1 Укупно квантитативно искоришћење

Укупно квантитативно искоришћење, у зависности од пречника и квалитета букове пиланске сировине приказано је на слици 24.



Слика 24: Квантитативно искоришћење буковине у зависности од пречника и квалитета пиланске обловине

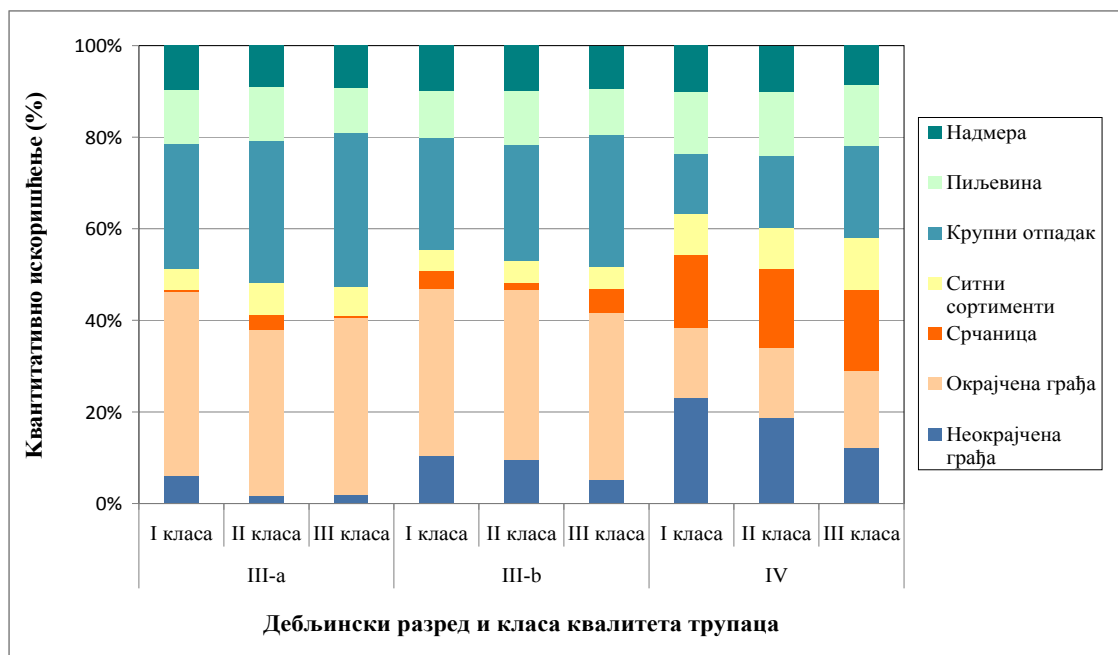
Укупно квантитативно искоришћење расте са повећањем пречника и квалитета трупаца ($F=13,235$, $p<0,01$), а пост хок анализа указује на већи утицај пречника него квалитета. Највеће искоришћење забележено је код трупаца I класе квалитета из IV дебљинског разреда (63,32%), а најмање код трупаца III класе квалитета из III-а дебљинског подразреда (47,32%). Приказани тренд квантитативног искоришћења последица је чињеница да је са порастом пречника увећава зона без чворова (нарочито код приданачких трупаца), а са већим димензијама увећава се и могућност комбиновања и уклапања жељених сортимената у основе примарног и секундарног пиљења, што све заједно резултује бољим квантитативним искоришћењем.

Иако су утицаји пречника и квалитета сировине на квантитативно искоришћење истоветни, добијене вредности веће су него у истраживањима других аутора. Квантитативно искоришћење се у већој мери разликује од података које наводе Зубчевић (1973) и Шошкић и Милић (2005) него у односу на податке Стефановског и осталих (1993). Ово се може тумачити чињеницом да је већина истраживача као основицу за рачунање узимала стандардну запремину трупаца, али не треба искључити и друге факторе. Неки од њих били би циљани квалитет резане грађе, сортиментна структура, разлике у оцени квалитета трупаца или време протекло између разрезавања трупаца и мерења добијених сортимената (чијим увећањем би се услед просушивања грађе смањило искоришћење).

Са слике 24 се такође уочава да су разлике у искоришћењу између I и II нешто веће него измеђи II и III класе трупаца. Такође, разлику у искоришћењу трупаца из IV дебљинског разреда у односу на III-б је већа него III-б у односу на III-а, што је вероватно последица ширег опсега пречника.

7.2.2 Сортиментна структура

Структура главних и споредних пиланских производа добијених прерадом букове пиланске обловине приказана је на слици 25.



Слика 25: Структура главних и споредних производа при пиљењу букових пиланских трупца различитог квалитета из III и IV дебљинског разреда

Пречник и квалитет обловине директно утичу на количину неокрајчене резане грађе у трупцу ($F=11,737$, $p<0,01$). Пост хок анализа указује да је статистички значајна разлика првенствено последица већег присуства ових сортимената у IV дебљинском разреду, али да постоје и разлике у оквиру осталих група података. Разлика у количини добијене неокрајчене грађе последица је чињенице да већи пречници пиланске обловине, нарочито ако су трупци израђени из доњих делова дебла, имају веће учешће зоне без чворова што увећава могућност израде квалитетне неокрајчене резане грађе. Такође, квалитетнији трупци, са мањим присуством грешака грађе дрвета увећавају учешће овог типа сортимената. Учешће неокрајчене грађе (осим у IV дебљинском разреду у коме је веће) слично је ономе ког је приказао Зубчевић (1973), а веће је у односу на истраживање Шошкића и Милића (2005). Структура неокрајчених сортимената приказана је у табели 36.

Табела 36: Структура неокрајчене резане грађе

СОРТИМЕНТИ (%)	Дебљ. подразред IIIa			Дебљ. подразред IIIb			Дебљ. разред IV		
	I класа	II класа	III класа	I класа	II класа	III класа	I класа	II класа	III класа
самице	100	100	100	100	93,87	100	65,52	67,86	64,36
полусамице	0	0	0	0	6,13	0	34,48	32,14	35,64
неокрајчена грађа	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Из табеле 36 се може уочити да квалитет сировине не утиче на структуру неокрајчене грађе, али на њу утиче пречник. Из мањих трупца израђују се искључиво самице, док се полусамице у значајној мери јављају само у IV дебљинском разреду, где је њихово учешће на нивоу једне трећине.

Оваква структура неокрајчене грађе може се објаснити учешћем зоне лажне срчевине у пречнику трупца и, у складу са тим, примењеним основама пиљења. Наиме, мањи пречници имају мању зону лажног срца или је чак и немају. Из тог разлога, приликом прераде трупца из III дебљинског разреда најчешће је примењивано резање скроз, а код трупца са лажним срцем призмање или резање половњака. При томе, како је присуство лажног срца повезано са квалитетом сировине (са остацима грана – чворовима), најквалитетнији трупци мањих пречника најчешће су резани скроз или призмрани, а на тај начин се из квалитетних зона обловине добијају самице или окрајчена грађа. Само из једног трупца из IIIb дебљинског подразреда добијена је једна полусамица.

Трупци из IV дебљинског разреда су резивани кружним резањем или призмањем. При кружном резању се из најквалитетнијих делова трупца добијају самице, полусамице и дуга окрајчена резана грађа, док се призмањем добијају само самице и дуга окрајчена грађа. Дакле, присуство полусамица у добијеним сортиментима из трупца IV дебљинског разреда последица је примењених начина резања, а величина учешћа у неокрајченој грађи зависи од учесталости примене кружног индивидуалног резања.

Квалитет трупаца нема већи утицај на учешће окрајчене резане грађе. Међутим, уочљиво је да се количина ових сортимената из трупаца III дебљинског разреда креће у дијапазону од 36-40%, док је код трупаца IV дебљинског разреда њено присуство значајно мање ($F=28,389$, $p<0,01$) и на нивоу је од 15 до 17%. Објашњење ове појаве је у чињеници да је из трупаца III дебљинског разреда израђивана окрајчена резана грађа египатског, а из IV дебљинског разреда италијанског квалитета. Строжији захтеви израде италијанског квалитета сортимената изискују већи број резова због избацивања грешака, првенствено лажног срца. Тако је уместо окрајчене резане грађе из најдебљих трупаца настало више срчанице и ситних пиланских производа.

Учешће окрајчене резане грађе, имајући у виду различит начин рачунања запремине трупаца и квалитета готових производа, приближно је подацима које су приказали Шошкић и Милић (2005), а веће у односу на податке које наводи Зубчевић (1973) и Поповић и остали (2003).

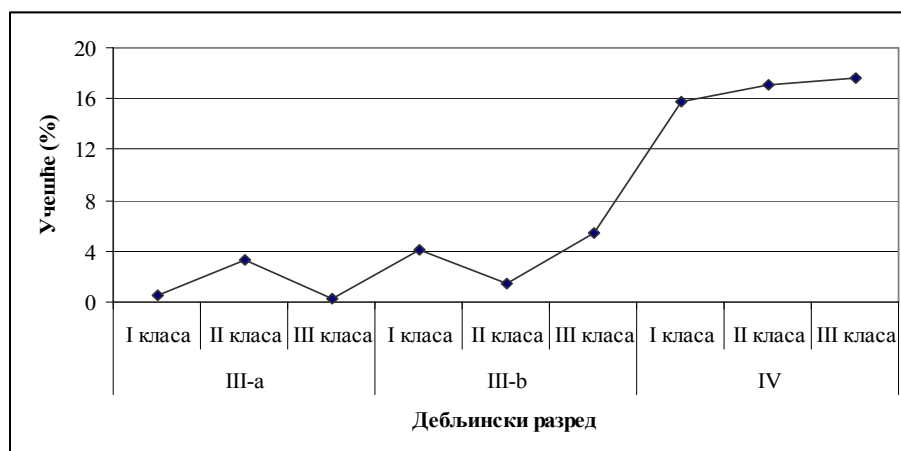
Однос дуге и кратке окрајчене резане грађе у апсолутном (у односу на трупац) и релативном смислу (међусобни однос) приказан је у табели 37.

Табела 37: Структура окрајчене резане грађе

СОРТИМЕНТИ (%)		Дебљ. подразред IIIa			Дебљ. подразред IIIb			Дебљ. разред IV		
		I класа	II класа	III класа	I класа	II класа	III класа	I класа	II класа	III класа
Апсолутно	дуга окрајчена	18,43	18,13	15,31	14,59	17,05	13,10	6,15	3,06	4,01
	кратка окрајчена	21,61	18,32	23,44	21,84	19,97	23,23	9,29	12,20	12,89
	Укупно	40,04	36,45	38,75	36,43	37,02	36,33	15,45	15,26	16,90
Релативно	дуга окрајчена	46,04	49,73	39,50	40,04	46,06	36,05	39,84	20,02	23,71
	кратка окрајчена	53,96	50,27	60,50	59,96	53,94	63,95	60,16	79,98	76,29
	Укупно	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Из табеле се може уочити да приликом прераде букових трупца настаје више кратке него дуге окрајчене резане грађе. Имајући у виду чињеницу да су израђивани сортименти различитог квалитета (за различита тржишта), није могуће јасно дефинисати утицај пречника на ову структуру. Ипак, иако нема статистички значајне разлике ни у оквиру квалитета трупца, може се уочити да је код квалитетнијих трупца однос кратких и дугих сортимената нешто повољнији него код трупца нижег квалитета. Ово је нарочито изражено у IV дебљинском разреду, где су квалитативни захтеви према резаној грађи били строжији.

Већ је наведено да оштрији квалитативни захтеви према резаној грађи доводе до увећаног присуства срчанице, али на присуство ових сортимената утиче и пречник трупца. Већи пречници имају веће учешће лажног срца, па је јасна последица и више срчанице у резаној грађи. Статистички значајна разлика у учешћу срчанице ($F=17,394$, $p<0,01$) првенствено је резултат значајно већег присуства ових сортимената у трупцима из IV дебљинског разреда (слика 26).



Слика 26: Учешће срчанице у зависности од пречника и квалитета букове обловине

Подаци о количини срчанице из трупца III дебљинског разреда приближни су подацима које наводе аутори који су уклапали црвено срце у грађу коју израђују (Зубчевић 1973, Скакић 1985, Поповић и остали 2003, Шошкић и Милић 2005). Из трупца IV дебљинског разреда добијена је већа количина срчанице у односу на податке других аутора.

Учешће ситних сортимената је приближно вредностима добијеним у сличним истраживањима. Веће разлике су уочене једино у односу на истраживање Поповића и осталих (2003) – у чијем истраживању су фризе чиниле скоро четвртину асортимана, што је последица лошијег просечног квалитета сировине на којој су мерили искоришћење. Статистичка анализа указује да постоје значајне разлике у количини ситних сортимената у узорку ($F=6,892$, $p<0,01$). Ове разлике последица су већег присуства ситних сортимената у IV дебљинском разреду, што је (како је већ објашњено) резултат строжијег критеријума израде окрајчене резане грађе.

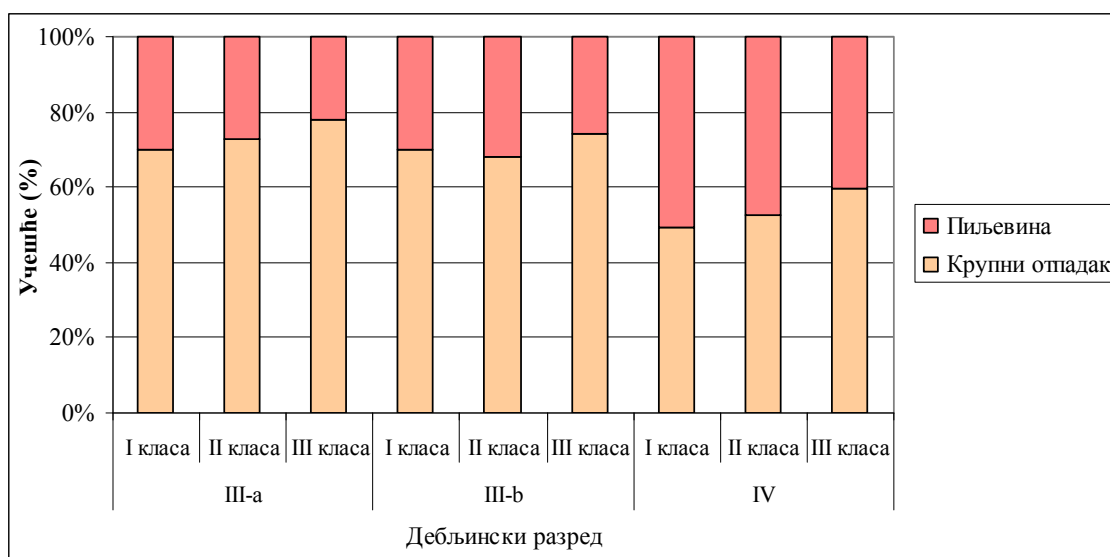
Релативни однос крупних и ситних пиланских сортимената приказан је у табели 38.

Табела 38: Релативни однос крупних и ситних пиланских сортимената из букових групаца

СОРТИМЕНТИ (%)	Дебљ. подразред IIIa			Дебљ. подразред IIIb			Дебљ. разред IV		
	I класа	II класа	III класа	I класа	II класа	III класа	I класа	II класа	III класа
крупни	91,42	84,38	85,34	91,54	90,63	90,51	85,53	84,60	80,05
ситни	8,58	15,62	14,66	8,46	9,37	9,49	14,47	15,40	19,95
Укупно	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Утицај пречника и квалитета обловине на однос крупних и ситних резаних сортимената није јасно статистички дефинисан због велике варијације података. Ипак, може се наслутити да се са бољим квалитетом и већим пречником обловине добија повољнија структура, односно веће учешће крупних, а мање ситних сортимената.

Укупна количина отпатка такође зависи и од пречника и од квалитета пиланске обловине ($F=12,291$, $p<0,01$), односно обрнуто им је сразмерна. На то првенствено утиче крупни отпадак где су разлике између група значајне ($F=23,944$, $p<0,01$), док разлике у количини пиљевине нису експлицитно доказане ($F=1,983$, $p=0,059$), мада се из пост хок анализе може претпоставити да постоје и то услед повећане количине пиљевине у IV дебљинском разреду. Структура отпадака у зависности од димензија и квалитета пиланске обловине приказана је на слици 27.



Слика 27: Утицај пречника и квалитета букове обловине на структуру пиланских отпадака

Имајући у виду чињеницу да је укупна количина отпатка уско повезана са квантитативним искоришћењем, повећање отпатка са падом димензија и квалитета трупца је очекивано, а објашњење је дато у делу анализе квантитативног искоришћења. Ипак, значајно мања добијена вредност крупног отпатка, а веће вредности пиљевине у IV дебљинском разреду могу се тумачити већом количином посла која је извршена на трупцима због строжијих захтева по питању квалитета окрајчене резане грађе. Наиме, ови захтеви довели су до израде ситнијих сортимената, што је омогућило прецизније издвајање крупног отпада, али је резултовало већом количином пиљевине.

Имајући у виду да су у односу на истраживања других аутора добијене нешто више вредности квантитативног искоришћења, логично је да су укупне вредности отпатка мање. По питању пиљевине, чије је просечно учешће 11,79% (максимално 14,12%), сличне вредности наводе Стефановски и остали (1993) – 10 до 11% и Скакић (1985) који је добио 12 до 15% пиљевине. У радовима других аутора углавном се наводе нешто веће вредности. Тако имамо вредности од 14-17% (Попадић 2006), 18% (Brežnjak, према Ištvančiću 2003), док су Поповић и остали (2003) добили чак 19,7% пиљевине.

Количина крупног отпатка варира у зависности од димензија и квалитета трупаца и креће се у широком опсегу од 13,13% (I класа трупаца IV дебљинског разреда) до чак 33,76% (III класа трупаца III-а дебљинског подразреда). Brežnjak (према Ištvaniću 2003) наводи да у преради букове пиланске обловине просечно настаје око 23% крупног отпада, Поповић и други (2003) 29,5%, а Стефановски (1993) 30-32%.

Укупна количина пиланских споредних производа одређена је прецизно и креће се од 26,59% (I класа трупаца IV дебљинског разреда) до 43,39% (III класа трупаца III-а дебљинског подразреда). Како је структура ових производа одређена посредно (рачунањем преко густине), може се исказати одређена резерва према прецизности појединачних вредности пиљевине и крупних споредних производа. Слично се може рећи и за резултате других аутора, јер је увек једна од ових вредности рачуната посредно.

Надмера је прилично константна и износи оквирно 9-10%. Сличне вредности (од око 10%) добили су и други аутори. Ипак, констатоване су значајне разлике у вредности надмере ($F=2,979$, $p<0,01$). Пост хок анализа указује да је значајно мања вредност регистрована у преради трупаца III класе квалитета из IV дебљинског разреда (надмера износи 8,63%). Анализом података је установљено да је један од трупаца из ове групе разрезан са минималним придом на дебљину, а да је при том имао и велики број дасака чије су ширине по стандарду заокружене на више, тако да је укупно надмера износила свега око 6,5%. И остали трупци из наведене групе резани су пажљиво, тако да је просечна вредност остала ниска. Вероватно да је ипак све ово плод случајности и да пречник и квалитет букове пиланске обловине немају значајнијег утицаја на учешће надмере у структури квантитативног искоришћења.

Приказана структура искоришћења букових трупаца омогућава увид у количине појединих сортимената, али се услед присуства споредних сортимената и надмере односи између појединих главних сортимената не виде најјасније. Из тог разлога, сортиментна структура главних производа (у релативном смислу) у зависности од пречника и квалитета букове пиланске обловине приказана је у табели 39.

Табела 39: Сортиментна структура при преради букових трупца – релативни однос

СОРТИМЕНТИ (%)	Дебљ. подразред IIIa			Дебљ. подразред IIIb			Дебљ. разред IV		
	I класа	II класа	III класа	I класа	II класа	III класа	I класа	II класа	III класа
<i>самице</i>	11,56	3,01	3,47	18,75	16,22	9,61	23,62	21,24	13,22
<i>полусамице</i>	0	0	0	0	1,06	0	12,43	10,06	7,32
неокрајчена грађа	11,56	3,01	3,47	18,75	17,28	9,61	36,05	31,30	20,54
<i>окрајчена дуга грађа</i>	36,23	37,33	32,05	26,35	32,39	25,54	9,66	5,08	6,88
<i>окрајчена кратка грађа</i>	42,48	37,74	49,10	39,47	37,94	45,30	14,58	20,31	22,14
окрајчена грађа	78,71	75,07	81,15	65,82	70,33	70,84	24,24	25,39	29,02
Укупно резане грађе	90,27	78,08	84,62	84,57	87,61	80,45	60,29	56,69	49,56
срчаница	1,15	6,30	0,73	6,97	3,02	10,06	25,24	27,91	30,49
фризе	7,07	8,98	13,34	7,39	8,51	8,89	11,72	12,62	15,91
четвртаче	1,51	6,64	1,31	1,07	0,86	0,6	1,78	1,85	2,83
метларка	0	0	0	0	0	0	0,97	0,93	1,21
Укупно	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Осим већ анализираних трендова, из табеле се може уочити да циљани квалитет резаних сортимената значајно утиче на њихову структуру. Тако се при преради трупца III дебљинског разреда (из којих је израђивана грађа нижег квалитета) добија 80-90% резане грађе, док се код трупца из IV дебљинског разреда (виши квалитет грађе) добија 50-60% ових сортимената. Ипак, грађа израђивана из IV дебљинског разреда продаје се по вишим ценама, тако да ће се укупни ефекти прераде најлакше сагледати анализом вредносних параметара.

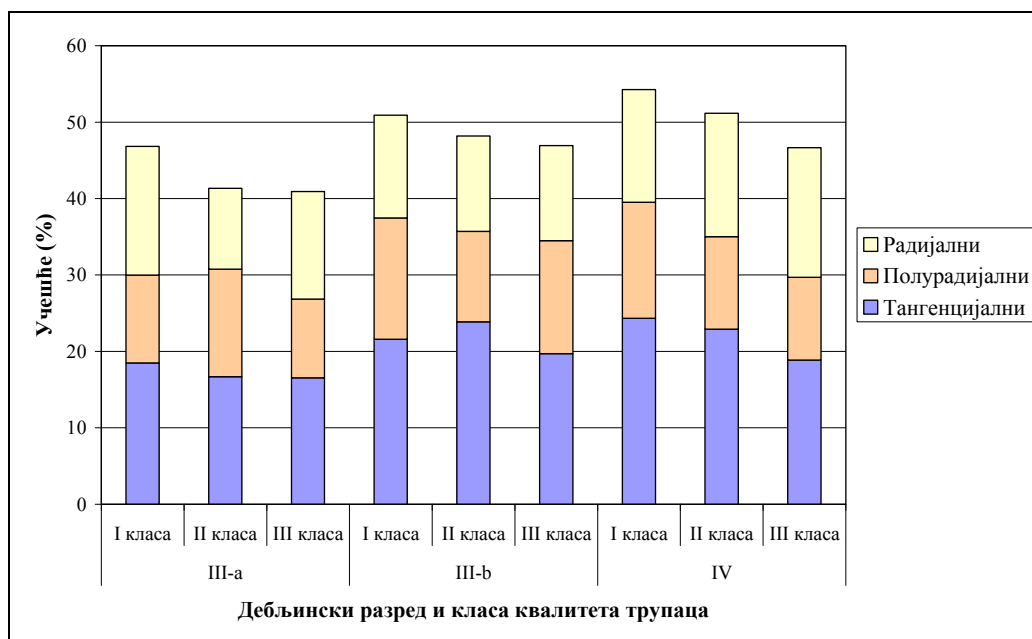
7.2.3 Анализа сортимената према положају из трупца

Положај сортимента у трупцу има своју важност првенствено због анизотропије утезања. Наиме, тангенцијални сорименти више се утежу по ширини (у тангенцијалном смеру) него по дебљини (у радијалном смеру), а радијални

обрнуто. С обзиром да се приликом одређивања прида на дебљину калкулише вредност тангенцијалног утезања, то ће радијални сортименти имати жељене димензије после сушења, док ће тангенцијални бити нешто дебљи. Како се сортимент плаћа према номиналној дебљини, ово се неће одразити на цену, односно, већа дебљина која је испоручена је нека врста губитка. Са друге стране, ако се посматра ширина (по којој се тангенцијални сортименти више утежу), она се при испоруци мери, а накнадно коригује за вредност просечног утезања. Из наведеног произилази да, иако је у питању исти материјал са истим запреминским утезањем, на тангенцијалним сортиментима се нешто више губи. Осим наведеног, положај сортимента у трупцу може бити занимљив и због припадајуће текстуре, већег присуства трака дрвета на површини (ефекат блистача), али и због различитих деформација у зависности из ког дела трупца је сортимент (корићење тангенцијалних дасака и сл.).

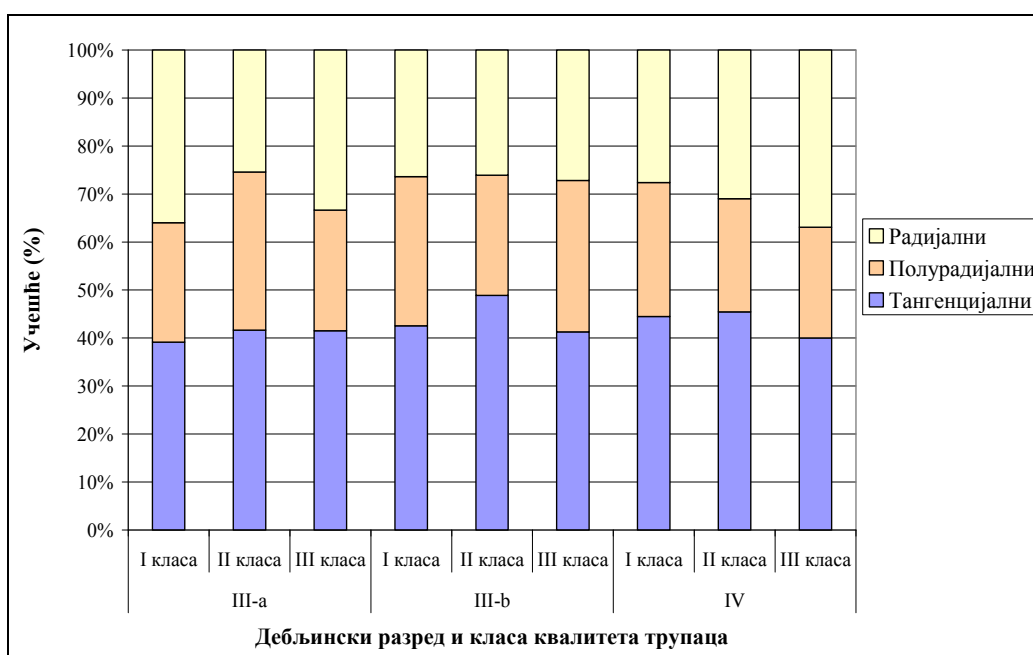
Позиција у трупцу, односно, да ли је сортимент из радијалног, полуредијалног или тангенцијалног реза, одређивана је само за крупне пиланске сортименте (оукрајчену и неоукрајчену резану грађу и срчаницу). Разлог за овакав поступак лежи у чињеници да је на ситним пиланским производима тешко установити из ког су реза зато што би праћење из ког примарног сортимента је сваки поједини ситни изрезан било веома компликовано и значајно би успорило процес прераде. Накнадно одређивање положаја у трупцу преко оријентације влаканаца (како је то урађено за крупне сортименте) није могуће, јер четвртаче имају и радијалну и тангенцијалну страну, а ни за фризе се не може установити да ли су настале из дасака или планки, па самим тим ни из ког су дела трупца. Такође, због малих димензија ови сортименти нису подложни деформацијама, бар не у значајној мери.

Структура крупних пиланских сортимената по положају у трупцу приказана је на слици 28.



Слика 28: Утицај пречника и квалитета букове обловине на учешће радијалних, полурадијалних и тангенцијалних крупних пиланских сортимената у трупцу

Са повећањем пречника и квалитета букове обловине увећава се и количина крупних пиланских сортимената ($F=4,011$, $p<0,01$). Такође, може се уочити да код свих испитиваних група доминирају тангенцијални сортименти, који чине 40-50% од укупне количине грађе (слика 29).



Слика 29: Структура крупних пиланских сортимената према положају у трупцу

Доминација тангенцијалних сортимената из букове обловине уочена је и у неким ранијим истраживањима (Попадић 2006, Попадић и Годоровић 2009). Полурадијални и радијални сортименти су приближно једнако заступљени, са нешто више радијалних у већини група. Добијени резултати указују да се из бочних квалитетнијих зона обловине најчешће добијају крупни сортименти, док се из унутрашњих делова (независно што је запремински ова зона већа), због избацивања грешака грађе дрвета добија више ситних сортимената или отпадака.

Раније поменути тренд увећања количине крупних сортимената са већим пречником и бољим квалитетом обловине, делимично се одражава и на учешће тангенцијалних сортимената, што је свакако у вези са распоредом квалитетних зона у трупцима. За разлику од тога, учешће полурадијалних и радијалних сортимената нема јасно изражене трендове у односу на промену димензија и квалитета обловине, што је последица утицаја великог броја фактора, од којих су најважнији:

- начин резања – резање скроз доноси више радијалних сортимената од кружног индивидуалног резања или призмирања код којих доминирају тангенцијални;
- пречник (учешће) зоне лажног срца – са једне стране иницира примену тангенцијалних начина резања (тима и повећава учешће тангенцијалних сортимената), док са друге омогућава издвајање срчанице која је крупни сортимент радијалне структуре (увећава учешће радијалних сортимената);
- распоред лажног срца по запремини трупаца – ако је равномеран доводи до формирања радијалних сортимената срчанице, а ако није иницира већи број резова на издвајању и претварању радијалне зоне у ситне пиланске сортименте, што резултује већим учешћем полурадијалних и тангенцијалних сортимената;

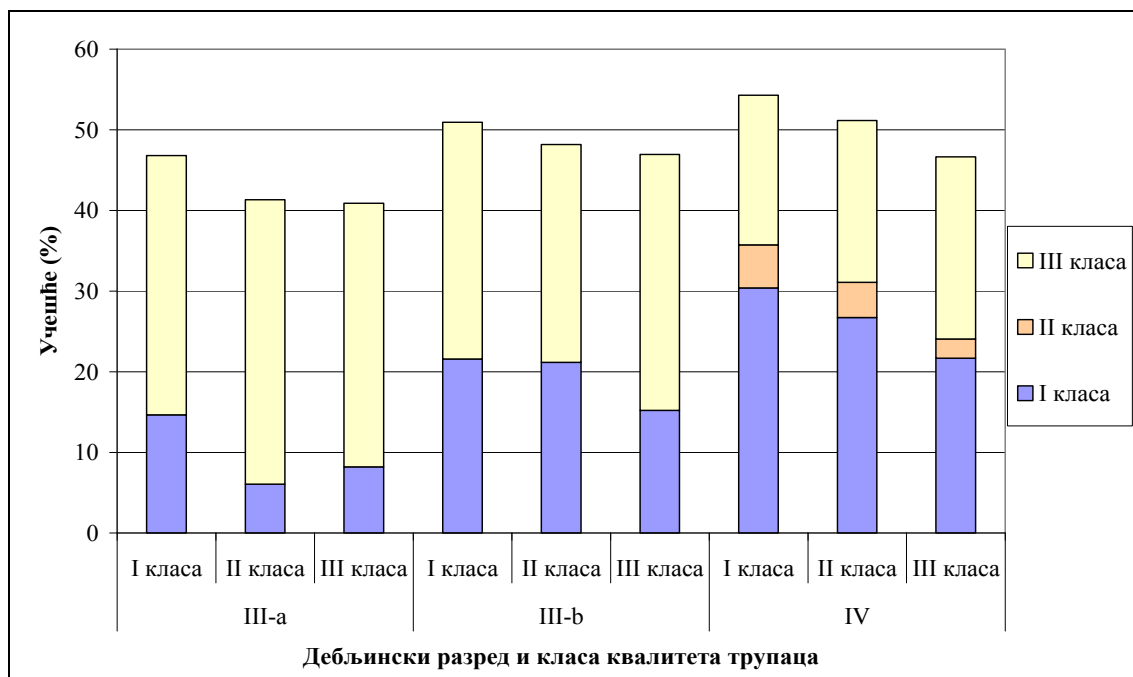
- квалитет обловине – присуство грешака, било да је реч о грешкама грађе или неправилној форми обловине, утиче на интензитет операција прераде и самим тим доводи до смањеног учешћа грађе из поједине зоне;
- циљани квалитет резане грађе – бољи квалитет резане грађе са строжијим критеријумима по питању лажног срца доприноси већем броју резова и настанку ситнијих сортимената из унутрашњих зона трупаца, а лошији квалитет омогућава израду крупнијих сортимената из радијалне и полуредијалне зоне.

Ако се узму у обзир сви набројани фактори, као и бројне могућности различитих комбинација њиховог утицаја, јасно је да се због велике варијације података у узорку не уочава зависност учешћа радијалних, полуредијалних и тангенцијалних сортимената од пречника и квалитета букове пиланске обловине.

7.3 КВАЛИТАТИВНО ИСКОРИШЋЕЊЕ

Иако стандард према коме је оцењиван квалитет резане грађе (Д.Ц1.022, Резана букова грађа, из 1982. године) препознаје четири класе квалитета неокрајчене и исто толико класа крајчене резане грађе, услед специфичних захтева тржишта, поједини сортименти нису израђивани у свим класама квалитета. Тако су примарно испиљени сортименти упућивани на секундарну прераду у свим случајевима када се није могла добити неокрајчена или полуокрајчена резана грађа I класе. Осим тога, није израђивана ни крајчена резана грађа IV класе, већ су из таквих сортимената избацивањем грешака израђивани ситни пилански сортименти.

Упоредни приказ квалитативне структуре крупних пиланских производа добијених из букове пиланске обловине у зависности од њеног пречника и квалитета приказан је на слици 30.



Слика 30: Квалитативна структура крупних пиланских сортимената у зависности од пречника и квалитета букове обловине

Будући да са порастом квалитета и димензија трупаца расте и учешће крупних пиланских сортимената, са слике се уочава да квалитет и димензије обловине утичу и на њихову квалитативну структуру. Учешће најквалитетнијих сортимената (I класе) расте и са пречником и са квалитетом обловине ($F=9,253$, $p<0,01$), што је логична последица мањег број грешака грађе дрвета у квалитетнијим трупцима и већег учешћа зоне без чворова у трупцима већег пречника.

Основни разлог статистички значајне разлике у учешћу II класе сортимената ($F=12,765$, $p<0,01$) лежи у чињеници да се овакви сортименти нису добили из трупаца III дебљинског разреда, а из IV јесу, што је последица израде грађе за различита тржишта. Осим тога, имајући у виду да вредност грађе расте са њеним димензијама, форсирана је израда што крупнијих сортимената, док је квалитет био у другом плану. Тако су сортименти II класе добијани из трупаца са високим садржајем лажне срчевине, а ниском толеранцијом према њој у грађи и то на тај начин што их је присуство лажне срчевине декласирало. Пост хок анализа указује да постоје разлике и у присуству сортимената II класе у оквиру трупаца из IV дебљинског разреда, односно да их је у III класи ових трупаца најмање.

Учешће сортимената III класе квалитета такође зависи од пречника и квалитета обловине ($F=5,563$, $p<0,01$), мада је та разлика првенствено последица утицаја пречника, односно, са повећањем пречника трупца опада учешће треће класе резане грађе.

На основу изложених података, може се рећи да пречник (првенствено) и квалитет (у мањој мери) букових трупца утичу на квалитативно искоришћење. Релативно учешће I класе у крупним пиланским сортиментима креће се од испод 20% у лошијим трупцима III-а дебљинског подразреда до преко 50% у бољим трупцима IV дебљинског разреда. Учешће III класе се сразмерно смањује, док је крупних пиланских сортимената II класе најмање.

Иако је након израде пиланских сортимената извршена оцена њиховог квалитета, на основу добијених података се не може дати релевантна анализа квалитативног искоришћења. Основни разлог за ову констатацију лежи у чињеници да је оцена квалитета резане грађе вршена непосредно по изради. Из тог разлога је била смањена могућност појаве појединих грешака и то првенствено оних које би настале током боравка резане грађе на стоваришту. Дакле, оцена квалитета вршена је првенствено на основу кврга, лажног срца, правилности облика сортимената и структуре тока влаканаца, док је утицај пукотина, распуклина, коритавости, загушености, мрља од лежања и других могућих грешака био занемарљив.

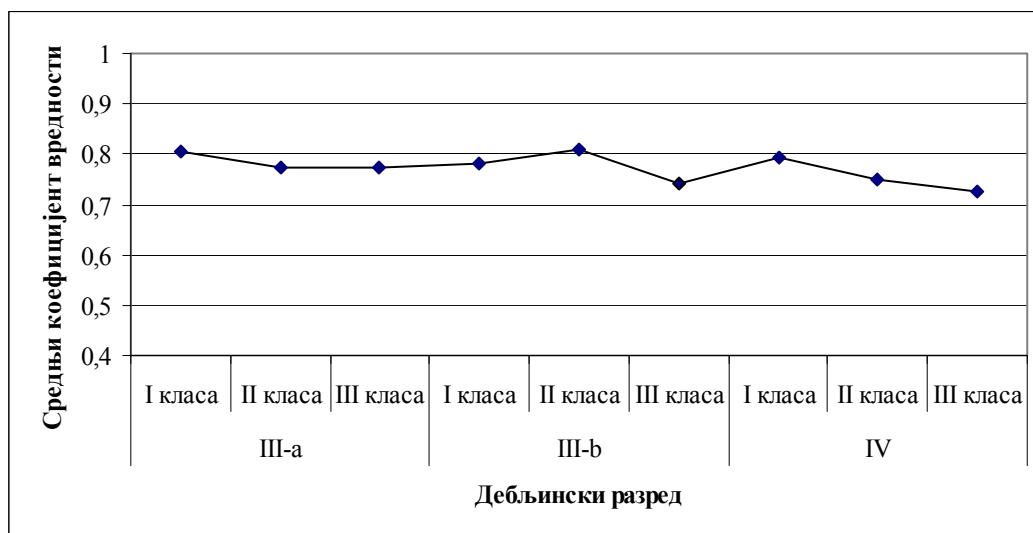
Осим наведеног, на квалитативну структуру резане грађе су у пресудној мери утицали захтеви појединих тржишта за које је израђивана. Тако се на основу добијених резултата не може јасно проценити колики утицај на разлику у квалитету сортимената добијених из трупца III или IV дебљинског разреда има сам пречник трупца, а колики је утицај строжијих захтева италијанског тржишта у односу на египатско или на домаће. Као илустрација за наведено може послужити податак да примењени стандард Д.Ц1.022 већ у II класи квалитета грађе дозвољава могућност пробијајућих кврга, лажног срца на лицу и наличју појединих сортимената, ограничено присуство загушености и сличне грешке које

се при преузимању грађе за италијанско тржиште уопште не толеришу. Захтеви према сортиментима рађеним у египатском квалитету су нешто блажи од италијанског, нарочито у односу на присуство лажног срца у сортиментима.

Како разлике у квалитативним захтевима сортимената у великој мери диктирају њихову величину, односно, строжији захтеви индукују производњу ситнијих сортимената, а мање строги крупнијих, може се рећи да бољи квалитет добијених сортимената не имплицира и већу цену, јер се она првенствено одређује према димензијама. Тако се успешност производње најбоље може оценити путем вредносних показатеља.

7.4 ВРЕДНОСНО ИСКОРИШЋЕЊЕ

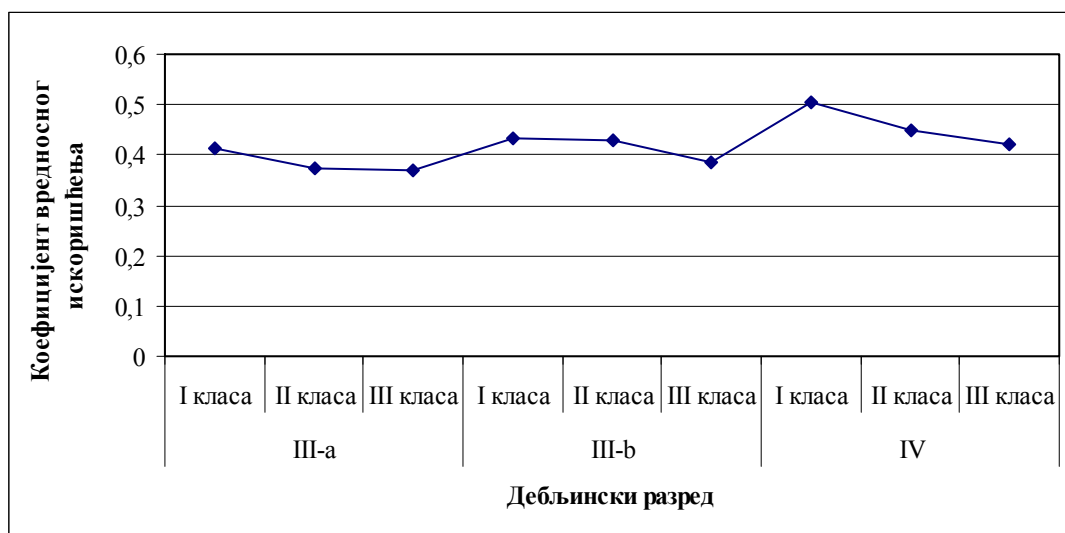
Средњи коефицијент вредности резане грађе дефинише просечну вредност сортимента израђеног из одређене истраживане групе. Зависност овог коефицијента од пречника и квалитета обловине приказана је на слици 31.



Слика 31: Средњи коефицијент вредности резане грађе у зависности од пречника и квалитета букових трупца

Статистичком анализом података нису доказане значајне разлике између истраживаних група узорака по питању овог коефицијента ($F=1,606$, $p=0,136$), што указује да је израђиван вредносно уједначен асортиман. Пост хок анализа издваја нешто нижу вредност коефицијента код најнеквалитетнијих трупаца IV дебљинског разреда, што је последица већег учешћа срчанице и фриза, односно најнеповољније сортиментне структуре која је добијена из ове обловине.

Ипак, просечна вредност сортимената не говори много о успешности прераде јер се са већом количином мање вредне грађе некада могу постићи бољи финансијски ефекти него са мањом количином вредније. Из тог разлога се мора имати у виду и коефицијент вредносног искоришћења, који је показатељ укупне вредности добијеног асортимана (слика 32).

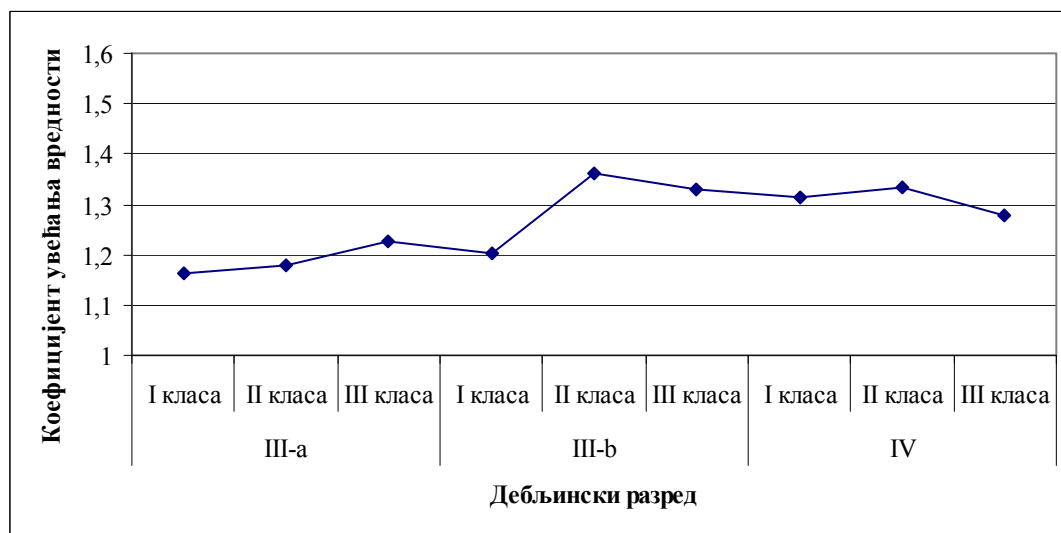


Слика 32: Коефицијент вредносног искоришћења у зависности од пречника и квалитета букових трупаца

Статистичка анализа коефицијента вредносног искоришћења показује да разлике у укупној вредности добијених сортимената из кубног метра трупаца постоје ($F=5,313$, $p<0,01$), односно да се са повећањем пречника и квалитета обловине добија већа укупна вредност резаних сортимената.

Међутим, квалитет сировине у великој мери утиче на њену цену, а некада утичу и димензије трупаца. Тако је сировина која даје већу вредност асортимана и скупља.

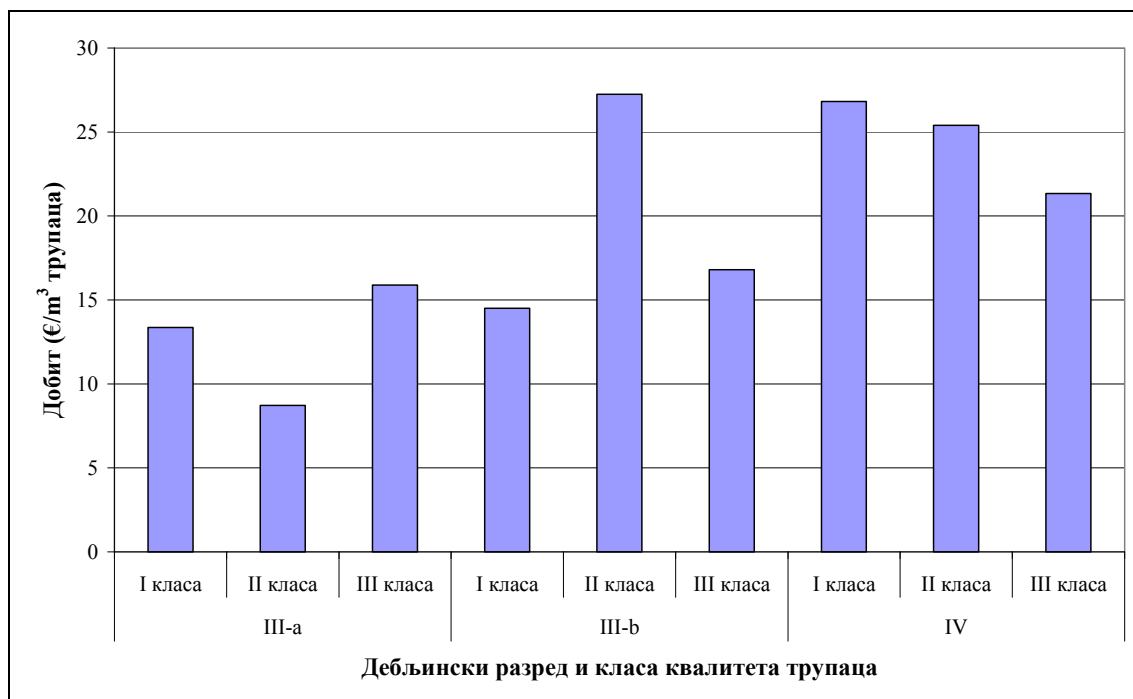
Такође, различита сировина и различит асортиман имају различите трошкове прераде. Када се све наведено узме у обзир, анализа коефицијената увећања вредности може да помогне у процени укупних ефеката прераде (слика 33).



Слика 33: Коефицијент увећања вредности у зависности од пречника и квалитета букових трупца

Имајући у виду чињеницу да је из различитих пречника обловине израђивана грађа за различита тржишта, као и да је варијација добијених резултата велика, није дефинисан утицај пречника и квалитета букових трупца на коефицијент увећања вредности ($F=1,038$, $p=0,415$). Међутим, може се претпоставити да се лошији резултати добијају прерадом најмањих трупца (дебљинског подразреда IIIa). Ипак, како овај коефицијент указује на увећање вредности у односу на уложена средства у обловину, он не може у потпуности приказати укупни ефекат прераде. За то је потребно извршити анализу остварене добити.

Зависност добити при преради кубног метра букове пиланске обловине од њеног пречника и квалитета приказана је на слици 34.



Слика 34: Величина добити по кубном метру обловине у зависности од пречника и квалитета букових пиланских трупца

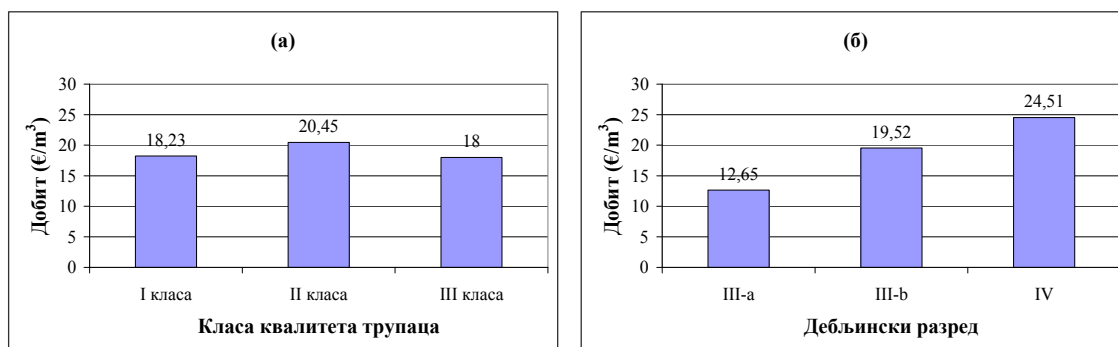
Просечна остварена добит при преради кубног метра трупца креће се од 8,72 (II класа IIIа дебљинског подразреда) до 27,24 € (II класа IIIб дебљинског подразреда). Утицај квалитета трупца у III дебљинском разреду није уочљив, док у IV постоји тренд благог повећавања добити са побољшањем квалитета обловине. Ово је вероватно последица строжијих захтева италијанског тржишта према окрајченој резаној грађи, због чега је вредније и крупније сорimente било лакше добити из трупца бољег квалитета.

Ипак, статистичка анализа не потврђује да постоји утицај пречника и квалитета трупца на добит ($F=1,465$, $p=0,183$). Разлог је веома велика варијација података у оквиру група. На пример, највећа добит остварена је у преради једног трупца II класе из IV дебљинског разреда (60,14 €/m³), док су истовремено два трупца из исте групе донела губитак од 2, односно 6 €/m³.

Исто тако, у скоро свим осталим групама су забележени трупци који су нерентабилни за прераду, или су на самој граници рентабилности (у трупцима I класе из III-б и IV разреда нема нерентабилних, али поједини доносе свега 1 до 2 €/m³). Изузетак је обловина II класе III-б дебљинског подразреда код које је и

најлошији трупац донео више од 10 €/m^3 чисте добити. Имајући у виду да је оцена квалитета сировине вршена визуелним прегледом, на основу спољашњег изгледа, ова појава је вероватно плод случајности. Трупци из поменуте групе су били са малим учешћем (често и без) лажног срца, што је већ коментарисано. Такође, из претходних анализа се види да обловина II класе III-b дебљинског подразреда не одудара по квантитативном искоришћењу, па објашњење добијене веће вредности лежи у сортиментној структури. Дакле, може се претпоставити да је централни део трупаца из кога се добија срчаница код ових трупаца прерађен у окрајчену резану грађу, па су тако добијени сортименти знатно више вредности (вредност срчанице је 70, а окрајчене грађе $140\text{-}200 \text{ €/m}^3$). Ако се узме у обзир чињеница да је добијени однос дуге према краткој грађи у овој групи скоро пола-пола, испада да су уместо сортимената вредности 70 израђивани сортименти вредности 170 €/m^3 . Осим тога, из ових трупаца израђена је релативно велика количина самица, а ту је знатан утицај случајног распореда грешака грађе дрвета, првенствено кврга.

Већ је више пута наведено да на величину остварене добити у пиланској преради утичу вредност добијене грађе (последича квантитативног, квалитативног и вредносног искоришћења), уложени рад у прераду (зависи од квалитета трупаца, сортиментне структуре и циљаног квалитета резане грађе), улазна цена обловине и различити фиксни трошкови. Велики број могућих комбинација набројаних фактора доводи до велике варијација података, па се из тог разлога нису добили јасни показатељи њихових утицаја на добит. Због тога се приступило додатној анализи, при којој је извршена прерасподела података и то на два начина. У првој варијанти је елиминисан утицај пречника – трупци су груписани само по квалитету, како би се анализирао утицај квалитета обловине на добит. Након тога је, у одвојеној анализи, посматран утицај пречника трупаца, а групе су формиране само према дебљинским разредима. Добијени подаци приказани су на слици 35.



Слика 35: Утицај квалитета трупца (а) и пречника (б) на добит у пиланској преради буквине

Са слике 35а се може уочити да квалитет обловине нема значајног утицаја на величину добити, што је потврђено и статистички – анализом варијансе ($F=0,174$, $p=0,84$). Нешто већа добит при преради трупца II класе квалитета вероватно је последица веће вредности која је остварена у III-b дебљинском подразреду. Из наведеног се може закључити да су разлике у ценама пиланске обловине различитог квалитета добро утврђене, те да ни једна категорија не доноси већу предност у преради. Ипак, ако би постојала могућност избора, треба изабрати квалитетније трупце, који се због мањег броја грешака брже прерађују, те се може очекивати већа добит у јединици времена, односно бржи обрт средстава.

Насупрот утицају квалитета, већи пречници обловине омогућавају већу добит ($F=3,648$, $p=0,03$). Ово се може објаснити тиме што веће димензије трупца дају више слободе у преради, односно бројније могућности избегавања грешака грађе и уклапања вреднијих и крупнијих сортимената. Такође, дебљи трупци имају изражене зоне квалитета и значајније учешће зоне без грешака грађе дрвета, а то резултира бољим квантитативним и квалитативним искоришћењем. Осим наведеног, на величину добити могла би утицати и чињеница да се при преради кубног метра обловине прерађује мањи број крупнијих или већи број ситнијих трупца. То значи да се у случају прераде крупније обловине редукује време за прераду услед смањеног учешћа припремних времена потребних за правилно постављање трупца у машину, а на тај начин се смањују и трошкови.

Међутим, приликом анализе утицаја пречника трупаца на добит треба имати у виду да је постојала разлика у квалитету и вредности израђене окрајчене резане грађе у узорку. Ипак, ако се има у виду уједначеност средњих коефицијената вредности, могло би се претпоставити да ова разлика није утицала на укупне резултате, нарочито због чињенице да је поменуто неслагање везано само за окрајчену резану грађу, док су остали израђивани сортименти индентични.

Када је реч о утицају сортиментне структуре на ефекте пиланске прераде букових трупаца, могу се јавити одређене дилеме, односно отворити нека питања, рецимо: да ли форсирати самице или дугу окрајчену грађу италијанског квалитета, затим: да ли ићи на италијански или египатски квалитет окрајчене резане грађе, или: који су ефекти израде фриза или четвртача у односу на хипер кратку грађу... Наравно, претпоставка за постављање оваквих питања је да би се сви израђени сортименти могли пласирати на тржишту.

Питање предности израде неокрајчене и полуокрајчене резане грађе у односу на дугу окрајчену за већину прерађивача буковине се ни не поставља. У том случају је мање посла на изради, односно један број сортимената не иде на секундарне машине, већ је завршен на примарним. На тај начин се смањује оптерећење производње у односу на број радника и машина, али и по питању енергије. Такође, отежана манипулација дугачким и тешким буковим сортиментима ствара проблеме у прецизности секундарне прераде, првенствено крајчења, што се одражава на укупно искоришћење. Осим тога, начин мерења неокрајчене резане грађе – мери се на средини дужине (када су у питању планке и на средини дебљине) омогућава да се дрво које би отпало на крајчењу прода по прилично високој цени (таквог дрвета није мало, имајући у виду неправилност форме букове обловине).

Са друге стране, предности израде дуге окрајчене грађе су у њеној вишој цени, лакшем паковању, бољем коришћењу простора у сушарама и парионицама, као и у мањим трошковима приликом манипулације и транспорта. Такође, често се заборавља да и окрајци имају своју вредност, било када се користе за израду

ситних сортимената (првенствено фриза), било као крупни споредни сортименти и пиљевина. Осим тога, једна од предности производње самица – мање оптерећење секундарне прераде, није толико изражена јер су капацитети секундарних машина по правилу већи од примарних, те се онда они само потпуније користе. Осим тога, ни разлика у запремини не мора бити значајна, нарочито ако се прерађују квалитетни трупци са малим падом пречника и без већих грешака форме. У сваком случају, потпун одговор на ово питање било би могуће понудити тек након посебног истраживања.

Што се тиче дилеме о примени различитих захтева квалитета (по диктату различитих тржишта) у изради окрајчене резане грађе, треба имати у виду да се са блажим захтевима добија крупнија структура сортимената и обрнуто. До пре неког времена би се на овакво питање лакше одговорило, с обзиром да су цене фриза (чије се учешће у сортиментној структури при изради италијанског квалитета увећава на уштрб резане грађе) биле знатно ниже у односу на цене грађе. Ако се имају у виду ниске цене срчанице, вероватно је да би се бољи ефекти добили изразом сортимената египатског квалитета.

Међутим, са доласком значајних произвођача подова у Србију дошло је до развоја производње у којој се фризе домаћих лишћарских врста користе за површински слој дрвеног пода. У таквој технологији се површина фризе вишеструко умножава њеним разрезањем по дебљини, под добија изглед паркета иако је његов главни део (по дебљини) израђен од мање вредног материјала. Велики производни капацитети произвођача подова, али и покретање грађевинске индустрије у том моменту су довели до пораста тражње, а самим тим и цена ових сортимената, те је цена букових фриза порасла са око 110 €/m³ 2005. године на око 140 €/m³ 2012. године, док су цене осталих сортимената истовремено пале за 10-15%. Тако су фризе по цени претекле хипер кратку резану грађу, коју се фактички више не исплати производити и приближиле се четвртачама и краткој окрајченој грађи.

На основу наведеног, а имајући у виду средње коефицијенте вредности резане грађе и добијено вредносно искоришћење, може се претпоставити да тренутно не

постоји већа разлика у добити која би била последица израде робе различитог квалитета (за различита тржишта). Ипак, при изради сортимената бољег квалитета могла би се препоручити набавка букових трупаца већег пречника, код којих је значајно учешће зоне дрвета без чворова, а зона лажног срца је углавном формирана. Са смањивањем димензија обловине опада могућност израде квалитетнијих сортимената, те се може претпоставити да би се у том случају бољи ефекти добили у изради сортимената укупно лошијег квалитета.

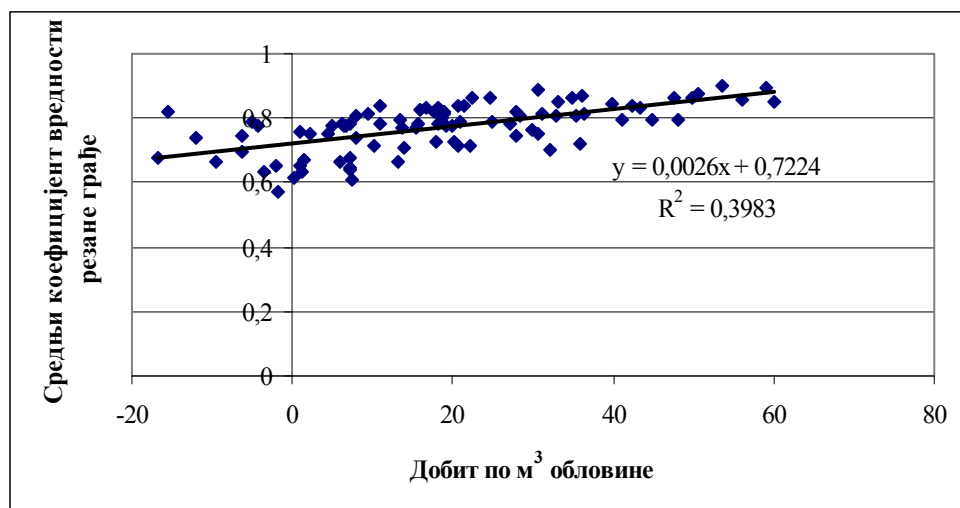
Вредносни параметри (средњи коефицијент вредности сортимената, вредносно искоришћење и коефицијент увећања вредности) могу се користити као показатељи успешности пиланске прераде, нарочито у случају истраживања искоришћења у различитим тржишним условима. Ипак, поставља се питање у којој мери величина појединог параметра одсликава успешност прераде. Како би се дао одговор на то питање, али и на питање колики је утицај појединог вредносног параметра на добит, извршена је корелациона анализа, а резултати су приказани у табели 40.

Табела 40: Корелациона анализа вредносних показатеља пиланске прераде буковине

		Средњи коефицијент вредности	Коефицијент вредносног искоришћења	Коефицијент увећања вредности
Добит (€/m ³)	Пирсонов коефицијент корелације	0,631	0,809	0,882
	Ниво сигнификантности	p<0,01	p<0,01	p<0,01

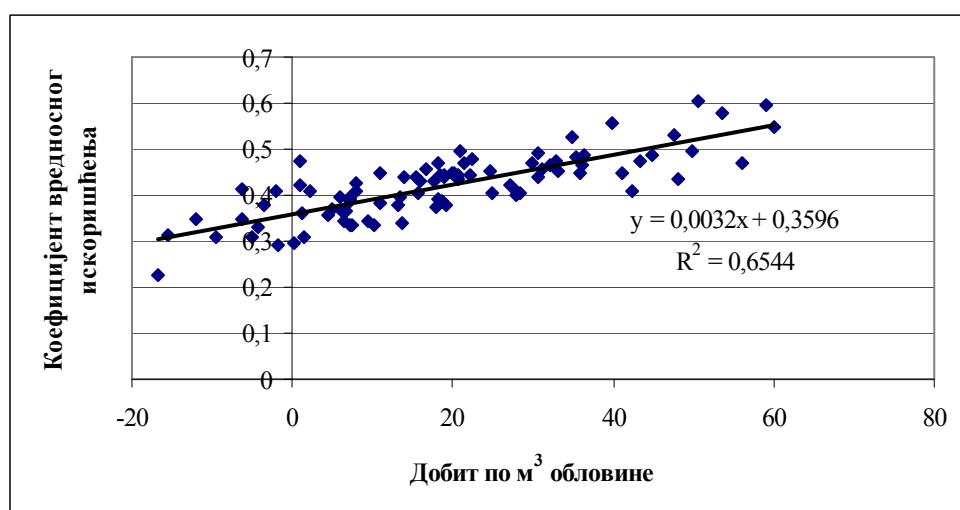
Из табеле се може уочити да постоји повезаност између посматраних величина. Најслабија – средња повезаност је између средњег коефицијента вредности резане грађе и добити, док је висока повезаност констатована између добити и преостала два показатеља.

Може се рећи да је степен повезаности већи што је већи број фактора који утичу на вредност узет у разматрање. Тако је утицај просечне вредности сортимената (средњи коефицијент вредности резане грађе) на добит у нивоу од око 40% (коефицијент детерминације је 0,398). Међусобни однос средњег коефицијента вредности и добити по кубном метру обловине приказан је на слици 36.



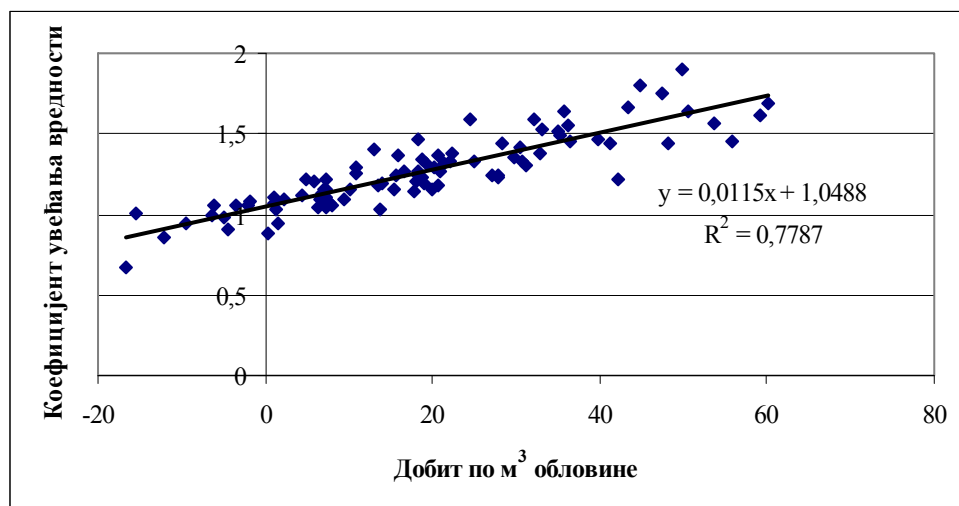
Слика 36: Однос средњег коефицијента вредности и добити по м³ обловине

Ако се у разматрање узме и квантитативно искоришћење – преко коефицијента вредносног искоришћења (слика 37), може се рећи да добијени сортименти са око 2/3 утицаја дефинишу добит (коефицијент детерминације 0,654).



Слика 37: Однос коефицијента вредносног искоришћења и добити по м³ обловине

Урачунавањем трошкова производње, преко коефицијента увећања вредности (слика 38), величина добити се објашњава са скоро 80% (коефицијент детерминације 0,778).



Слика 38: Однос коефицијента увећања вредности и добити по м³ обловине

Преосталих око 20% услед различитих фактора остаје неразјашњено. Један део последица је упрошћавања у рачунању коефицијента, као што су изостављање вредности споредних производа или чињеница да је реч о увећању, а не о конкретној вредности. Такође, присутни су и случајни утицаји, као што је могућност грешке у оцени квалитета трупаца на основу њихове спољашњости (некада се квалитетнији трупац може мање платити од мање квалитетног), затим, утицај положаја грешке грађе дрвета на сортиментну структуру (када неколико центиметара може одлучити да ли ће грађа ићи у дугу или кратку, са значајном разликом у цени) и слично.

8. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА И ЗАКЉУЧЦИ

Истраживање квантитативног и вредносног искоришћења букове обловине различитог квалитета, пречника од 30-49 cm, извршено је на укупно 90 пиланских трупца. Обављено је у две пилане уз израду резаних сортимената различитих квалитативних захтева. При томе је добијен значајан број података.

Приликом примарног пиљења по принципима квалитативног искоришћења, са повећањем пречника букове обловине расте и потреба за окретањем трупца, односно за применом машина индивидуалног реза. Окретање је примењено на 17% трупца из III-а дебљинског подразреда, 40% трупца из III-b подразреда, док су сви трупци IV дебљинског разреда ротирани. Наведени подаци наводе на закључак да је у преради трупца пречника до 35 cm рационално користити машине групног реза.

Добијена запремина трупца већа је за око 4 % од запремине израчунате на стандардом прописани начин, по Хуберовој формули. Ово утиче на рачунање квантитативног искоришћења, тако да је реално квантитативно искоришћење нешто мање од онога добијеног из стандардизованих података. Просечно квантитативно искоришћење букових трупца рачунато на стандардан начин креће се у распону од 49,4% (трупци III класе III-а дебљинског разреда) до 65,23% (трупци I класе IV дебљинског разреда)

Имајући у виду да је циљ истраживања био да се установи структура свих добијених сортимената, укључујући и споредне, сва искоришћења су рачуната у односу на реалну запремину трупца. Установљено је да укупно квантитативно искоришћење расте са повећањем пречника и квалитета трупца, уз нешто јачи утицај пречника него квалитета. Највеће просечно искоришћење забележено је код трупца I класе квалитета из IV дебљинског разреда (63,32%), а најмање код трупца III класе квалитета из III-а дебљинског подразреда (47,32%). Објашњење ове појаве је у чињеници да се са порастом пречника и квалитета обловине увећава зона без чворова, а тиме и могућност комбиновања и уклапања жељених сортимената у основе примарног и секундарног пиљења, што позитивно утиче на квантитативно искоришћење.

Пречник и квалитет обловине позитивно утичу на добијање квалитетне неокрајчене резане грађе, што је последица распореда квалитетних зона у трупцима. На структуру ових сортимената (однос полуокрајчене и неокрајчене резане грађе) не утиче квалитет, већ само пречник трупаца и то пре свега преко примењеног начина примарног пиљења. Може се рећи да количина полуокрајчене грађе највише зависи од учесталости примене кружног индивидуалног резања.

Квалитет трупаца нема већи утицај на учешће окрајчене резане грађе, али донекле утиче на њену структуру. Иако због велике варијације података нема статистичких доказа, уочава се да је код квалитетнијих трупаца однос присуства кратких и дугих сортимената нешто повољнији него код трупаца нижег квалитета.

Како су из различитих пречника израђивани окрајчени сортименти различитог квалитета (за различита тржишта), није могуће јасно дефинисати утицај пречника обловине на количину и структуру окрајчене резане грађе. Ипак, применом блажих квалитативних захтева (карактеристичних за египатско тржиште) добија се значајно више окрајчених сортимената него у случају строжијих захтева италијанског тржишта. Оштрији квалитативни захтеви доводе и до увећаног присуства ситних сортимената и срчанице, али на количину срчанице утиче и пречник трупаца, пошто је у већим пречницима веће учешће лажног срца.

Укупна количина отпатка је у распону од 26,59% (I класа трупаца IV дебљинског разреда) до 43,39% (III класа трупаца III-а дебљинског подразреда) и зависи од пречника и квалитета пиланске обловине, односно обрнуто им је сразмерна. На то првенствено утиче крупни отпадак, док утицај димензија и квалитета трупаца на учешће пиљевине није доказан. Количина крупног отпатка креће се у широком опсегу од 13,13% (I класа трупаца IV дебљинског разреда) до 33,76% (III класа трупаца III-а дебљинског подразреда). Варијација у количини пиљевине је знатно мања и њено просечно учешће је 11,79%. Преостали део искоришћења трупаца чини надмера, а њено учешће је прилично уједначено и износи 9-10%.

Позиција у трупцу, односно, да ли је сортимент из радијалног, полурадијалног или тангенцијалног реза, одређивана је само за крупне пиланске сортименте (окрајчену и неокрајчену резану грађу и срчаницу). Код свих испитиваних група доминирају тангенцијални сортименти, који чине 40-50% од укупне количине грађе. Полурадијални и радијални сортименти су приближно једнако заступљени, са нешто више радијалних у већини група. Због велике варијације података у узорку није уочена зависност учешћа радијалних, полурадијалних и тангенцијалних сортимената од пречника и квалитета букове пиланске обловине.

Као и позиција у трупцу, квалитет је одређиван само за крупне пиланске сортименте. Уочено је да са порастом квалитета и димензија трупаца расте и учешће крупних пиланских сортимената. Такође, са порастом пречника и квалитета обловине расте и учешће најквалитетнијих сортимената (I класе), што је последица мањег број грешака грађе дрвета у квалитетнијим трупцима и већег учешћа зоне без чворова у трупцима већег пречника. Сортимената II класе је најмање, док се присуство грађе III класе увећава са падом пречника и квалитета трупаца.

На квалитативну структуру резане грађе су у пресудној мери утицали захтеви појединих тржишта за које је израђивана. Тако се на основу добијених резултата не може јасно проценити колики утицај на разлику у квалитету сортимената има сам пречник трупаца, а колики је утицај строжијих захтева италијанског тржишта у односу на египатско или на домаће. Такође, како разлике у квалитативним захтевима сортимената у великој мери диктирају њихову величину, односно, строжији захтеви индукују производњу ситнијих сортимената, а мање строги крупнијих, може се рећи да бољи квалитет добијених сортимената не имплицира и већу цену, јер се она првенствено одређује према димензијама. Тако се успешност производње најбоље може оценити путем вредносних показатеља.

Између истраживаних група узорака нису доказане значајне разлике по питању средњих коефицијената вредности, што указује да је израђиван вредносно уједначен асортиман. Међутим, из анализе вредносног искоришћења, које је

показатељ укупне вредности добијеног асортимана, може се закључити да се са повећањем пречника и квалитета обловине добија већа укупна вредност резаних сортимената. Ипак, пошто квалитет сировине у великој мери утиче на њену цену, а постоји и утицај трошкова прераде, анализом коефицијената увећања вредности је уочено да ефекти прераде расту са пречником, а опадају са квалитетом трупца, мада ове разлике нису статистички потврђене.

Како би се извршила оцена укупних ефеката прераде урађен је прорачун остварене добити. Корелациона анализа међусобних зависности вредносних показатеља и добити указује да се вредносно искоришћење и коефицијент увећања вредности могу користити у анализи успешности прераде, а Пирсонов коефицијент корелације указује на високу повезаност посматраних величина.

Добит је рачуната као разлика између остварене вредности свих добијених сортимената и трошкова прераде, у оквиру којих се, путем симулације, дошло до начина рачунања уложеног рада у прераду појединих трупца. Установљена је висока корелациона зависност између броја сортимената добијених из трупца и укупног времена прераде трупца, као и између броја сортимената по m^3 и количине посла на преради кубног метра обловине. Повезаност наведених фактора омогућила је да се коефицијент сложености прераде, израчунат из односа добијеног броја сортимената и њиховог просечног броја, усвоји као мерило количине посла на преради трупца.

На основу израчунатих наведених коефицијената, установљено је да се са падом квалитета обловине повећава сложеност прераде, односно количина посла на трупцима. Такође, количина посла се (са мањим изузецима) увећава и са повећањем пречника трупца, као и са строгошћу захтева тржишта у односу на квалитет резаних сортимената.

Просечна остварена добит при преради кубног метра трупца креће се од 8,72 (II класа IIIа дебљинског подразреда) до 27,24 €/m³ (II класа IIIб дебљинског подразреда). Утицај квалитета трупца у III дебљинском разреду није уочљив, док

у IV постоји тренд благог повећава добити са побољшањем квалитета обловине. Ипак, због велике варијације података, утицај пречника и квалитета трупаца на добит није доказан.

Из тог разлога се приступило додатној анализи, при којој је извршена прерасподела података и трупци су груписани само према квалитету или само према пречнику. Анализа је показала да квалитет обловине нема значајног утицаја на величину добити и да су разлике у ценама пиланске обловине различитог квалитета добро утврђене, те да ни једна категорија не доноси већу предност у преради. Насупрот утицају квалитета, доказано је да већи пречници обловине омогућавају већу добит, што се објашњава тиме што веће димензије трупаца дају више слободе у преради, а имају и значајније учешће зоне без грешака грађе дрвета.

При тренутним односима цена сортимената на тржишту, не постоји већа разлика у добити која би била последица израде робе различитог квалитета (за различита тржишта). Ипак, за строжије захтеве тржишта више би одговарали букови трупци већег пречника, док би се из мањих трупаца тада израђивала грађа са нижим захтевима квалитета.

Осим већ разматраних питања везаних за искоришћење букове сировине и добит, добијени резултати указују на потенцијални проблем рентабилности пиланске прераде. Прерада чак 11 трупаца у овом истраживању показала се као нерентабилна. Осим тога, још 17 трупаца је на граници рентабилности (добит је мања од 3 €/m³, или 1-1,5 € по трупцу). При томе, треба имати у виду да би се приликом преузимања сортимената у сировом стању влажности одбило још 2-3% запремине резане грађе као компензација утезању, што би додатно умањило добит.

Значи, готово трећина трупаца прерађених током истраживања негативно је утицала на успешност прераде. При томе треба имати у виду да се приликом формирања узорка водило рачуна да обла грађа буде здрава и без вишеструке закривљености. Може се претпоставити да би се укључивањем закривљених и

трупаца са присуством трулежи, загушености и других грешака које се често могу наћи на буковини добили још лошији резултати.

У оваквој ситуацији, сваки поремећај или промена параметара на тржишту могу негативно да утичу на рентабилност прераде букових пиланских трупаца. У скоријој будућности, са приближавањем државе учлањењу у Европску унију, могу се очекивати потези који би довели до отварања тржишта трупаца, што би изазвало повећање цена обловине услед присуства страних купаца који би могли више да је плате. До пораста цена може доћи и из других разлога, као што су преузете обавезе државе везане за производњу енергије и примену горива из обновљивих извора (чиме би могла порастати цена огревног дрвета, а онда и техничког) или урачунавање трошкова сертификације шума, њиховог отварања или шумљевања (у циљу регулисања емисије CO₂) и слично. Осим цена, може се очекивати и пораст трошкова транспорта, било због цена горива, било због већих транспортних дистанци које могу бити последица недостатка сировине на одређеном подручју услед њене продаје великим или страним купцима. Такође, може се очекивати и скок цена енергије, али и пореза и радне снаге. Осим пораста трошкова, на рентабилност прераде утичу и цене добијених производа, а оне би у случају потпуног отварања тржишта (али и из других разлога) могле пасти.

Имајући све наведено у виду, у наредном периоду је потребно предузети одговарајуће мере да се пиланска прерада букових трупаца (а са њом и део дрвне индустрије) одржи. У супротном би се могло доћи у ситуацију да се извозе трупци или, у најгорем сценарију, да на крају испадне да је најбољи начин утрощка дрвета – његово сагоревање.

На основу свега наведеног, по оригиналној методологији развијеној за потребе овог рада добијени су следећи најважнији закључци:

- Укупно квантитативно искоришћење букове пиланске обловине расте са повећањем пречника и квалитета трупаца и креће се у распону од 47,32% до 63,32%;

- Пречник и квалитет обловине позитивно утичу на количину неокрајчене резане грађе. Учешће срчанице се повећава са повећањем пречника трупца, а количина ситних сортимената расте са падом квалитета сировине. Остале зависности везане за сортиментну структуру нису јасно дефинисане;
- Учешће радијалних, полуредијалних и тангенцијалних сортимената не зависи од пречника и квалитета обловине. Код свих испитиваних група доминирају тангенцијални сортименти, док су радијални и полуредијални заступљени у приближној мери;
- Квалитет добијених сортимената се повећава са пречником и квалитетом обловине из које су израђени, али се наведена зависност није могла потпуно дефинисати због израде сортимената према квалитативним захтевима различитих тржишта.
- Израда окрајчене резане грађе за различита тржишта узрокује разлике у сортиментној структури, али не и у квантитативном и вредносном искоришћењу. Применом квалитативних норматива уобичајених за италијанско тржиште добија се мање окрајчене резане грађе, а више ситних пиланских сортимената него у случају примене норматива са египатског тржишта. Економски ефекти израде окрајчене резане грађе за различита тржишта су приближни;
- Запремина просечног сортимента из трупца повезана је са количином посла у преради и наведена зависност, преко коефицијента сложености прераде, може се користити у рачунању вредносног искоришћења и добити;
- Величина добити не зависи од квалитета, већ само од пречника обловине која се прерађује. Добит има велику варијацију и у свакој од група трупца забележени су трупци који су нерентабилни за прераду или су на граници рентабилности

9. ПРЕПОРУКЕ ЗА ДАЉА ИСТРАЖИВАЊА

Приликом истраживања искоришћења букове пиланске сировине, појавиле су се одређене недоумице и отворила нека питања на које се није могао дати потпун одговор. Ту свакако спада одређивање тачне запремине букових трупца, затим начин рачунања запремине споредних производа, као и један број параметара који утичу на рентабилност прераде.

Израчунавање запремине букових трупца је значајно јер се у односу на ову запремину изражавају сви показатељи прераде (искоришћење, капацитети примарних машина, трошкови, добит...). У пракси се за прорачун најчешће користи Хуберова формула која даје нешто ниже вредности, али се претпоставља да би (због губитка времена у примени секционе методе, или скупе технологије за скенирање) увођење прецизнијег начина мерења било скупље од ефекта које би се тиме остварили. До прецизног начина рачунања запремине трупца могло би се доћи истраживањима везаним за облик букове обловине, али треба истражити и могућности прорачуна на бази измерене масе и влажности.

Осим тога, имајући у виду све већи значај искоришћења споредних производа (отпадака), потребно је истражити могуће једноставније начине њиховог мерења и рачунања запремине. Ови подаци су важни ради рачунања параметара унутрашњег транспорта, прорачуна количине топлоте која се може обезбедити сагоревањем, али и у случају продаје споредних производа на све развијенијем тржишту, које се прилагођава новим трендовима (еколошка горива, зелена енергија – струја из дрвета...). У приказаној методологији, полазна тачка за структуру отпадака је прецизно одређена улазна количина трупца, али би се могли истражити и други модели, рецимо одређивање количине пиљевине на основу запремине пропиљака.

Имајући у виду да се показало да постоји утицај тржишта за које се израђује резана грађа на структуру пиланских сортимената, могла би се организовати додатна истраживања са циљем да се продубе сазнања о утицају пречника (проширивањем опсега и довршавањем посла на истраженим пречницима), али и дужине трупаца на искоришћење и структуру сортимената. Такође, могле би се истражити специфичности других тржишта, као и различити облици наменске прераде.

Истраживање је показало да рентабилност прераде букове обловине није на завидном нивоу. Ако се има у виду да је оно спроведено на обловини релативно доброг квалитета и адекватних димензија, поставља се питање рентабилности прераде нестандартних или презрелих трупаца, као и сировине из изданаčkih шума. У складу са тим, нејасно је у којој мери ће класична технологија моћи да одговори изазовима везаним за сировину и тржиште, али и да ли се инсталисање нових технолошких решења може исплатити, имајући у виду скромне могућности наших букових шума.

На крају, прикупљени материјал (снимци дасака и основе пиљења) могао би се користити у једном броју симулација у којима би се могли истраживати утицаји различитих типова процеса секундарне прераде (попречно – подужни, подужно – попречни и попречно – подужно – попречни) на искоришћење, или утицаји задатих спецификација сортимената на искоришћење, количину посла на машинама и слично.

10. ЛИТЕРАТУРА

1. Алексов И., Вукићевић М. (1988): "Прилог проучавању времена израде на трачној пили трупчари", Дрвна индустрија 39(9-10): 231-233, Загреб.
2. Araman P.A., Lin W., Kline D.E. (1995): "Research of Producing Green Dimension Directly From Hardwood Logs", Proceedings of the 23. Annual Hardwood Symposium "Advances in Hardwood Utilization: Following Profitability from the Woods Through Rough Dimension", North Carolina, May 17-20 1995., pp. 91-97, USDA/Forest Service - Southern Research Station.
3. Банковић С., Пантић Д. (2006): „Дендрометрија“, Шумарски факултет Универзитета у Београду.
4. Банковић С., Медаревић М., Пантић Д., Петровић Н., Шљукић Б., Обрадовић С. (2009): „Шумски фонд Републике Србије - стање и проблеми“, Гласник Шумарског факултета 100: 7-30, Београд.
5. Благоев Г. (2004): "Моделиране на разкрояването на трупи до фасонирани материали", Автореферат на дисертација за получаване на научната степен доктор на техническите науки, 71 стр., Специализиран научен съвет по лесотехнически науки при бак, София.
6. Bousquet D. (2001): "High-quality Wood from Low-quality Trees: Bolts/Short Logs", Peer-reviewed manuscript, Editing and design by Communication and Technology Resources, University of Vermont Extension, br 1393.
7. Buehlmann U., Kline D. E., Wiedenbeck J. K. (2009): "A Regression-Based Method for Estimating Rip-First Rough-Mill Lumber Yield", Forest Products Journal 59(11/12):48–55, Forest Products Society.
8. Buehlmann U., Thomas R.E. (2007): „Relationship between lumber yield and board marker accuracy in rip-first rough mills“, Holz als Roh- und Werkstoff, 65:43-48, Springer-Verlag.
9. Bhandarkar S. M., Faust T. D., Tang M. (1999): "CATALOG: a system for detection and rendering of internal log defects using computer tomography", Machine Vision and Applications 11: 171-190, Springer-Verlag.
10. Вукићевић М. (1989): "Истраживање стандардних времена захвата код трачне пиле трупчаре", Дрвна индустрија 40(9-10): 191-196, Загреб.
11. Вукићевић М., Главашки Ј. (1989): "Симулација процеса пиљења буковине са лажном срчевином помоћу рачунара", Шумарство 5: 35-43, Београд.
12. Vuorilehto J., Tulokas T. (2007): "On log rotation precision", Forest Products Journal 57(1/2):91–96, Forest Products Society.

13. Вучељић М. (1976): "Квантитативно и квалитативно искоришћење букових трупца при резању трачним пилама трупчарама по различитим равнима", магистарски рад, Шумарски факултет Београд.
14. Wang J., Goff W.A., Osborn L.E., Cook G.W. (2009): "Assessments of hardwood lumber edging, trimming, and grading practices of small sawmills in West Virginia", *Forest Products Journal* 59(5): 69–75, Forest Products Society.
15. Wernsdörfer H., Constant T., Mothe F., Badia M. A., Nepveu G., Seeling U. (2005): „Detailed analysis of the geometric relationship between external traits and the shape of red heartwood in beech trees (*Fagus sylvatica* L.)“, *Trees* 19: 482-491, Springer-Verlag.
16. Wessels C. B. (2009): „Cant sawing log positioning optimization: A simulation study“, *Forest Products Journal* 59(4): 17-22, Forest Products Society.
17. Winn M.F, Wynne R.H., Araman P.A. (2004): "ALOG: A spreadsheet-based program for generating artificial logs", *Forest Products Journal* 54(1): 62-66, Forest Products Society.
18. Glavonjić B., Vlosky R. P., Borlea G. F., Petrović S., Sretenović P. (2009): "The Wood Products Industry in the Western Balkan Region", *Forest Products Journal* 59(10): 98–111, Forest Products Society.
19. Gömöry D., Paule L., Brus R., Zhelev P., Tomović Z, Gračan J. (1999): "Genetic differentiation and phylogeny of beech on the Balkan peninsula", *J. Evol. Biol.* 12: 746-754, Blackwell Science LTD.
20. Gregić, M. (1982): "Iskorišćenje niskokvalitetne bukove pilanske oblovine piljenjem tračnim pilama na dva različita načina", skraćeni oblik magistarskog rada, Zbornik radova 1976-1980. godine, knjiga druga, "Istraživanja na području tehnologije masivnog drva, p. 1-8, Šumarski fakultet u Zagrebu, Zagreb.
21. Gupta, N.K., Schmoldt, D.L., Isaacson, B. (1999): "Tangential scanning of hardwood logs: developing an industrial computer tomography scanner", *Proceedings of the 11th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood*, pp. 131-139, USDA/Forest Service - Southern Research Station.
22. Eklund U. (2000): "Influencing factors on sawing accuracy in bandsawmill", *Holz als Roh- und Werkstoff*, Vol 58, No 1-2, str. 102-106, Springer-Verlag GmbH.
23. Здравковић В. (1988): "Симулација пиљења букових крајака", Гласник Шумарског факултета 70: 19-28, Шумарски факултет, Београд.
24. Зубчевић Р. (1973): "Утицајни фактори при изради грубих обрадака из niskokvalitetne bukove pilanske сировине", дисертација, Машински факултет у Сарајеву, Сарајево.

25. Zubčević R. (1983): "Utjecaj kvalitete i dimenzija bukovih trupaca na iskorišćenje", *Drвна industriја* 34(5-6): 131-136, Zagreb.
26. Ištvanіć J. (2003): "Pilanska obradba bukve (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoј", *Šumarski list* br. 7-8: 373-387.
27. Ištvanіć J., Beljo Lučić R., Jug M., Karan R. (2009): „Analysis of Factors Affecting Log Band Saw Capacity“, *Croatian Journal of Forest Engineering* 30 (1): 27-35 Šumarski fakultet u Zagrebu, Hrvatske šume, Zagreb, Hrvatska.
28. Ištvanіć J., Piljak K., Antonović A., Beljo Lučić R., Jambreković V., Pervan S. (2010): „The Theory and Mathematical Model Underlying the Radial Sawing Simulator—RadSawSim“, *Forest Products Journal* 60(1): 48-56, Forest Products Society.
29. Janák K. (2005): „Differences in volume of round timber caused by different determination methods“, *Дрвна индустрија* 56(4): 165-170, Загреб.
30. Janák K. (2007): „Differences in round wood measurements using electronic 2D and 3D systems and standard manual method“, *Дрвна индустрија* 58(3): 127-133, Загреб.
31. Јанковић Б., Прокић Д. (1968): "Испитивање распореда чворова код букових стабала у односу на узгојне типове шума и друге факторе", *Институт за шумарство и дрвну индустрију*, Београд.
32. Kazemi-Najafi S., Shalbafan A., Ebrahimi G. (2009): „Internal decay assessment in standing beech trees using ultrasonic velocity measurement“, *Eur J Forest Res* (2009) 128:345–350, Springer-Verlag.
33. Карапанцић Д., Марковић Н., Јовановић Н. (1974): "Хемијски састав дрвета балканске букве *Fagus moesiaca* са подручја Мајданпек" *Гласник Шумарског факултета*, серија Б, 46: 77-79, Шумарски факултет, Београд.
34. Карацић Д. (1981): "Проучавање узрока настанка лажног (црвеног) срца букве", *Шумарство* 1: 3-18, Београд.
35. Kline D.E., Araman P.A., Surak C. (2001): "Evaluation of an automated hardwood lumber grading system", *Proceedings of the Scan Tech 2001, The Ninth International Conference on Scanning Technology and Process Optimization for the Wood Industry*, pp. 141-151, USDA/Forest Service - Southern Research Station.
36. Кнежевић М. (1957): "Утицај повећаног паралелног крајчења дасака на проценат искоришћења", *Техника* 10: 219-226 (1611-1618), Београд.

37. Knoke T. (2003): „Predicting red heartwood formation in beech trees (*Fagus sylvatica* L.)“, Ecological Modelling 169: 163-179.
38. Knoke T., Schulz Wenderoth S. (2001): “Ein Ansatz zur Beschreibung von Wahrscheinlichkeit und Ausmaß der Farbkernbildung bei Buche (*Fagus sylvatica* L.)”, Forstw. Cbl. 120: 154-172, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin.
39. Knoke T., Stang S., Remler N., Seifert T. (2006): “Ranking the importance of quality variables for the price of high quality beech timber (*Fagus sylvatica* L.)”, Ann. For. Sci. 63: 399-413, EDP Sciences.
40. Lin W., Kline D.E., Araman P.A., Wiedenbeck, J.K. (1995a): "Design of Log-To-Dimension Manufacturing Systems Using System Simulation", Forest Products Journal 45(3): 37-44, USDA/Forest Service - Southern Research Station.
41. Lin W., Kline D.E., Araman P.A., Wiedenbeck, J.K. (1995b): "Producing Hardwood Dimension Parts Directly From Logs: An Economic Feasibility Study", Forest Products Journal 45(6): 38-46, USDA/Forest Service - Southern Research Station.
42. Ловрић А. (2008): „Утицај основа пиљења на искоришћење јелове обловине“, магистарски рад, Шумарски факултет, Београд.
43. Лукић Симоновић Н. (1971): "Прилог испитивању технолошких својстава буковине у Југославији (досадашња испитивања)", Шумарство бр. 7-8: 41-54, Београд.
44. Lundahl C. G., A. Grönlund (2010): „Increased Yield in Sawmills by Applying Alternate Rotation and Lateral Positioning“, Forest Products Journal 60(4): 331-338, Forest Products Society.
45. Mandić M., Todorović N., Popadić R., Danon G. (2010.): „Impact of thermal modification and technological parameters of processing on cutting powers in milling wood processing“, рад изложен на “FIRST SERBIAN FORESTRY CONGRESS – FUTURE WITH FORESTS“, CD izdanje, 11-13 novembar 2010, Šumarski fakultet, Beograd.
46. Маринковић П. (1977): „Унутрашњи транспорт – I део“, Шумарски факултет – Институт за прераду дрвета, Београд.
47. Meimban R.J., Mendoza G.A., Araman P., Luppold W. (1992): "A Simulation Model for a Hardwood Sawmill Decision Support System", The International Journal of Forest Engineering Vol. 4(1): 39-47.
48. Николић М. (1990): "Одређивање количине дрвета мерењем по маси", Шумарство бр. 1: 3-10, Београд.

49. Николић М. (1994): "Прерада дрвета на пиланама", СИТШИПДРС, Београд.
50. Николић С. (1971): "Прилог проучавању величине и узрока појаве лажне срчевине букве на Гочу", Гласник Шумарског факултета, серија А, бр. 38: 49-59, Шумарски факултет, Београд.
51. Ozcelik R., Wiant H.V. Jr., Brooks J. R. (2006): „Estimating log volumes of three tree species in Turkey by six formulae“, Forest Products Journal 56(11/12): 84-86, Forest Products Society.
52. Osceña L.G., Schmoldt D.L, Araman P. (1996): "Computer-Integrated Breakdown of Hardwood Sawlogs", Proceedings of the 24th Annual Hardwood Symposium, pp. 81-85, High Hampton Inn Cashiers, North Carolina, May 8-11.
53. Patterson D.W., Doruska P.F. (2004): „A new and improved modification to Smalian's equation for butt logs“ Forest Products Journal 54(4):69-72, Forest Products Society.
54. Patterson D.W., Doruska P.F., Hartley J., Hurd M. (2007): „Validating the Patterson and Doruska equation for estimating the volume of hardwood butt logs“, Forest Products Journal 57(1/2): 67-70, Forest Products Society.
55. Petutschnigg A.J., Katz H (2005): „A loglinear model to predict lumber quality depending on quality parameters of logs“, Holz als Roh- und Werkstoff, 63:112-117, Springer-Verlag
56. Pinto I., Knapic S., Pereira H., Usenius A. (2006): “Simulated and realised industrial yields in sawing of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.)”, Holz als Roh- und Werkstoff 64: 30–36.
57. Попадић Р (2006): "Утицај основа примарног пиљења на искоришћење букове обловине и сортиментну структуру резане грађе", магистарски рад, Шумарски факултет, Београд.
58. Попадић Р., Тодоровић Н. (2008): „Утицај високотемпературног третмана на нека физичка својства буковог дрвета“, Прерада дрвета 23: 5-9, Шумарски факултет, Београд.
59. Попадић Р., Тодоровић Н. (2009): „Утицај начина примарног пиљења и квалитета букове обловине на учешће радијалних, полуредијалних и тангенцијалних сортимената“, Прерада дрвета 28: 28-34, Шумарски факултет, Београд.
60. Popadić R., Todorović N., Popović Z., Đukić U. (2010): „Compressive strength and Brinell hardness of thermally modified beech wood“ rad izložen na “FIRST SERBIAN FORESTRY CONGRESS – FUTURE WITH FORESTS“, CD izdanje, 11-13 novembar 2010, Šumarski fakultet, Beograd.

61. Поповић З., Тодоровић Н. (2004): „Основна механичка својства буковине из изданаких шума Г.Ј. 'Црни Врх - Купиново“ Гласник Шумарског факултета 90: 141-153, Београд.
62. Поповић З., Тодоровић Н. (2004): „Основна физичка својства буковине из изданаких шума Г.Ј. Црни Врх-Купиново“, Шумарство вол. 56(1-2): 49-60, Београд.
63. Поповић З., Тодоровић Н. (2005): „Чврстоћа и тврдоћа буковог дрвета из изданаких шума Г.Ј. Црни Врх – Купиново“, Шумарство, вол. 57(1-2): 69-80, Београд.
64. Поповић З., Тодоровић Н. Попадић Р., Нешовановић Б. (2010): „Утицај високотемпературног третмана на нека својства буковог дрвета из белјике и лажне срчевине“, Прерада дрвета 29: 5-14, Шумарски факултет, Београд.
65. Поповић З., Шошкић Б. (1992): "О неким физичким својствима домаће букве", Шумарство бр. 2, Београд.
66. Поповић З., Шошкић Б., Тодоровић Н. (2003): "Искоришћење буковог дрвета при једнофазној пиланској преради", Прерада дрвета 3-4: 17-21, Београд.
67. Prekrat S., Župčić I., Ištvančić J. (2004): „Неправа срџ буковине - предност у рационалној преради и примјени“, Дрвна индустрија 55(2): 91-96, Загреб.
68. Rappold P. M., Kline D. E., Bond B. H., Wiedenbeck J. K. (2009): “Reciprocal estimation of the raw material cost of producing hardwood lumber using the principles of activity-based costing”, Forest Products Journal 59(7/8): 84–90, Forest Products Society.
69. Rebula E. (2004): "Prispevek k poznavanju pojavnosti, velikosti in deleža rdečega srca pri bukvi", Gozdarski vestnik, 62/2004, No. 5-6.
70. Regalgado C., Kline D.E., Araman P.A. (1992): "Optimum Eging and Trimming of Hardwood", Forest Products Journal 42(2): 8-14, Forest Products Research Society.
71. Richards D.B., Adkins W.K., Hallock H., Bulgrin E.H. (1979): "Simulation of hardwood log sawing", Res. Pap. FPL-355. Madison, WI: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 7 pages.
72. Richards D.B., Adkins W.K., Hallock H., Bulgrin E.H. (1980): "Lumber values from computerized simulation of hardwood log sawing", Res. Pap. FPL-356. Madison, WI: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 28 pages.

73. Sarigul E., Abbot A.L., Schmoldt D.L. (2003): "Interactive machine learning for postprocessing CT images of hardwood logs", Proceedings of the 5th International Conference on Image Processing and Scanning of Wood, pp. 177-186, USDA/Forest Service - Southern Research Station.
74. Sarigul E., Abbot L., Schmoldt D.L. (2003): "Progress in analysis of computed tomography (CT) images of hardwood logs for defect detection", Proceedings of the Scan Tech 2003, The Tenth International Conference on Scanning Technology and Process Optimization in the Wood Industry, pp. 19-30, USDA/Forest Service - Southern Research Station.
75. Скакић Д. (1985): "Искоришћење букове сировине при изради елемената за столове и столице", докторска дисертација, Шумарски факултет у Београду, Београд.
76. Skatter S., Hoibo O. A., Gjerdrum P. (1998): „Simulated yield in a sawmill using different measurement technologies“, Holz als Roh- und Werkstoff 56: 267-274, Springer-Verlag.
77. Steele P.H. (1984): "Factors Determining Lumber Recovery in Sawmilling", Gen. Tech. Rep. FPL-39. Madison, WI: US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 8 p.
78. Steele P.H., Wagner F.G., Kumar L., Araman P.A. (1992): "Influence of Lumber Volume Maximization in Sawing Hardwood Sawlogs", Proceedings of the All Division 5 Conference "Forest Products" IUFRO, Vol. 2, Summary, pp. 876, Nancy, France, 23-28 avgust 1992.
79. Steele P.H., Wagner F.G., Kumar L., Araman P.A. (1993): "Influence of Lumber Volume Maximization in Sawing Hardwood Sawlogs", Proceedings of the Forest Industries 21st Wood Technology Clinic Show, pp. 1-26, USDA/Forest Service - Southern Research Station.
80. Steele P.H., Wagner F.G., Kumar L., Araman P.A. (1993): "The Value Versus Volume Yield Problem for Live-Sawn Hardwood Sawlogs", Forest Products Journal 43(9): 35-40, Forest Products Society.
81. Стефановски В., Рабадиски Б., Полежина М. (1993): "Прилог кон проучавањето на некои технолошки параметри при бичење на трупци од бука на гатер и лентовидна пила", Годишен зборник на Шумарскиот факултет на Универзитетот "Св. Кирил и Методиј" - Скопје, pp. 5-24.
82. Shepley B.P., Wiedenbeck J. , Smith R.L. (2004): "Opportunities for expanded and higher value utilization of No. 3A Common hardwood lumber", Forest Products Journal 54 (9): 77-85, US Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station.

83. Schmoldt D.L. (1992): "Automation for Primary Processing of Hardwoods", Proceedings of the Statistical Methods, Mathematics and Computers IUFRO, Berlin 30.8.-4.9.1992., pp. 103-111.
84. Schmoldt D.L. (2000): " Internal log scanning: Research to reality", Proceedings of the 28th Annual Hardwood Symposium "West Virginia Now - The Future For The Hardwood Industry?", Davis, West Virginia, 11-13.5.2000., pp. 103-114.
85. Schmoldt D.L., Song H., Araman P.A. (2001): "Real-time value optimization of edging and trimming operations for rough, green hardwood lumber ", Proceedings of the Scan Tech 2001, The Ninth International Conference on Scanning Technology and Process Optimization for the Wood Industry, pp. 87-100, USDA/Forest Service - Southern Research Station.
86. Tanušev V., Ištvanić J., Moro M., Butković J. (2009): „Iskorišćenje pri izradi grubih drvnih elemenata iz bukovich (*Fagus sylvatica* L.) trupaca manjih promjera i niže kvalitete“, Šumarski list 9-10: 483-492, Zagreb.
87. Тержан Н. (1969): "Проучавање хемијског састава зрелог ткива и ткива лажног срца букве - *Fagus moesiaca*", Шумарство 11-12: 58-61, Београд.
88. Todorović N., Popadić R., Popović Z., Đukić U. (2010.): „Bending strength and modulus of elasticity of thermally modified beech wood“ rad izložen na “FIRST SERBIAN FORESTRY CONGRESS – FUTURE WITH FORESTS“, CD izdanje, 11-13 novembar 2010, Šumarski fakultet, Beograd.
89. Todoroki C. (2003): "Accuracy considerations when optimally sawing pruned logs: internal defects and sawing precision", Nondestructive Testing And Evaluation, 19(1-2): 29-41, Taylor & Francis.
90. Todoroki C. L., Monserud R. A., Parry D. L. (2005): “Predicting internal lumber grade from log surface knots: Actual and simulated results“, Forest Products Journal 55(6): 38-47, Forest Products Society.
91. Todoroki C. L., Monserud R. A., Parry D. L. (2007): „Lumber volume and value from elliptical western hemlock logs“, Forest Products Journal 57(7/8):76–82, Forest Products Society.
92. Tong Q.J., Zhang S.Y. (2008): „A correction model for estimating jack pine tree-level lumber recovery accurately using forest inventory data“, Forest Products Journal 58(3): 65-70, Forest Products Society.
93. Thawornwong S., Oceaña L.G., Schmoldt D.L. (2003): "Lumber value differences from reduced CT spatial resolution and simulated log sawing", Computers and electronics in agriculture 41: 23-43, Elsevier Science B.V.

94. Thomas L., Shaffer C. A., Mili L., Thomas E. (2007): "Automated detection of severe surface defects on barked hardwood logs", *Forest Products Journal* 57(4):50–56, Forest Products Society.
95. Flodin J., Oja J., Grönlund A. (2008): „Fingerprint traceability of sawn products using industrial measurement systems for x-ray log scanning and sawn timber surface scanning“, *Forest Products Journal* 58(11): 100-105, Forest Products Society.
96. Francescato V., Antonini E., Zuccoli Bergomi L. (2008): Priručnik o gorivima iz drvne biomase – proizvodnja, zahtjevi kvalitete, trgovina”, Prevod: Mr. sc. Velimir Šegon, Karlo Rajić, dipl. ing., Mihaela Kovačić Kunštek, Regionalna energetska agencija Sjeverozapadne Hrvatske.
97. Halabe U.B., Gopalakrishnan B., Jadeja J. (2011): „Advanced lumber manufacturing model for increasing yield in sawmills using GPR-based defect detection sistem“, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, Published online: 26. February 2011, Springer-Verlag London.
98. Hallock H., Stern A.R., Lewis D.W. (1978): "Is There a "Best" Sawing Method?", Res. Pap. FPL-280, Madison, WI: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 11 p.
99. Hapla F., Ohnesorge D. (2005): "Modelling of the sawn timber yield of beech logs with regard to the dimension and red heart proportion", "BROAD SPECTRUM UTILISATION OF WOOD", Cost Action E44 Conference in Vienna, 14. – 15. 6. 2005.
100. Horvat Z. (1983): "Problematika namjenske prerade hrastovine i bukovine", *Bilten ZIDI* 11 (3), str. 13-25, Šumarski fakultet Zagreb, Zagreb.
101. Hou Z. Q., Wei Q., Zhang S.Y. (2009): „Predicting density of green logs using the computed tomography technique“, *Forest Products Journal* 59(5): 53-57, Forest Products Society.
102. Hoff K. (2000): "Limitations of lumber-yield nomograms for predicting lumber requirements", Gen. Tech. Rep. NE-270, Radnor, 8 p.
103. Clément C. E., Bond B. H. (2005): „The effects of lumber width on part yields in gang-rip-first rough mills“, *Forest Products Journal* 55(6):90–96, Forest Products Society.
104. Clement C., Lihra T., Gazo R., Beauregard R. (2006): „Maximizing lumber use: The effect of manufacturing defects on yield, a case study“, *Forest Products Journal* 56(1): 60-65, Forest Products Society.

105. Chang S. J., Cooper C., Guddanti S. (2005): „Effects of the log’s rotational orientation and the depth of the opening cut on the value of lumber produced in sawing hardwood logs“, For. Prod. Journal 55(10): 49-55, Forest Products Society.
106. Chang S. J., Gazo R. (2009): „Measuring the Effect of Internal Log Defect Scanning on the Value of Lumber Produced“, Forest Products Journal 59(11/12): 56-59, Forest Products Society.
107. Шкаљић Н. (2002): "Симулирано пиљење квалитетних букових трупаца у зависности од положаја и величине неправе сржи", Магистарски рад, Машински факултет Универзитета у Сарајеву, Сарајево.
108. Шошкић Б. (1983): "Утицај аксијалног облика и распореда квалитетних зона нестандардне букове обловине на технологију и искоришћење", Дрвна индустрија 34(7-8): 197-200, Загреб.
109. Шошкић Б. (1984) „Утицај парења на својства дрвета букве“, Шумарство 3-4: 3-19, Београд.
110. Шошкић Б. (1986): "Промена облика резаних сортимената у зависности од технолошког процеса пиланске прераде и њен значај за финалну прераду дрвета", Шумарство 3-4: 31-38, Београд.
111. Шошкић Б. (1988): "Искоришћење сировине у технолошким процесима прераде дрвета", рад изложен и штампан у материјалима саветовања на Тари, марта 1988., интерна документација Катедре примарне прераде дрвета, Шумарски факултет у Београду, 10 р.
112. Шошкић Б., Милић Г. (2005): "Утицај квалитета букових трупаца на искоришћење при пиланској преради", Прерада дрвета 12: 15-22, Београд.
113. Шошкић Б., Поповић З. (1992): "Варијација учешћа и својстава коре неких домаћих врста дрвећа", Дрварски гласник 1: 3-9, Београд.
114. Шошкић Б., Поповић З. (2002): "Својства дрвета", Шумарски факултет, Београд.
115. Шошкић Б., Поповић З., Поподић Р. (1994): "Варијација густине најважнијих домаћих индустријских врста дрвета", Дрварски гласник 10-11: 3-7, Београд.
116. Шошкић Б., Скакић Д. (1995): "Својства и наменска прерада буковине", монографија, 152 р., Шумарски факултет, Београд.
117. Шошкић Б., Тодоровић Н., Поповић З. (2004): "Прерада буковог дрвета на пиланама - Прилог истраживању квантитативног и квалитативног искоришћења буковине у пиланској преради", Прерада дрвета бр. 7-8: 11-16, Београд.

118. Xu P. (2010): „Should we consider a new approach? Detecting grain deviation, caused by knots within stems“, For. Stud. China, 12(2): 101-105, Beijing Forestry University and Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
119. "Буква у Србији", монографија, Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Шумарски факултет Универзитета у Београду, главни уредник др Љ. Стојановић, Београд, 2005.
120. Zaključno priopćenje sa „4. kongresa pilanara jugoistočne Europe“, održanog 30. 10. 2013. u Slavonskom Brodu, Hrvatska, radna verzija, www.kongres-pilanara.com.
121. Републички завод за статистику Србије (2009): „Статистички билтен – Шумарство у Републици Србији, 2008.“, Београд.
122. Републички завод за статистику Србије (2010): „Статистички билтен – Шумарство у Републици Србији, 2009.“, Београд.
123. Републички завод за статистику Србије (2011): „Статистички билтен – Шумарство у Републици Србији, 2010.“, Београд.
124. Републички завод за статистику Србије (2012): „Статистички билтен – Шумарство у Републици Србији, 2011.“, Београд.
125. Републички завод за статистику Србије (2012): „Сеча дрвета у Републици Србији, 2011.“, Саопштење бр. 132, Београд.
126. Републички завод за статистику Србије (2012): „Статистички годишњак Републике Србије 2012“, Београд.
127. Републички завод за статистику Србије: База података.
128. Стандард ЈУС Д.Б4.028 (1979): „Групци лишћара за резање“, Југословенски завод за стандардизацију.
129. Стандард ЈУС Д.Ц1.022 (1982): „Резана букова грађа“, Југословенски завод за стандардизацију.
130. Стандард ЈУС Д.Б0.022 (1984): „Разврставање и мерење обрађеног и необрађеног дрвета“, Југословенски завод за стандардизацију.
131. FAO Corporate Document Repository (1990): „Energy conservation in the mechanical forest industries“, URL: <http://www.fao.org/docrep/T0269E/T0269E00.htm>, ISSN: 0259-2800, FAO Forestry Paper.

132. FAO (2012a): „FOREST PRODUCTS ANNUAL MARKET REVIEW 2010-2011“, Geneva Timber and Forest Study Paper 27, Forestry and Timber Section, Geneva, Switzerland.
133. FAO (2012b): “State of the World’s Forests 2012”, 21th session of the Committee on Forestry, Rome, Italy, 24-28 September 2012.
134. FAO (2012c): „SUPPORTING SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT THROUGH GLOBAL FOREST RESOURCES ASSESSMENT: LONG-TERM STRATEGY 2012-2030“, 21th session of the Committee on Forestry, Rome, Italy, 24-28 September 2012.

БИОГРАФИЈА АУТОРА И ПРИЛОЗИ

Биографија аутора

Ранко Попадић је рођен у Београду, 19. августа 1965. године. По завршеној основној и средњој школи уписао је Шумарски факултет, Одсек за обраду дрвета и отпочео редовне студије школске 1985/86. године. Апсолвирао је 1990, а дипломски рад одбранио 1992. године са оценом 10. Просечна оцена у току основних студија износила је 8,27.

У оквиру програма запошљавања талената, који је финансиран од стране Фонда за запошљавање, од 1993. до 1995. године радио је на Шумарском факултету, на Катедри примарне прераде дрвета, као стручни сарадник. Од 1996. је на предмету "Прерада дрвета на пиланама" и то као асистент приправник, стручни сарадник, или као асистент.

Последипломске студије на ужој научној области Примарна прерада дрвета уписао је школске 1993/94 године и положио све програмом прописане испите са оценом 10. Магистарски рад под насловом "Утицај основа примарног пиљења на искоришћење букове обловине и сортиментну структуру резане грађе" одбранио је 27. октобра 2006. године.

Кандидат је објавио укупно 21 научни, 3 стручна рада, 10 технолошких пројеката, једно поглавље у монографији, магистарски рад, а учествовао је у реализацији 4 научна пројекта.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а _____ Ранко Попадић _____

број индекса _____ - _____

Изјављујем

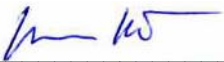
да је докторска дисертација под насловом

“ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА ПРЕЧНИКА И КВАЛИТЕТА БУКОВЕ ОБЛОВИНЕ
НА КОЛИЧИНУ ГЛАВНИХ И СПОРЕДНИХ ПРОИЗВОДА У ПИЛАНСКОЈ
ПРЕРАДИ ДРВЕТА”

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Београду, 10.01.2014.

Потпис докторанда



Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Ранко Попадић

Број индекса _____ - _____

Студијски програм _____

Наслов рада "ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА ПРЕЧНИКА И КВАЛИТЕТА БУКОВЕ
ОБЛОВИНЕ НА КОЛИЧИНУ ГЛАВНИХ И СПОРЕДНИХ ПРОИЗВОДА У
ПИЛАНСКОЈ ПРЕРАДИ ДРВЕТА"

Ментор Др Бранко Колин

Потписани/а Ранко Попадић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 10.01.2014.



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

“ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА ПРЕЧНИКА И КВАЛИТЕТА БУКОВЕ ОБЛОВИНЕ НА КОЛИЧИНУ ГЛАВНИХ И СПОРЕДНИХ ПРОИЗВОДА У ПИЛАНСКОЈ ПРАРАДИ ДРВЕТА”

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 10.01.2014.

