

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Душко М. Чуковић

**МОГУЋНОСТ ПРИМЈЕНЕ  
АЕРОФОТОГРАМЕТРИЈЕ  
ПРИ УРЕЂАЈНОЈ (САСТОЈИНСКОЈ)  
ИНВЕНТУРИ ШУМА  
У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ**

докторска дисертација

Београд, 2018

UNIVERSITY OF BELGRADE

FAKULTY OF FORESTRY

Duško M. Čuković

**THE POSSIBILITY OF  
AEROPHOTOGRAMMETRY  
APPLICATION IN  
FOREST STAND INVENTORY  
IN THE REPUBLIC OF SRPSKA**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2018

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**  
**ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ**

**МЕНТОР:**

Др Дамјан Пантић, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета

**ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:**

Др Милан Медаревић, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета

Др Милан Јанић, ванредни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета

Др Предраг Алексић, научни сарадник, биотехничке науке - шумарство, ЈП „Србијашуме”, Београд

**ДАТУМ ОДБРАНЕ:**

\_\_\_\_\_

## УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ – ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

### 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 Душко Чуковић, дипломирани инжењер шумарства
Ментор (МН)	Др Дамјан Пантић, редовни професор
Наслов рада (НР)	Могућност примјене аерофотограметрије при уређајној (састојинској) инвентури шума у Републици Српској
Језик публикације (ЈП)	Српски – ћирилица
Језик извода (ЈИ)	Српски/енглески
Земља публикације (ЗП)	Република Србија
Географско подручје (ГП)	Србија
Година издавања (ГИ)	2018.
Издавач (ИЗ)	Ауторски репринт
Мјесто издавања и адреса (МС)	Београд, Кнеза Вишеслава 1
Физички обим рада (ФО) број поглавља/страна/ литературних извора/ табела/графикона/ слика/прилога	9 / 12+206+38+4 / 174 / 153 / 40 / 11 / 6
Научна област (НО)	Шумарство
Научна дисциплина (ДИС)	Дендрометрија
Предметна одредница/ Кључне ријечи (ПО)	даљинска детекција, аерофотограметрија, фотоинтерпретација, стереомодел, састојинска инвентура шума, тотални и дјелимични премјер, тачност и прецизност, утрошак времена, употребљивост
УДК	630*58(497.6 Република Српска)(043.3)
Чува се (ЧУ)	Библиотека Шумарског факултета Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд, Република Србија
Важна напомена (ВН)	Нема
Датум прихватања теме (ДП)	Одлука ННВ Шумарског факултета број 01-7959/1 од 03. 10. 2011. године; Одлука Већа научних области биотехничких наука 02 број 06-7311/27 МЦ, од 09. 11. 2011. године
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)	Doctoral Dissertation
Author (AU)	M.Sc. Duško Čuković, Dipl. Ing. Forestry
Mentor (MN)	Ph.D. Damjan Pantić, Full Professor
Title (TI)	The Possibility of Aerophotogrammetry Application in Forest Stand Inventory in the Republic of Srpska
Language of Text (LT)	Serbian – Cyrillic Alphabet
Language of Abstract (LA)	Serbian/English
Country of Publication (CP)	Republic of Serbia
Locality of Publication (LP)	Serbia
Publication Year (PY)	2018.
Publisher (PB)	Author's Reprint
Publication Place (PL)	Belgrade, Kneza Višeslava 1
Physical Description (PD) Number of Chapters/ Pages/Citations/ Tables/Diagrams/ Images/Annexes	9 / 12+206+38+4 / 174 / 153 / 40 / 11 / 6
Science Field (SF)	Forestry
Science Discipline (SD)	Dendrometry
Subject/Key Words (CX)	Remote Sensing, Aerophotogrammetry, Photointerpretation, Stereomodel, Forest Stand Inventory, Total and Partial Inventory, Accuracy and Precision, Time Consumption, Usability
UDC	630*58(497.6 Republic of Srpska)(043.3)
Holding Data (HD)	Library of Faculty of Forestry Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Republic of Serbia
Note (N)	None
Accepted by Scientific Board on (ACB)	Decision of Academic-Scientific Council of Faculty of Forestry, No. 01-7959/1, from 03. 10. 2011; Decision of Professional Board of Biotechnical Sciences, 02 No. 06-7311/27 MC, from 09. 11. 2011.
Defended on (DE)	

**МОГУЋНОСТ ПРИМЈЕНЕ АЕРОФОТОГРАМЕТРИЈЕ  
ПРИ УРЕЂАЈНОЈ (САСТОЈИНСКОЈ) ИНВЕНТУРИ ШУМА  
У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ**

**ИЗВОД**

Системи и поступци прикупљања информација о шумским екосистемима примјењивани у досадашњој пракси уређивања шума у Босни и Херцеговини, а тиме и Републици Српској, ослањали су се у потпуности на терестричку инвентуру шума.

Искуства сјеверноамеричких и европских земаља развијеног шумарства позитивно говоре о могућности примјене даљинске детекције и аерофотограметрије приликом практичног уређивања шума.

Даљинска детекција може се дефинисати као вјештина и знање добијања информација о неком објекту или појави на Земљиној површини без физичког контакта мјерних инструмената с објектом, односно истраживаном појавом. Она укључују све активности око сакупљања, обраде, анализе и интерпретације добијених информација из података прикупљених тим истраживањима.

Фотограметрија је грана даљинске детекције помоћу које се, на основу фотограметријских снимака – фотограма, добијају облик, димензије и положај сниманог објекта.

Помоћу даљинске детекције и аерофотограметрије, примјеном различитих платформи и сензора, могу се добити квалитативне и квантитативне информације употребљиве у другим шумарским дисциплинама (планирању газдовања шумама, заштити шума, гајењу шума, коришћењу шума).

Резултати ових истраживања у доброј мјери потврђују претходну констатацију и имплицирају могућност примјене аерофотограметрије у састојинској (уређајној) инвентури шума у Републици Српској.

Тачност процјене броја стабала добијеног фотоинтерпретацијом аероснимака заостаје за тачношћу процјене овог елемента добијеног терестрички – дјелимичним премјером, док су подаци о тачности и прецизности процјене осталих нумеричких елемената (темељнице, запремине, запреминског прираста) у нивоу података добијених дјелимичним премјером.

Узрок овој, условно речено, контрадикторности лежи у чињеници да су у стереомоделу успјешно идентификована стабла већих димензија за која је

везан највећи дио темељнице, запремине и запреминског прираста састојине, што је за посљедицу имало мале разлике вриједности ових елемената у односу на вриједности добијене дјелимичним премјером. Ово је нарочито изражено у структурно разнодобним и пребирним састојинама, као и у слојевитим (вишеспратним) једнодобним састојинама.

Премјер на основу аероснимака показао се економичнијим у односу на терестричке методе премјера.

Компромисно рјешење за састојинску инвентуру шума у Републици Српској јесте комбинована инвентура, која у себи обједињава позитивна својства терестричке инвентуре и инвентуре на бази аероснимака обезбјеђујући тако поуздане и употребљиве информације добијене на економичан начин.

**Кључне ријечи:** даљинска детекција, аерофотограметрија, фотоинтерпретација, стереомодел, састојинска инвентура шума, тотални и дјелимични премјер, тачност и прецизност, утрошак времена, употребљивост

## **THE POSSIBILITY OF AEROPHOTOGRAMMETRY APPLICATION IN FOREST STAND INVENTORY IN THE REPUBLIC OF SRPSKA**

### **ABSTRACT**

The systems and procedures for gathering information on forest ecosystems applied in the previous practice of forest management in Bosnia and Herzegovina, and thus in the Republic of Srpska, relied entirely on the terrestrial forest inventory.

The experiences of the North American and European countries with developed forestry, refer positively to the possibility of using remote sensing and aerophotogrammetry in the practical forests management.

Remote sensing can be defined as the skill and knowledge of obtaining information about an object or occurrence on the Earth's surface without physical contact of measuring instruments with an object, that is, the examined phenomenon. It includes all activities related to the collection, processing, analysis and interpretation of the information obtained from the data collected in these studies.

Photogrammetry is a branch of remote sensing by which the shape, dimensions and position of the recorded object are obtained based on photogrammetric images – photograms.

By means of remote sensing and aerophotogrammetry, and using different platforms and sensors, qualitative and quantitative information can be obtained and used in other forestry disciplines (forest management, forest protection, silviculture, forests utilization).

The results of these studies have confirmed to a great extent the previous statement about aerophotogrammetry and imply the possibility of using aerophotogrammetry in the forest stand inventory in the Republic of Srpska.

The accuracy of the estimated number of trees obtained by photointerpretation of aerial photographs lags behind the accuracy of estimation of the element obtained by the terrestrial, that is, partial inventory, while the data on the accuracy and precision of the estimation of other numerical elements (basal area, volume, volume increment) are of the level of data obtained by partial inventory.

The reason for this contradiction lies in the fact that the stereomodel has successfully identified trees of larger dimensions in terms of the largest basal area, volume and volume increment of the stands, which resulted in small differences in the value of these elements with respect to the values obtained by the partial inventory. This is especially expressed in structurally diverse and selective stands, as well as in layered (multi-layered) even-aged stands.



The survey based on aerial photography proved to be more cost-effective than terrestrial inventory methods.

A compromise solution for the stand inventory of forests in the Republic of Srpska is a combined inventory, which combines the positive properties of terrestrial inventory and inventory based on aerial photography, providing both reliable and useful information obtained in a cost-effective way.

*Key words:* remote sensing, aerophotogrammetry, photointerpretation, stereo-model, forest stand inventory, total and partial inventory, accuracy and precision, time consumption, usability

## ПОПИС СКРАЋЕНИЦА, ОЗНАКА И СИМБОЛА

ALS	Ласерско скенирање из ваздуха
ANN	Вјештачка неуронска мрежа
CHM	Дигитални модел крошњи
$D$	Ширина (пречник) крошње
DAP	Дигитална аерофотограметрија
DSM	Дигитални модел површине
DTM	Дигитални модел терена
EME	Електромагнетна енергија
GPS	Сателитска навигација
InSAR	Радар са интерферометријском синтетичком апертуром
IR	Инфрацрвено зрачење
k-MSN	Непараметарска метода k-најсличнијих сусједа
k-NN	Непараметарска метода k-најближих сусједа
MS	Мултиспектрални снимак
NFI	Национална инвентура шума
NIR	Блиско инфрацрвено зрачење
Pan	Панхроматски снимак
$P_k$	Површина хоризонталне пројекције крошње
$p_{m\Delta}$	Процентуална грешка затварања бусолног полигоног влака
SAR	Радар са синтетичком апертуром
SLS	Ласерско скенирање из свемира
SWIR	Средње инфрацрвено зрачење
TIR	Термално-инфрацрвено зрачење
TLS	Ласерско скенирање са Земље
UAV	Беспилотне летјелице
UV	Ултраљубичасто зрачење
$\Delta$	Процентуално одступање мјерених величина
$\Delta_{d-t}$	Процентуална разлика између вриједности таксационих елемената добијених дјелимичним и тоталним премјером
$\Delta_{f-t}$	Процентуална разлика између вриједности таксационих елемената добијених фотоинтерпретацијом аероснимака и тоталним премјером
дп	Дјелимични премјер
тп	Тотални премјер
фи	Фотоинтерпретација аероснимака

## САДРЖАЈ

1. УВОД .....	1
1.1. Даљинска детекција .....	1
1.2. Фотографија .....	4
1.3. Фотограмetriја и фотоинтерпретација .....	9
1.4. LiDAR систем .....	12
1.5. RaDAR систем .....	14
1.6. Платформе .....	15
1.7. Вјештачка интелигенција .....	19
2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА .....	21
3. ПОВОД ЗА ИСТРАЖИВАЊЕ И ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ .....	41
4. ЗАДАЦИ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА .....	42
5. ОБЈЕКАТ ИСТРАЖИВАЊА .....	43
5.1. Основне карактеристике објекта истраживања .....	43
5.2. Станишне и састојинске карактеристике огледних површина .....	45
6. МЕТОД РАДА .....	60
6.1. Прикупљање података .....	60
6.1.1. Терестричко прикупљање података .....	60
6.1.2. Прикупљање података са аероснимака .....	63
6.2. Обрада података .....	65
6.2.1. Дендрометријска обрада података .....	65
6.2.2. Статистичка обрада података .....	69
6.2.3. Анализа времена .....	73
7. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА .....	75
7.1. Основни предуслови фотоинтерпретације аероснимака .....	75
7.1.1. Моделна стабла .....	75
7.1.2. Регресиони модели .....	82
7.1.2.1. Једноставни (прости) регресиони модели .....	82
7.1.2.2. Вишеструки (сложени) регресиони модели .....	86
7.2. Компаративна анализа структурних и производних карактеристика истраживаних састојина добијених по тестираним методама премјера .....	91
7.2.1. Вјештачки подигнута састојина смрче (ОП 1) .....	91
7.2.2. Вјештачки подигнута састојина црног бора (ОП 2) .....	98
7.2.3. Вјештачки подигнута састојина црног бора (ОП 3) .....	105
7.2.4. Висока једнодобна шума букве (ОП 4) .....	112
7.2.5. Висока једнодобна шума букве (ОП 5) .....	121
7.2.6. Висока разнодобна шума букве (ОП 6) .....	129

7.2.7. Висока разнодобна шума букве и јеле (ОП 7) .....	138
7.2.8. Висока разнодобна шума букве и горског јавора (ОП 8) .....	146
7.2.9. Пребирна шума букве и јеле са смрчком (ОП 9) .....	154
7.2.10.Пребирна шума букве и јеле са смрчком (ОП 10) .....	162
7.3. Компаративна анализа економичности тестираних метода премјера .....	171
7.3.1. Анализа времена .....	171
7.3.1.1. Структура радног времена .....	171
7.3.1.2. Оперативно вријеме .....	173
7.3.2. Употребљивост тестираних метода премјера .....	176
8. ДИСКУСИЈА .....	178
9. ЗАКЉУЧЦИ .....	191
ЛИТЕРАТУРА .....	194
ПРИЛОЗИ .....	207

## 1. УВОД

Дуги низ година снови о летењу били су одраз жеље да се буде што ближе Богу. Касније, овај сан је постао ствар ентузијазма и престижа, односно жеље да се буде „први”. Развој научних сазнања и технолошки напредак створили су услове да се 1783. године оствари први људски лет ваздушним балоном конструктора браће Монголфје (Mongolfier). Балон, израђен од памучног платна и облијепљен са обе стране папиром, био је испуњен топлим ваздухом добијеним паљењем суве сламе. Израдом балона од квалитетнијег материјала и употребом водоника и хелијума летови балоном постали су све сигурнији, а самим тим и све масовнији. Тако су створени услови да се, посматрањем Земље из ваздуха, дође до нових научних и техничких сазнања која се могу искористити у свакодневном животу.

У тексту који слиједи кратко ће бити описани историјски развој и основни принципи даљинске детекције.

### 1.1. Даљинска детекција

Даљинска детекција или даљинска истраживања (енг. *Remote Sensing*, фра. *Téledétection*, њем. *Fernerkundung*, рус. *дистанционные исследования*) дефинише се као посматрање и мјерење енергије и поларизационих карактеристика природног и рефлектованог зрачења елемената копна, океана и атмосфере, у различитим распонима електромагнетног зрачења, који помажу код описивања локацијских, природних и временских варијација природних ресурса Земље, као и вјештачки створених објеката и формација.<sup>1</sup>

Даљинска детекција може се поједностављено дефинисати као вјештина и знање добијања информација о неком објекту или појави без физичког контакта мјерних инструмената с објектом, односно истраживаном појавом (Oluić, 2001).

---

<sup>1</sup> Слободан превод дефиниције усвојене на Међународној конференцији о прикупљању и коришћењу података за даљинско истраживање Земље из свемира, одржане у Москви, 1978. године

Данашња даљинска детекција користи искључиво дигиталну технику снимања и фокусирана је на технике аутоматске, рачунарски подржане, интерпретације.

За научне раднике даљинска детекција представља снимање и мјерење електромагнетне енергије (ЕМЕ), рефлектоване, апсорбоване или емитоване од Земљине површине, те довођење у везу података мјерења с природним својствима објекта и појаве на Земљиној површини или у атмосфери. Дакле, даљинска детекција укључује два темељна аспекта: прикупљање података о објектима на Земљиној површини и анализу података са интерпретацијом (Oluć, 2001).

Термин даљинска детекција обухвата методе које се користе електромагнетном енергијом као средством за откривање и мјерење карактеристика објеката на Земљиној површини, а искључује електрична, магнетна и гравитациона мјерења којима се мјери снага поља а не електромагнетно зрачење (Gierloff-Emden, према Lapaine, Frančula, 2001).

За Земљину површину најважнији извор електромагнетног зрачења је Сунце. Интеракција сунчеве енергије с објектима у атмосфери и на површини Земље производи електромагнетну енергију која може бити:

- Одбијена (рефлектована) од атмосфере или објеката на Земљи,
- Распршена (диспергована) у атмосфери,
- Пропуштена (трансмитована) кроз атмосферу,
- Упијена (апсорбована) од објеката на Земљи,
- Исијана (емитована) од објеката на Земљи.

Трећина укупног зрачења Сунца одбија се од атмосфере и враћа у свемир. Остатак који уђе у атмосферу долази под утицај распршивача (молекуле гасова и аеросол – капљице водене паре и прашина). Свјетлост краћих таласних дужина (плава) распрши се 6-10 пута више него свјетлост дужих таласних дужина (црвена). Због тога је небо плаве боје. Остатак директног зрачења Сунца и небеска расвјета граде глобално зрачење које освјетљава површину Земље (Kraus, 2005).

Апсорпцијом дијела сунчеве енергије објекти на Земљиној површини се загријавају и поново зраче (исијавају) дио апсорбоване енергије као термалну инфрацрвену енергију (Oluić, 2001). Доказано је да свако тијело чија површина има температуру вишу од 0 K (-273 °C) представља извор електромагнетног зрачења (Lillesand et al., 2004).

Према Oluić (2001), таласне дужине електромагнетног спектра које се користе приликом даљинске детекције могу се подијелити на:

- Таласне дужине оптичког дијела спектра, у распону 300 – 16.000 nm,
- Радарски зраци таласних дужина 0,3 – 300 cm.

Главна подручја оптичког дијела спектра су:

А. Рефлектовано зрачење: 300 – 3.000 nm,

- Блиско ултраљубичасто зрачење: 300 – 400 nm,
- Видљиво зрачење: 400 – 700 nm,
- Рефлектовано инфрацрвено зрачење: 700 – 3.000 nm,
  - Блиско инфрацрвено зрачење: 700 – 1.300 nm,
  - Средње инфрацрвено зрачење: 1.300 – 3.000 nm.

Б. Емитовано зрачење или термална енергија: 3.000 – 16.000 nm.

Електромагнетни зраци краћих таласних дужина од 10 nm су космички зраци ( $\chi$  и  $\gamma$  зраци), а од 10 до 300 nm далеки и средње далеки ултраљубичасти зраци. Електромагнетни зраци дужи од 16.000 nm су микроталаси и радиоталаси.

С обзиром на примијењене сензоре, који су постављени на ваздушне или свемирске летјелице, постоје два основна облика даљинских истраживања: пасивни и активни (Oluić, 2001).

- Код пасивних система користе се природна рефлектована (Сунчева) или емитована (Земљина) зрачења таласних дужина 300 – 16.000 nm;
- Код активних система генерише се одређена количина енергије која се емитује у правцу објекта и освјетљава га, а рефлектовани дио енергије се прима и региструје (радар поступак).

## 1.2. Фотографија

Фотографија је сликање свјетлошћу (Kažić, 1996). У IV вијеку п.н.е. занимање за природу свјетла, независно један од другог, исказали су Аристотел (Грчка) и Мо Ти (Кина). У њиховим радовима пронађени су принципи на којима се заснива камера обскура (Camera obscura). Прикази кутије са веома малим отвором пронађени су у дјелима Ибн ал-Хајтама (Ibn al-Haytham), коме су били познати радови филозофа из старе Грчке. У радовима Леонарда да Винчија (1452 – 1519) пронађен је јасан опис пројекције слике кроз уски отвор у тамном простору, те је њему приписано откриће камере обскуре. Додавањем конкавних сочива на отвор, 1558. године, Ђовани Дела Порта (Giovanni Battista Della Porta) допринио је усавршавању камере обскуре. Јоханес Цан (Johannes Zahn), 1685. године, први описује камеру обскуру као преносиву кутију. Његова камера имала је огледало између сочива и мат стакла које преобраћа обрнуту слику у праву.

Откриће фотографије везано је за име Жозефа Ниепса (Joseph Nicéphore Niépce) који је, 1826. године, стаклену плочу премазану отопином јудејског битумена у лавандином уљу и петролеју експонирао у камери обскури. Прва фотографија носи назив *Поглед са балкона из Ле Грасеа*. Експонирање је веома дуго трајало, понекад и цијели дан. Овај поступак Ниепс је назвао **хелиографуром**. Ниепс је своја запажања пренио Жаку Дагеру (Jacques Louis Mande Daguerre) који је наставио започета истраживања. Користећи јодид сребра за премазивање стаклене плоче, живине паре за развијање и врући раствор кухињске соли за фиксирање слике, вријеме експонирања смањено је на 15 – 20 минута. Овај поступак назван је **дагеротипија**. Објелодањен је 1839. године након чега га је француска влада откупила и дала на располагање сваком ко је био заинтересован за њега (Kažić, 1996).

Вилиам Талбот (William Fox Talbot) је, 1841. године, патентирао поступак са развијањем и фиксирањем који је назвао **калотипија** (касније је овај поступак постао познат под називом **талботипија**). На папиру сензибилизваном нитратом сребра стварао је слику у камери обскури. Сliku је фиксирао калијум јодидом и натријум тиосулфатом. Због лошег квалитета



папира из тог времена слике су биле знатно грубље у односу на Дагерове. Зато овај поступак није сматран перспективним.

Термин **фотографија** први пут је употребијен 1839. године у писму Џона Хершела (John Herschel) упућеном Талботу.

Фотографија је своју експанзију доживјела 1871. године увођењем сувих плоча које су представљале припремљен негативски материјал који је могао бити експониран у било ком тренутку и знатно касније развијан. Фотографски апарати су постали знатно мањи и доступнији много ширем кругу људи.

Рол-филм са целулоидном траком, патентиран 1887. године, представља почетак модерне ере у фотографији. Први комерцијални филм у боји пуштен је у продају 1907. године. Кодаков филм из 1935. године, обложен са три слоја желатинске емулзије осјетљиве на различите примарне боје, представља основу развоја савремених филмова у боји.

Прве аероснимке из балона с висине од око 80 m направио је 1858. године парижки фотограф Гаспар Турнасон (Gaspard Felix Tournaçon), звани Надир.

Прва војна употреба аероснимака била је у америчком грађанском рату, 1862. године, приликом одбране града Ричмонда. Снимања су изведена из везаног балона с висине од око 1.400 стопа (400 – 450 m).

Прву фотографију из авиона направио је Вилбур Рајт (Wilbur Wright) 1909. године.

Аероснимци направљени из авиона доживљавају експанзију у Првом свјетском рату. За вријеме једне савезничке офанзиве на западном фронту 1918. године направљено је 56.000 копија аероснимака (Colwell, према Олуић, 2001).

Посебан подстицај примјени аероснимака дао је Други свјетски рат. Инфрацрвени филм настао је за потребе идентификације војне камуфлаже, уређаја и опреме.

Фотографија је слика неког објекта, настала дјеловањем електромагнетних таласа (свјетла) на емулзију састављену од зрна сребрних хало-

генида (халогене соли) растопљених у желатинској отопини. Најчешће коришћене халогене соли су: сребрни хлорид, сребрни бромид и сребрни јодид. Латентну слику, коју ствара свјетлост на тој емулзији, треба развити и стабилизovati (Томашеговић, 1986). Ово је дефиниција аналогне фотографије. Савремена дефиниција мора да обухвати и дио који се односи на дигиталну фотографију. Дакле, фотографија је развијена и стабилована слика неког објекта настала дјеловањем електромагнетних таласа (свјетла) на емулзију растопљених сребрних халогенида у желатинској отопини (аналогна фотографија) или слика објекта настала дјеловањем електромагнетних таласа (свјетла) на сензоре који региструју електромагнетно зрачење и претварају га у сигнале који могу бити снимљени и приказани у облику векторских или растерских података (дигитална фотографија).

Први познати фотографски уређај за добијање дигиталне фотографије направљен је 1975. године (*Kodak*). Да би се снимео дигитални запис на магнетну траку требале су 23 секунде. Први дигитални фотоапарат изашао је на тржиште 1981. године (*Sony Mavica – 0,28 MP*).

Видљиви дио електромагнетног зрачења, који се назива свјетлост, има таласне дужине од 400 до 700 нанометара. Електромагнетна зрачења краћих таласних дужина, која се наслањају на видљиви дио, су ултраљубичасти зраци (UV), а дужи електромагнетни зраци, који се настављају на видљиви дио, су инфрацрвени зраци (IR). Ова зрачења нису видљива људским оком.

Фотографски процеси обухватају подручје од 300 до 1.000 nm, дакле и дијелове UV и IR зрачења, али не обухватају средња и термичка IR зрачења.

Свјетлосни спектар се може подијелити на два, три или више дијелова. Ако се подијели на три групе таласних дужина од по 100 nm настају три боје: плава, зелена и црвена (примарне боје). Ако се свјетлосни спектар подијели на двије групе добиће се један сноп свјетлосних зрака плаво-зелене боје (љубичаста, плава и зелена) и један сноп жуто-црвене боје (жута, наранџаста и црвена).

Боја као физички појам не постоји. Када су у снопу свјетлосних зрака заступљене све боје спектра (љубичаста, плава, зелена, жута, наранџаста и црвена), са подједнаким енергијама зрачења, свјетлост се види као бијела.

Површина предмета која се види као бијела боја равномјерно рефлектује све зраке спектра. Предмет који од снопа бијеле свјетлости рефлектује један дио спектра види се као обојен. Ако површина упија зелени и црвени дио зрачења, а рефлектује плави, површина ће се видјети као плава. Ако упија плави дио зрачења, а рефлектује зелени и црвени, површина ће се видјети као жута.

Када се од снопа бијеле свјетлости помоћу филтера одузме једна од примарних боја, дио који прође кроз филтер допуњава боју филтера до бијеле боје, а означава се као комплементарна боја.

- Плави филтер  $\Rightarrow$  зелена + црвена = жута (комплементарна плавој),
- Зелени филтер  $\Rightarrow$  плава + црвена = пурпурноцрвена – магента (комплементарна зеленој),
- Црвени филтер  $\Rightarrow$  плава + зелена = зеленоплава – цијан (комплементарна црвеној).

Додатни филтери помажу да се спријечи дјеловање нежељене свјетлости (UV блокирајући филтер, жути филтер за магловито и облачно вријеме итд).

Свјетлосни извори нису тачке него тијела, односно површине које емитују свјетлост, тако да сјенке немају чисте и оштре ивице него се продужавају у полусјенку. У природи је тешко одредити границу између сјенке и полусјенке због присуства дифузне свјетлости коју емитују секундарни извори, нпр. облаци. Без ове свјетлости сјенке би биле потпуно црне и без икаквог трага полусјенке. Сјенке су најтамније када је небо чисто и без облака, када у атмосфери нема испарења и честица аеросола. У таквом амбијенту сјенке могу да буду толико тамне да је скоро немогуће добити фотографију са финим прелазима између сјенке и полусјенке (Кажић, 1996).

С обзиром на то да се максимална резолуција слике постиже у доњој трећини подручја нормалног освјетљења, у фотограметрији би требало користити што краће експозиције. Аероснимци се добијају фотографисањем

кроз атмосферске слојеве са брзих летјелица (150 – 800 km/h) и великих висина. Зато су и могуће само кратке експозиције због чега се на располагању има мало свјетлости. Додатна неоштрина (разливленост) снимка проузрокована је помаком камере (помак напријед, ротација, вибрације) и директно је пропорционална брзини летјелице и трајању експозиције. Осим тога, атмосферске прилике јако снижавају контраст и мијењају боју. Под контрастом се подразумијева разлика између најмањег и највећег зацрњења или тона боје неког снимка. На контраст утичу оптички систем инструмента, коришћени филтери, фотографски материјал или квалитет сензора, атмосфера, те на крају и људско око. Моћ разлучивања (резулација) може се дефинисати као могућност разликовања информација које су просторно веома близу једна другој, односно као могућност перцепције података. Резолуција је недовољна мјера квалитета снимка, али једино она даје податке о најфинијим детаљима при тачно дефинисаним разликама између свијетлог и тамног (Kraus, 2005).

Постоје сљедеће врсте резолуција (Oluić, 2001):

- Просторна, која представља величину пиксела у природи. Да би се неки објекат могао препознати, потребно је да његове димензије буду веће од величине пиксела. Исто тако, објекти мањи од величине пиксела могу се детектовати ако су много тамнији или много свјетлији од своје околине. На тај начин се долази до сазнања да се ту нешто налази, иако се не може знати шта (Regodić, 2008).
- Спектрална, која показује које дијелове електромагнетног спектра и колико канала може да региструје сензор за снимање, односно то је могућност препознавања различитих таласних дужина одбијеног зрачења.
- Радиометријска, која показује са којом прецизношћу се могу разликовати нивои сигнала које сензор прима. Код данашњих сензора ова резолуција је 10-битна (1.024 нивоа) или 11-битна (2.048 нивоа).
- Временска, односи се на сателитске снимке и показује у којим временским размацама сателит може да сними исто подручје.

Под великом облачношћу може се извршити аероснимање. Већи дио расутог зрачења освјетљава сјенке, али умањује контраст. За побољшање контраста, а у зависности од нивоа измаглице, употребљавају се различити жути филтери. Контраст се може повећати и смањењем висине лета.

### **1.3. Фотограметрија и фотоинтерпретација**

Фотограметрија је грана технике мјерења која се служи фотографијом као основним средством, законима пројективне геометрије те средствима прецизне механике (Томашеговић, 1986).

Фотограметрија је метода мјерења помоћу које се, на основу фотограметријских мјерних снимака – фотограма, добијају облик, димензије и положај сниманог објекта. Она омогућава реконструисање објеката и утврђивање њихових карактеристика без директног контакта (Kraus, 2005). Дакле, може се рећи да је фотограметрија грана даљинске детекције (Lapaine, Frančula, 2001).

Резултати фотограметријске реституције могу бити (Kraus, 2005):

- Бројеви, односно координате појединих тачака објекта у тродимензионалном координатном систему,
- Цртежи (аналогни и/или дигитални), односно карте и планови са хоризонталном и висинском представом,
- Снимци (аналогни и дигитални), прије свега редресирани фотографије и ортофото и из њих израђене карте, као и мозаици и просторни (стерео) снимци.

Своју основну намјену фотограметрија има у геодезији за израду топографских планова и карата. Поред тога, користи се и у: археологији, геологији, педологији, пољопривреди, шумарству, пројектовању саобраћајница, просторном планирању итд (Јанић, 1989).

Фотограметријски премјер користи снимке који могу настати са земље (терестричка фотограметрија) или из ваздуха (аерофотограметрија). Снимак је слика створена дјеловањем свјетла на фотоосјетљив слој у камери на који

се даље дјелује хемијским средствима како би латентна слика постала видљива (аналогни снимци) или дјеловањем свјетла на фотоосјетљиве сензоре (дигитални снимци). Дакле, снимак је регистровано електромагнетно зрачење.

Методолошки се разликују фотограметрија појединачних снимака и стереофотограметрија, која се служи са два узастопна снимка једног низа (стереопар) са стереоскопским преклопом који даје просторну представу, односно тродимензионални (3D) стереомодел. Најчешћи стереоскопски преклоп аероснимака је 60%, мада у неким случајима може да буде и до 90%.

Снимци експонирани са строго вертикалном осом снимања, у смјеру тежишта, називају се надирни снимци. Под вертикалним снимцима подразумевају се снимци код којих оса снимања одступа од тежишта за неки мали угао, до 5° (Томашеговић, 1986).

Оснивачем фотограметрије сматра се француски официр Ем Лусида (Aime Laussedat) који је, 1859. године, пред комисијом Академије наука у Паризу практично показао како се на основу два фотографска снимка просторним пресијецањем добијају координате објеката (Томашеговић, 1986).

Друга фаза у развоју фотограметрије почиње 1901. године Пулфриховом (Carl Pulfrich) конструкцијом првог стереоинструмента, тзв. **стереокомпаратора**. Овим проналаском трасиран је пут за фон Орелов (Eduard von Orel) проналазак **стереоаутографа**, 1909. године, чиме је први пут омогућена континуирана реституција линија хоризонталне и вертикалне представе.

Почетак треће фазе настаје конструисањем прве аутоматске аерофотокамере Оскара Местера (Oskar Messter), 1915. године, те првим систематским аероснимањем из авиона.

Сљедећа фаза развоја фотограметрије наступа око 1930. године када се фотограметрија почиње систематски проучавати на техничким факултетима и институтима широм свијета.

Развој рачунара педесетих година прошлог вијека допринио је развоју аналитичке фотограметрије (аналогне фотографије су се почеле обрађивати

компјутеризованим инструментима). Све до тада, фотографија је обрађивана оптичко-механичким инструментима (аналогна фотограметрија).

Актуелна фаза у развоју фотограметрије је дигитална фотограметрија, настала крајем осамдесетих година прошлог вијека, која користи сензоре за регистровање свјетлосног зрачења и рачунарску технологију за обраду добијених информација. Сензори су уређаји који региструју електромагнетно зрачење и претварају га у сигнале који могу бити снимљени и приказани у облику векторских или растерских података. Векторски подаци су подаци представљени тачком, линијом, полигоном. Растерски подаци су подаци представљени сликовним обликом. Код дигиталне фотограметрије носиоци информација су пиксели. Пиксели представљају најмањи дио слике просторних и спектралних карактеристика којег препознаје сензор. Вриједност пиксела креће се од 0 до 255, укупно  $256 = 2^8$ .

Дешифровање или читање фотоснимака одговара на питање „Шта је шта” и представља основу за комплекснија тумачења садржаја фотоснимака.

Дјелатност која се бави анализирањем садржаја снимака да би се синтезом дошло до визуелних информација и комплексних закључака назива се фотоинтерпретација (Томашеговић, 1986).

Визуелна интерпретација подразумијева регистровање и препознавање (идентификацију) различитих корисних података помоћу чула вида (Олујић, 2001). Уочавање и препознавање објеката врши се на основу разлике у боји, текстури, облику, величини итд.

Под фотоинтерпретацијом се подразумијева читање и анализа детаља фотоснимака и извођење закључака о квалитативним и квантитативним особинама објекта или појаве која се истражује (Јанић, 1989).

Прибор за аналогну фотоинтерпретацију може бити (Јанић, 1989):

- Увеличавајући, за увећање објеката на фотоснимку стандардних димензија 23 x 23 cm (сочива),
- Стереоскопски, за стереоскопско посматрање модела снимљене територије (стереоскопи са сочивима, стереоскопи са огледалима и стереоскопи са сочивима и огледалима),

- Мјерни, за мјерење димензија снимљених објеката,
- Стереоскопско-мјерни (стереофотограметрија), за стереоскопско посматрање и мјерење димензија снимљених објеката.

Од прибора за мјерење користе се (Јанић, 1989):

- Мјерење дужине: микрометарски клин на прозирној фолији (мјерење ширине крошње),
- Мјерење површине: тачкасти или линијски планиметри на прозирној фолији (мјерење површине крошње, процјена склопа),
- Мјерење висине: паралактички клин и стереометар који ради на принципу лебдеће маркице (саставни дио стереоскопа).

Дигитална фотоинтерпретација обавља се на радним станицама подржаним хардверским и софтверским компонентама намијењеним за стереоскопско посматрање. Од хардверских компоненти најважнији су графичка карта и екран са великом фреквенцијом вертикалног освјежења (минимално 120 Hz, односно 60 Hz за сваки појединачни фотоснимак) јер при фреквенцијама већим од 25 Hz очи виде „континуирану слику”. У ову групу компонената спадају и наочале намијењене за стереоскопско посматрање у анаглифском стереомоду (црвено-цијан наочале) или *Page Flipping* стереомоду (поларизационе наочале са IR трансмитером). Најчешће коришћени фотограметријски софтверски пакети су *ERDAS* и *PHOTOMOD* са својим модулима намијењеним за стереофотограметрију (*PHOTOMOD StereoDraw*).

Дигитална интерпретација користи алгоритме који математички дефинишу стандарде за различите класе на снимцима. Користи се и софтверска „интелигенција” базирана на спектралним информацијама из пиксела (Seletković, 2007).

#### **1.4. LiDAR систем**

LiDAR систем (Light Detecting And Ranging) означава детекцију и одређивање удаљености објеката помоћу свјетлосних таласа.



У зависности од мјеста гдје се налази уређај за снимање, систем LiDAR се може подијелити на: ласерско скенирање са Земље (Terrestrial Laser Scanning – TLS), ласерско скенирање из ваздуха (Airborne Laser Scanning – ALS) и ласерско скенирање из свемира (Spaceborne Laser Scanning – SLS). Систем LiDAR користи блиско IR зрачење електромагнетног спектра (1.064 nm) за активно прикупљање података по дану или ноћи, у сјени или условима слабе видљивости (магла или облаци). Карактеристика овог система је да се при контакту са вегетацијом дио емитованог свјетлосног зрака одбија региструјући висину вегетације, други дио пролази до друге површине од које се одбија дио зрака, односно до тла од кога ће се одбити посљедњи дио свјетлосног зрака. Филтрирањем добијених података могу се добити прецизне информације о висини и густини вегетације из којих се могу израдити: дигитални модел површине – DSM (Digital Surface Model), дигитални модел терена – DTM (Digital Terrain Model) и дигитални модел висине састојине, односно крошњи – CHM (Canopy Height Model) (Balenović, Marjanović, 2016; Berta, 2017).

Систем LiDAR емитује ласерске импулсе свјетлости (импулс може да садржи и преко 300.000 ласерских зрака у секунди) и уз прецизно биљежење времена детектује рефлексију тог импулса (активни систем – радарски поступак). Ако импулс пролази кроз вегетацију детектују се и све накнадне рефлексије, док се кумулативно не рефлектује цијели импулс. Уз константну брзину свјетлости и познавање временских разлика између емитовања и детектовања рефлектованих ласерских импулса рачунају се растојања између сензора и појединих објеката од којих се импулс одбио. На основу сателитске навигације (GPS) и оријентације сензора рачунају се правоугле координате (x, y, z) тачака рефлектоване површине. Зависно од брзине летјелице и висине лета, на овај начин се добија облак који може имати и до 100 тачака/m<sup>2</sup>.

Зависно од начина мјерења растојања између сензора и објекта, разликују се два основна типа ласерског скенирања из ваздуха (Berta, 2017):

- Пулсни ласерски скенери (пулсирајуће емитовање ласерског зрачења),
- Фазни ласерски скенери (константно емитовање ласерског импулса, растојање се одређује из разлике фаза рефлектованог зрачења – новија технологија).

Прва истраживања примјене LiDAR технологије у шумарству проведена су почетком осамдесетих година прошлог вијека (Nelson et al., 1984; Maclean, Krabill, 1986). Ова технологија може да се користи за прикупљање информација о појединачним стаблима или састојини. У САД, Канади и скандинавским земљама LiDAR технологија се посљедњих двадесетак година користи у оперативном уређивању шума. Неке од земаља развијеног шумарства почеле су да користе LiDAR технологију као помоћно средство приликом националних инвентура шума, значајно смањујући потребе за теренским прикупљањем података. Оптимизација трошкова коришћења ове технологије могућа је уз примјену добијених података и у друге сврхе (Berta, 2017).

### 1.5. RaDAR систем

RaDAR (Radio Detection And Ranging) спада у групу активних система даљинске детекције. Најчешће коришћене радарске технике за картирање и мониторинг стања шума су SAR (Synthetic Aperture Radar) и InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar). У поређењу са пасивним системима даљинске детекције ово је релативно најновија технологија. У Европи је употреба овог система почела 1991. године, лансирањем сателита *ERS-1*. Послије овог, Европска свемирска агенција (ESA) лансирала је сљедеће сателите за радарска снимања: *ERS-2*, *Envisat*, *CryoSat-2*, *Sentinel-1a* (2015.) и *Sentinel-1b* (2016.). Канадска свемирска агенција (CSA) лансирала је сателите *Radarsat-1* и *Radarsat-2*, а 2019. године се очекује лансирање сателита *Radarsat constellation*. Сви ови сателити користе спектрални канал таласне дужине 3,75 – 7,5 cm (*C band*). Америчка национална агенција за свемирска истраживања (NASA) и Индијска организација за свемирска истраживања (ISRO)

планирају да 2021. године лансирају сателит NISAR са спектралним каналом (*L band*) од 15 – 30 cm ([www.unavco.org](http://www.unavco.org)).

Микроталаси су много продорнији од таласа оптичког дијела спектра (видљиво зрачење и блиско IR зрачење), тако да су много мање осјетљиви на временске прилике. Циљане информације одређују се аутоматски помоћу дефинисаних алгоритама, тако да не зависе од субјективног мишљења оператера.

Данас је већина технологија за снимање из ваздуха довољно развијена и комерцијално доступна да може бити оперативно примијењена, при чему се једино ограничење односи на цијену коришћења (Vorota, 2011).

## 1.6. Платформе

Платформе су покретни носачи сензора који треба да омогуће регистровање електромагнетног зрачења. Дobar квалитет снимака подразумијева велику стабилност платформе, односно сензора приликом кретања. Постоје терестричке, аеро и космичке (свемирске) платформе (Regodić, 2008).

Терестричке платформе крећу се по копну или води и то су намјенски конструисана возила и пловила. Од сензора обично носе термалне IR скенере или радаре (Regodić, 2008).

Аероплатформе се крећу по ваздуху на висинама од неколико стотина метара до неколико километара. Ове летјелице могу да буду са и без људске посаде.

У летјелице са људском посадом спадају балони, дирижабли, цепелини, авиони и хеликоптери. Први аероснимак направљен је из балона, 1858. године. Балони су се користили за ваздушна осматрања, јављања и навођења и у Првом свјетском рата када су ту функцију дефинитивно преузели авиони. У Другом свјетском рату авиоснимци су постали незамјењив извор информација о непријатељу. Тај статус је остао и у хладноратовском периоду педесетих и шездесетих година прошлог вијека. Из тог периода најпознатији су амерички шпијунски авиони U-2 (*Dragon Lady*) и SR-71 (*Black Bird*). Авионима

се за цивилне потребе обављају фотографска снимања у рефлектованом дијелу електромагнетног зрачења и то првенствено у видљивом и блиско IR дијелу спектра. Исто тако, могу да носе термалне IR скенере или радаре (првенствено са интерферометријском синтетичком апартуром – InSAR). Данашње дигиталне камере великог формата, које стварају снимке резолуције веће од 50 MP, по својим карактеристикама могу се поредити са аналогним камерама формата снимака 23 x 23 cm. Неке од ових камера су (Ciceli, Gajski, 2007; Gruber, 2011, 2012):

- **DIMAC Systems: DIMAC 2.0** (модуларна грађа) – 39 (76) MP,
- **Intergraph Z/I Imaging: Z/I DMC** – 112 MP,
- **Vexcel: UltraCam D** – 86 MP,
- **Vexcel: UltraCam Lp** – 93 MP,
- **Vexcel: UltraCam X** – 136 MP,
- **Vexcel: UltraCam Xp** – 196 MP,
- **Vexcel: UltraCam E(agle)** – 262 MP.

Беспилотне летјелице – UAV (Unmanned Aerial Vehicles) су летјелице без пилота чији је лет програмиран (самоуправљиве летјелице) или се летом даљински управља са земље или друге летјелице. Сам концепт беспилотних летјелица потиче из 1915. године када је Никола Тесла у својој докторској дисертацији описао наоружану летјелицу дизајнирану за потребе одбране САД. Само двије године касније америчка војска производи беспилотну летјелицу контролисану радио-сигналом (Govorčin et al., 2012). Прва истраживања примјене беспилотних летјелица у шумарству била су почетком осамдесетих година прошлог вијека (Tomlins, Lee, 1983). Према начину на који се остварује узгон потребан за лет, постоје (Jurić et al., 2016):

- Беспилотне летјелице са фиксним аеропрофилним површинама (крилима) – авионске беспилотне летјелице,
- Беспилотне летјелице са ротирајућим аеропрофилним површинама (елисама) – хеликоптерске, односно мултироторске беспилотне летјелице.

Предности летјелица из друге групе испољавају се у могућности статичког одржавања лета и лета са врло малим брзинама, што доприноси великој тачности у извршавању пројектованог плана лета. Недостаци су већа осјетљивост на вањске утицаје, мања аутономија лета (до 30 минута) и тежа управљивост (Kolarek, 2010). Летјелица из прве групе:

- **Geoscan:** *Geoscan 201*;
- **Sensefly:** *Swinglet CAM*.

Летјелице из друге групе:

- **DJI:** *Inspire 2, Phantom 4 Pro, Mavic Pro*;
- **Yuneec:** *Tornado H 920 Plus, Typhoon H plus*;
- **Sky Hero:** *Hammer X8-6 RTF, Geo RTF*;
- **Geoscan:** *Geoscan 401*.

Извор: ([www.dronethusiast.com](http://www.dronethusiast.com); [www.geoscan.aero](http://www.geoscan.aero))

Беспилотним летјелицама се за цивилне потребе обављају фотографска снимања у видљивом и блиско IR дијелу спектра. Аероснимци добијени беспилотним летјелицама, за исту површину снимања, вишеструко су јефтинији од аероснимака добијених авиоснимањем. Овај детаљ, као и технолошки напредак подстакнут великим улагањима фаворизују беспилотне летјелице, тако да се у наредном периоду очекује знатно већа употреба беспилотних летјелица у односу на летјелице са људском посадом.

Као свемирске платформе користе се вјештачки Земљини сателити и орбиталне станице са људском посадом. Крећу се или су стациониране на хектокилометарским висинама. Први вјештачки сателит лансиран је 1957. године (*Спутник-1*), а прво снимање Земљине површине обављено је 1959. године са америчког сателита *Explorer-6*. У почетку су сателити имали искључиво војну употребу. Проналаском дигиталне фотографије и савладавањем технике преноса података на велике даљине вјештачки сателити су преузели задатке осматрања непријатељске територије, што је довело до престанка оперативне употребе шпијунских авиона. Временом се употреба сателитских снимака проширила и на цивилне потребе, од метеорологије,

преко истраживања потенцијалних налазишта руда, нафте и других природних богатстава па до истраживања Земљиних екосистема.

Сателит *Landsat-1*, лансиран 1972. године под називом *ERTS-1*, у сврху истраживања планете Земље и њених ресурса, први је сателит намијењен за цивилне потребе САД. Просторна резолуција била је 80 m, а један снимак покривао је површину од 34.225 km<sup>2</sup> (185 x 185 km). Послије првог, лансирано је још седам сателита из овог програма. Посљедњи, *Landsat-7* има 8 спектралних канала са просторном резолуцијом од 15 m панхроматски (Pan), 30 m мултиспектрални (MS) и 60 m термално-инфрацрвени (TIR), и *Landsat-8* са 11 спектралних канала и просторном резолуцијом од 15 m (Pan), 30 m (MS) и 100 m (TIR).

Године 1985. СССР (Русија) лансира сателит *Ресурс-01*. Лансирана су још три сателита из овог програма. Као резултат сарадње Француске, Белгије и Шведске, 1986. године, лансиран је сателит *SPOT-1*. Касније су лансирана још три сателита из овог програма.

Поред сателита за радарска снимања (описано раније) лансиран је и већи број сателита из сљедећих програма (Oluić, 2001):

- *NIMBUS* (сензори за истраживање мора и океана) – САД,
- *GEOS* (сензори за прикупљање метеоролошких података) – САД,
- *TERRA* (сензори за праћење глобалних промјена на Земљи) – САД,
- *METEOSAT* (сензори за прикупљање метео-података) – Европа,
- *METOP* (сензори за праћење климатских промјена) – Европа.

Први комерцијални сателит америчке приватне организације *Space Imaging (EOSAT)* био је сателит *IKONOS-1*, лансиран 1999. године. Пошто је изгубљен приликом лансирања, исте године лансиран је сателит *IKONOS-2*. Просторна резолуција је 1 m (Pan) и 4 m (MS), а подручје снимања 128 km<sup>2</sup> (11,3 x 11,3 km). Послије њега, 2000. године, лансиран је сателит *Quick Bird*: просторна резолуција је 1 m (Pan) и 4 m (MS), а подручје снимања 484 km<sup>2</sup> (22 x 22 km).

Комерцијални сателити новије генерације наведени су у табели 1.

**Табела 1.** Комерцијални сателити новије генерације

Сателит	Спектралне карактеристике	Просторна резолуција		Захват снимања
		Pan	MS	
<i>WorldView-1</i>	Pan	0,50 m	-	17,7 km
<i>GeoEye-1</i>	Pan + 4 MS	0,41 m	1,64 m	15,3 km
<i>WorldView-2</i>	Pan + 8 MS	0,46 m	1,85 m	16,4 km
<i>WorldView-3</i>	Pan + 8 MS + 8 SWIR	0,31 m	1,24 m	13,2 km
<i>WorldView-4</i>	Pan + 4 MS	0,31 m	1,24 m	13,1 km

Извор: ([www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com))

### 1.7. Вјештачка интелигенција

Вјештачка неуронска мрежа – ANN (Artificial Neural Networks) је метода вјештачке интелигенције структурисана према људском мозгу. Припадају секвенцијалним методама моделовања и представљају један од најмодернијих метода нелинеарног програмирања (Клобуџар, 2008).

Биолошки неурони су основне ћелије нервног система преко којих се преносе информације од чула до мозга. Дендрити су дијелови неурона који примају сигнале од сусједних неурона. Издуженог су облика и на једном неурону може да их буде и до 100.000. Сигнали, који доспију у неурон преко различитих дендрита, обрађује се и као резултат те обраде настаје нови сигнал који напушта неурон преко неурита, који може да буде само један.

Код вјештачког неурона тијело биолошког неурона замијењено је суматором а улогу дендрита преузимају улази у суматор. У суматору се приспјеле информације сумирају и доводе до активационе функције која ће на свом излазу дати излаз вјештачког неурона. Ове функције се користе за смањивање броја итерација, уводе нелинеарност у неуронску мрежу и унапређују њено дјеловање (Клобуџар, 2008).

Према броју слојева разликују се једнослојне и вишеслојне вјештачке неуронске мреже. Поред улазног и излазног слоја вишеслојне мреже имају још један или више скривених слојева неурона. Према начину учења разликују се вјештачке неуронске мреже са учењем под надзором и вјештачке неуронске мреже са учењем без надзора. Учење је процес којим се слободни параметри неуронске мреже прилагођавају – „упуцавају” кроз континуирани

процес стимулација од околине у којој се мрежа налази. Код учења под надзором подаци за тренинг састоје се од примјера са познатим улазно-излазним вриједностима. То значи да за сваку улазну вриједност постоји и циљана излазна вриједност. Код учења без надзора нису познате излазне вриједности, већ се мрежа сама организује. Зато се ове мреже називају и самоорганизујућим неуронским мрежама. Вјештачке неуронске мреже не могу дати одговоре ван распона вриједности примјера из којих су училе (Klobučar, 2008).

Од модела неуронских мрежа у даљинској детекцији најчешће се користи вишеслојни перцептрон (мрежа са надгледаним учењем). Знатно мање се користе мреже са ненадгледаним учењем. Неуронске мреже постепено преузимају подручје аутоматске класификације приликом дигиталне обраде снимака јер у неким областима дају боља рјешења од математичких и статистичких метода. Предност неуронских мрежа је што могу донијети одлуке и на основу квалитативних информација. Због своје несавршености још неће у потпуности замијенити класичне математичке и статистичке методе, тако да комбинована примјена ових метода изгледа као добар избор за рјешавање проблема који се истражује (Klobučar, 2008).



## 2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

Преглед досадашњих истраживања приказан је у два дијела. У првом дијелу дат је преглед досадашњих истраживања у земљама бивше СФРЈ (БиХ, Србија, Хрватска и Словенија). У другом дијелу приказана су најзначајнија истраживања могућности примјене даљинске детекције у земљама развијеног шумарства (земље њемачког говорног подручја, скандинавске земље, САД и Канада).

Matić (1959), Drinić (1963), и Stojanović (1966) на подручју СР БиХ истражују зависност површине хоризонталне пројекције крошње од бонитета станишта, степена склопа и средњег пречника састојине. Истраживања су спроведена у циљу одређивања прираста запремине по јединици површине хоризонталне пројекције крошњи, који може да послужи као елемент за одређивање нормалног стања пребирних састојина.

У СР Србији Miletić (1954) истражује ширење (експанзију) крошњи у пребирним састојинама букве. Аутор долази до сазнања о односима ширине крошње и прсног пречника ( $D/d$ ) за поједине дебљинске разреде ( $d$ ):

$d$ [cm]	10	20	30	40	50	60
$D/d$	22,0	20,5	20,7	18,7	17,4	16,1

Примјена фотоинтерпретације аероснимача у шумарству је оправдана јер може да донесе значајне уштеде у времену и новцу (Јанић, 1989). Јанић посебно препоручује примјену фотограметрије и фотоинтерпретације приликом подјеле шумског комплекса на обрасле и необрасле површине и даљу подјелу обраслих површина на одјељења и одсјеке, као и приликом утврђивања површина ових јединица. Такође закључује да фотограметријска метода прикупљања таксационих елемената не може у потпуности да замијени терестричке методе те препоручује њихову комбинацију.

Koprivica i Jović (2009) описују најзначајније методе даљинске детекције које се користе у савременој инвентури шума са тежиштем на процјени могућности и ефикасности техника утврђивања величина таксационих елемената стабла и састојине. На основу проучене литературе и познавања стања шума

у Србији, аутори закључују да се модерне методе даљинске детекције (нпр. ласерско скенирање из ваздуха са двофазним узорком) могу примијенити само селективно.

Vorota (2011) истражује могућност примјене даљинске детекције и фотограметрије у инвентури шума Србије с циљем да се утврди које квалитативне и квантитативне информације могу да се добију примјеном постојећих алата и техника прикупљања података. Исто тако, циљ је био и да се покаже колика је тачност, односно прецизност резултата добијених примјеном даљинске детекције у односу на терестрички начин прикупљања података.

Pantić et al. (2012) истражују могућност издвајања одсјека и одређивања квантитативних елемената стабала и састојина на бази авиоснимача. Констатовано је да се на авиоснимцима могу прецизније поставити границе одсјека, те да су они хомогенији у односу на терестричко издвајање. При томе нису утврђене значајне разлике у издвојеним површинама. Пречници крошњи, висине стабала, број стабала и из њих изведени елементи (прсни пречници стабала и запремина састојине), одређени аерофото методом, били су оптерећени значајним грешкама и као такви не могу представљати основу за поуздано оперативно планирање. Ови аутори наводе да фотограметрија и даљинска детекција не могу у потпуности да замијене терестричке методе, али комбиновањем ових метода могли би да се побољшају, убрзају и учине економичнијим процеси прикупљања геопросторних података.

Недуго након завршетка Другог свјетског рата Томашеговић (1949), дајући приказ тадашњих могућности фотограметрије, поставља темеље примјене фотограметрије и фотоинтерпретације у шумарству СФРЈ и СР Хрватске.

Томашеговић (1956) у својој дисертацији обрађује питање поузданости добијених резултата за неке потребе дендрометрије и наводи подручја могуће примјене аерофотограметрије: картирање пошумљених и непошумљених површина, издвајање састојина и утврђивање елемената за њихов опис, утврђивање таксационих елемената итд. Од елемената за процјену запремине помоћу аерофотоснимача долазе у обзир: ширина крошње, висина стабла, склоп састојине и број стабала по јединици површине. Као један од

основних проблема наводи питање корелације између елемената мјерљивих на аероснимцима и прсног пречника. По њему најбоље рјешење за процјену прсног пречника је дефинисање статистичке везе између прсног пречника, ширине крошње и висине стабла, односно  $d=f(D,h)$ .

Економичност примјене фотограметрије у уређивању шума није квантификована, али сигурно даје уштеде у времену и новцу. Примјена фотограметрије у картографске сврхе смањује трошкове израде карата за три пута у односу на терестричке методе (Томашеговић, 1968).

Томашеговић (1961) и Крижанец (1987) истражују однос између ширине крошње и прсног пречника стабала букве, јеле и смрче. Крижанец закључује да је код стабала букве и јеле овај однос линеаран, а криволинијски код стабала смрче. Томашеговић, истражујући на стаблима букве и јеле, долази до сљедећих односа:

Висина стабла [m]		5	10	15	20	25	30	35
$D/d$	Јела	37,0	26,0	20,2	17,0	15,3	13,5	-
	Смрча	34,8	22,4	18,2	16,2	14,4	12,9	11,9

Проучавајући динамике ширења крошњи Нрен (1968, 1980) закључује да су крошње лишћарских врста дрвећа много експанзивније од крошњи четинарских врста.

Истраживањем структуре и динамике развоја пречника крошњи храста лужњака и обичног граба бавио се Dubravec (1999, 2003). Аутор је дошао до сазнања да је незнатно јача статистичка веза између прсног пречника и ширине крошње (лужњак:  $r=0,74$ ; граб:  $r=0,87$ ), него веза између прсног пречника и површине крошње (лужњак:  $r=0,72$ ; граб:  $r=0,86$ ).

Valenović et al. (2012) истражују односе прских пречника (зависно промјенљиве) и ширина крошњи, површина крошњи и висина стабала (независно промјенљиве) већег броја врста дрвећа [ $d=f(D,h)$  и  $d=f(P_k,h)$ ]. Коефицијенти детерминације били су већи од 0,76, с тим да је код букве и храста китњака у првом моделу био већи за 4% него у другом. За јоху и обични граб резултати изравнавања били су подједнако добри.

Клобуџар (2004) на дигиталном ортофото снимку врши издвајање састојина према склопу. На основу спроведених истраживања закључује да су разлике у границама и површинама издвојених састојина прихватљиве те би векторизоване границе могле бити картиране.

Kalafadžić i Horvatić (1976) сматрају да се максимална грешка приликом мјерења висине у стереомоделима налази у интервалу од  $\pm 2$  m, просјечно  $\pm 1,6$  m.

Поредећи број видљивих стабала у стереомоделу са бројем стабала који је утврђен терестричким премјером букових једнодобних састојина, Kostijal (1986) долази до закључка да се разлика између видљивог и укупног броја стабала налази у интервалу од 5 до 38%.

Kušan (1988) поредећи 11 начина одређивања површине хоризонталне пројекције крошње, апроксимирајући пројекцију крошње са кругом или елипсом, закључује да се највећа тачност постиже када се површина рачуна преко највећег и најмањег пречника.

Pranjić (1963, 1965) проучава однос између запремине стабала јеле и пољског јасена, ширина њихових крошњи и висина:  $v=f(D,h)$ . Као најбоље рјешење наводи логаритамски облик модификоване Шумахер-Халове функције:  $\log v = a + b \cdot \log D + c \cdot \log h$ . Код стабала јеле коефицијент корелације био је између 0,924 и 0,934, а код стабала пољског јасена између 0,982 и 0,985.

На основу тестирања добијених резултата терестричког и фотоинтерпретацијског начина одређивања запремине и броја стабала у састојини Lukić (1981) закључује да разлике у запреминама нису статистички значајне. Резултати тестирања броја стабала указују на потребу новог узорковања.

Kušan i Krejči (1993) истражују регресионе моделе за процјену запремине у састојинама храста лужњака. Као независно промјењиве величине узимају: средњу ширину крошње, средњу састојинску висину и број стабала. Најбољи резултат изравнања даје регресиони модел са све три независно промјењиве ( $R^2 : 0,77 - 0,95$ ).

Benko (1993) утврђује таксационе елементе на инфрацрвеним снимцима у боји и констатује да је размјера 1:10.000 близу границе употребљивости за утврђивање таксационих елемената састојине. Однос пречника крошње и прсног пречника изравнава правцем.

Процјењујући запремину састојине методама мјерне фотоинтерпретације Benko (1995, 1997) долази до закључака да су ширине крошњи мјерене фотограметријским поступком мање у односу на терестрички премјер и да су висине стабала веће за 1 m (5 %). Закључује и да је могућа процјена запремине састојине [ $R^2 = 0,69$  код модела  $v = f(D,h)$  и  $R^2 = 0,66$  код модела  $v = f(P_k,h)$ ].

Kušan i Pernar (2001/b), процјењујући прсни пречник и темељницу на основу величина мјерљивих на аероснимцима, долазе до сљедећих закључака (табела 2):

**Табела 2.** Коефицијенти детерминације и процентуална одступања

Регресиони модел	Буква		Јела		Смрча	
	$R^2$	$\Delta$	$R^2$	$\Delta$	$R^2$	$\Delta$
$d = f(D)$	0,71	-	0,55	-	0,66	-
$d = f(h)$	0,35	-	0,81	-	0,66	-
$d = f(P_k)$	0,71	-	0,52	-	0,62	-
$d = f(D,h)$	0,70 - 0,96	3,41 - 3,51%	0,86 - 0,96	2,40 - 6,35%	0,79 - 0,97	1,79 - 3,82%

Исти аутори (Kušan, Pernar, 2001/a), истражујући могућност примјене сателитских снимака за процјену стања састојина, закључују да се на основу сателитских снимака *Landsat-TM*, просторне резолуције 30 m, не могу разликовати врсте дрвећа, те се ови снимци не могу користити за одређивање омјера смјесе. Грешка у процјени средње састојинске висине била је 1,91%, а у процјени запремине 1,93%.

Novotny et al. (1994) истражују утицај ширине крошње на текући дебљински прираст:  $i_d = a + b \cdot D$  ( $r = 0,92$ ).

Seletković et al. (2016) испитују тачност фотограметријске процјене средње састојинске висине, одвојено по врстама дрвећа, у мјешовитим састојинама храста китњака, букве и обичног граба. У раду су коришћени дигитални стерео-аероснимци просторне резолуције 30 cm и израђени дигитални

моделу терена (DTM). За посматране врсте дрвећа добијена су веома слична одступања фотограметријски процијењених висина у односу на вриједности добијене терестричким премјером. Најтачнији резултати добијени су за граб ( $\Delta=-1,97\%$ ), а нешто слабији за букву ( $\Delta=2,16\%$ ) и храст китњак ( $\Delta=3,06\%$ ).

Истраживањем могућности примјене фотоинтерпретације аероснимка у заштити шума бавили су се Kalafadžić (1973, 1987), Kalafadžić i Kušan (1990), Kalafadžić et al. (1993/a, 1993/b), Pernar (1994), Pernar i Kušan (2001), Pernar et al. (2007/a, 2007/b), Šimić-Milas et al. (2015). Сви се слажу да је много боље користити инфрацрвене снимке у боји јер се на овим снимцима најбоље региструју појаве на шумској вегетацији везане за физиолошку кондицију, односно здравствено стање стабала и састојина. Инвентаризација оштећености шума помоћу аероснимка базира се на претпоставци да између здравих и оштећених стабала постоје јасне разлике у начину пресликавања на снимке, условљене промијењеним обликом крошње и промјенама у спектралном саставу рефлектованог сунчевог зрачења. Ове промјене најбоље се осликавају на инфрацрвеним снимцима који су осјетљиви на ово, оку невидљиво, зрачење. Промјене у структури преликаних крошњи могу се стереоскопским посматрањем регистровати само ако је размјера довољно крупна, минимално 1:5.000. Морфолошке промјене повезане су са губитком лишћа, одумирањем грана или већих дијелова крошње. Здрава вегетација се на инфрацрвеним снимцима у боји пресликава у црвеној (лишћари) до пурпурноцрвеној боји (четинари). Јачи губитак виталности пресликава се губитком црвених и повећањем нијанси плаве боје. Како са промјеном здравственог стања стабала опада и интензитет инфрацрвеног зрачења, то се помак према плавом сматра знаком смањења физиолошке кондиције стабала. Код појединих врста дрвећа различит је прелаз од „здравих” црвених ка „болесним” плавим нијансама. Зато је основни предуслов за детерминисање степена оштећености квалитетно израђен интерпретацијски кључ. Приликом одређивања здравственог стања у мјешовитим састојинама треба бити опрезан јер се промијењена нијанса боје стабла ослабљене физиолошке кондиције може замијенити са нијансом боје здравог стабла других врста дрвећа. Šimić-Milas et al. (2015) користе сателитске мултиспектралне снимке

*Landsat-8* просторне резолуције 30 m и закључују да су ови снимци довољно поуздани за брзу процјену оштећености шума.

Аероснимци остају као трајан запис стања шумских састојина на неком подручју. Опажања се у сваком тренутку могу поновити, провјерити и допунити, а по потреби и наставити.

Pernar et al. (2003) истражују могућност примјене аерофотоснимака из цикличних снимања за потребе уређивања шума. За разлику од наручених снимања која су веома скупа, ови снимци се на тржишту могу наћи по веома приступачним цијенама. Употребљивост ових снимака зависи првенствено од њихове старости и спроведених узгојних мјера у том периоду.

Kalafadžić i Kušan (1993) наводе могућности сателитских снимака и дају препоруке за њихово увођење и коришћење у шумарству.

Kovač (2001) истражује могућност процјене структурних елемената помоћу сателитских снимака *Landsat-TM*. На основу спроведене канонске корелационе анализе ( $R_k^2=0,83$ ) аутор закључује да се структурни елементи могу процјењивати на нивоу уређајних разреда, али не и на нивоу састојина.

Pernar i Šelendić (2006) дају прилог повећању интерпретабилности аеро и сателитских снимака. Наиме, *Landsat ETM+* снимци имају високу спектралну (8 канала) и малу просторну резолуцију (30 m). За разлику од њега црно-бијели аероснимак размјере 1:20.000 има велику просторну резолуцију (0,5 m) али нема мултиспектралне канале. Комбинацијом ових снимака добија се побољшани снимак за идентификацију текстурних и спектралних информација, чиме се аутоматски повећава могућност интерпретације.

Seletković (2007) и Seletković et al. (2008) истражују најбољи начин интерпретације *IKONOS* сателитских снимака високе просторне резолуције који ће бити прихватљив за оперативну употребу. Спроведене су визуелна и дигитална интерпретација након чега је оцијењена тачност интерпретације поређењем са подацима добијеним теренским премјером. Спроведеним методама надгледане класификације утврђено је да се најтачнијом методом, која се може препоручити за оперативну употребу, показала класификација помоћу препознавања битних карактеристика (*Feature extraction*) с модулом

препознавања природних облика (*Natural features*), гдје се неклассификована подручја придружују најсличнијој класи.

Klobučar (2008) и Klobučar i Pernar (2009) истражују могућност примјене вјештачке интелигенције (неуронске мреже) за потребе уређивања шума. Вјештачке неуронске мреже имају широку примјену у савременом свијету па би требало почети и са широм примјеном у шумарству. Вишеслојни перцептрон има могућност да процијени састојински обраст на основу аеро и сателитских снимака.

Balenović et al. (2011) дају информације о најновијим дешавањима у дигиталној фотограметрији, а Balenović et al. (2013) о ласерском скенирању из ваздуха (LiDAR), његовом статусу и перспективама за примјену у шумарствима југоисточне Европе.

Balenović i Marjanović (2016) проучавају оптималну просторну резолуцију фотограметријских дигиталних модела површине (DSM). Преклапањем дигиталних модела површина са дигиталним моделом терена (DTM) добија се дигитални модел висине састојине, односно крошњи (CHM) који се даље користи за процјену таксационих елемената појединачних стабала или шумских састојина. Добијени резултати указују да просторна резолуција DSM-ова од 0,3 до 1 m не утиче на њихову вертикалну тачност, односно тачност читавања надморске висине врхова стабала. Смањивање резолуције DSM-ова на 2 до 5 m утиче на њихову вертикална тачност.

На претходни рад надовезује се рад Balenović et al. (2017/b) у коме аутори истражују могућност примјене дигиталног модела висине састојине, односно крошњи (CHM) при различитим просторним резолуцијама (од 1 до 5 m) за процјену запремине састојина храста лужњака. Резултати показују да CHM може да пружи довољно прецизне улазне податке за процјену запремине на нивоу састојине.

Balenović (2011) и Balenović et al. (2017/a) пореде резултате процјене структурних елемената састојина добијених фотограметријским премјером са подацима терестричког премјера. Резултати истраживања потврдили су велики потенцијал примјене дигиталних аероснимака високих просторних



резолуција у стереомоделу при инвентури шума. Утврђено је да се приликом процјене средњих састојинских висина, темељнице и запремине састојине на аероснимцима просторне резолуције од 30 cm могу добити једнако добри резултати као и на снимцима просторне резолуције од 10 cm. Грешке процјене броја стабала и средњег састојинског пречника биле су готово дупло веће него на аероснимцима просторне резолуције 10 cm.

Berta (2017) процјењује шумску биомасу помоћу ласерског скенирања. Коришћењем LiDAR технологије може се ефикасно, брзо и довољно тачно одредити количина надземне биомасе у разнодобним деградираним шумама. Модели са већом густином тачака су тачнији, али и са рјеђим облацима (до 0,4 тачке/m<sup>2</sup>) могу се добити задовољавајући резултати.

Почетком осамдесетих година прошлог вијека Ноџевар (1983, 1984/а, 1984/б, 1984/с) покрене систематска истраживања могућности примјене аерофотограметрије и фотоинтерпретације аероснимака у шумарству СР Словеније. Основу за ова истраживања дао је добро организовани Геодетски завод Словеније који је 1975. и 1980. године извршио циклична аероснимања Словеније. Аутор износи предности и мане даљинске детекције, даје основе прикупљања квантитативних и квалитативних информација са аероснимака и указује на могућност њихове примјене у заштити и инвентури шума. Предвиђа и аутоматизацију интерпретације аероснимака (личи на принцип рада вјештачких неуронских мрежа), а за рационализацију инвентуре шума предлаже прикупљање података у двије фазе:

- Прва фаза – аерофототаксација: премјер висина стабала и ширина њихових крошњи, као и утврђивање степена склопа на примјерним аероповршинама,
- Друга фаза – терестричка инвентура: контролни премјер 10 – 20% аероповршина на терену.

У каснијим радовима Ноџевар (1988/а, 1988/б) истражује промјене здравственог стања (сушење шума) на инфрацрвеним снимцима трећег цикличног аероснимања Словеније (1985 – 1987. године). За интензивнија праћења предлаже употребу сателитских снимака високе резолуције.

Kušar i Hočevar (2000) износе резултате двофазног премјера гдје је у првој фази аеропремјером процијењена запремина састојине од 277,99 m<sup>3</sup>/ha и стандардном грешком од 9,15 m<sup>3</sup>/ha, а у другој фази терестричким премјером процијењена је запремина од 315,94 m<sup>3</sup>/ha са грешком од 33,08 m<sup>3</sup>/ha.

Kobler et al. (2002) на основу мултиспектралних сателитских снимака и векторизације у ГИС-у картирају промјене настале ошумљавањем планинских пашњака.

Klinar i Hladnik (2014) за исте потребе користе дигиталне ортофото снимке.

Преглед могућности употребе ласерског скенирања у шумарству дају Kobler i Zafran (2006) и Kobal et al. (2014). Kobler i Zafran (2006) закључују да су резултати мјерења висина ласерским скенирањем оптерећени систематском грешком. Код лишћара висине су за 0,81 m мање од стварних висина. Код четинара ова разлика је 0,61 m.

Kobal i Gantar (2016) на основу података ласерског скенирања из ваздуха прате ерозионе процесе у околини Ајдовшчине.

Kobal (2014) на основу података ласерског скенирања из ваздуха процјењује запремину састојине у мјешовитој шуми букве и јеле. Густина ласерског скенирања била је 27,5 тачака/m<sup>2</sup> (медијана). Најбољи модел имао је коефицијент детерминације R<sup>2</sup>=0,82 и стандардну грешку регресије 55,2 m<sup>3</sup>/ha.

Hladnik i Pintar (2017) сегментацијом података ласерског скенирања одредили су запремину једне састојине у прашумском резервату Краковска шума. На основу узорка од 16 примјерних површина процијењена је запремина од 732 m<sup>3</sup>/ha са стандардном девијацијом од 360 m<sup>3</sup>/ha и коефицијентом варијације од 49%.

Прва примјена аерофотограметрије, односно даљинске детекције, у шумарству односила се на картирање вегетације. Према протоколу из Кјота, чији је саставни дио и LULUCF (сектор за коришћење земљишта, промјене коришћења земљишта и шумарство), од развијених земаља се тражи да ограниче емисију гасова који подстичу ефекат стаклене баште. Климатске промјене и улога шуме у акумулацији угљеника и ослобађању гасова дали су

велики подстицај обавезном извјештавању о промјенама у шумовитости и губицима залиха угљеника. Ове промјене најбоље је пратити помоћу сателитских снимака грубље просторне резолуције, као што је *Landsat-TM* [Bronge (1999); Leckie et al. (2002); Franklin et al. (2005)].

У Канади је утврђена тачност добијених информација од 94% (Fraser et al., 2005). Предлаже се интегрисани систем који користи податке инвентура на великим површинама као основу, допуњен сателитским снимцима за даљинско осматрање и подржан од оперативних евиденција коришћења и промјена стања шума.

Аероснимци и ласерско скенирање из ваздуха су прескупи за ова праћења. Глобално отопљавање утиче на ширење пустиња (Vogelmann et al., 2009), али и бореалних шума на рачун тундри (Naesset, Nelson, 2007).

Сателитским снимцима високе резолуције могу се открити и пратити промјене узроковане дефолијацијом лисне површине. Аутори се не слажу који је спектрални канал најбољи за класификацију степена дефолијације. Leckie et al. (1992) сматрају да најбоље резултате даје спектрални канал са таласном дужином од 445 nm, Falkenstrom & Ekstrand (2002) сматрају да је то блиско инфрацрвени канал, а Fassnacht et al. (2014) сматрају да су то канали у оптичком дијелу спектра (око 560 nm и између 680 и 700 nm). У неким тестираним случајевима додатни блиско инфрацрвени (NIR – 1.076 nm) и средње-далеки (SWIR – 1.532 nm) спектрални канали давали су добре резултате. Аутори се слажу да је за читав распон промјена, од здравих до мртвих стабала, однос између спектралних карактеристика и визуелне процјене дефолијације био искривљен, са слабијим могућностима детерминације нижих нивоа дефолијације. Међутим, однос је био линеаран ако би се разматрали само случајеви дефолијације већи од 20%. За ове класе дефолијације проценат детерминације мртвих стабала креће се од 84 до 96%. Овај проценат је нешто мањи ако се разматрају све дефинисане класе (76 до 85%). Највећи проблем приликом детерминисања нивоа дефолијације је разликовање мртвих стабала и слабо вегетираног тла (Fassnacht et al., 2014).

Прво експериментално ласерско скенирање у Скандинавији било је 1991. године (Naasset, 2004).

Solberg et al. (2006) констатују да је и ласерским скенирањем могуће открити различите степене дефолијације (у смислу промјене индекса лисне површине). У наредним студијама потребно је проучити аутоматизоване методе дефинисања оштећења стабала и састојина (Leckie et al., 1992).

Naasset & Gobakken (2008) извршили су ласерско скенирање 1395 примјерних површина у младим и зрелим бореалним четинарским шумама Норвешке. Густина скенирања била је између 0,7 и 1,2 тачака/м<sup>2</sup>. Откривено је да укључивање различитих фактора средине (старост састојина и омјер смјесе) значајно доприносе побољшању регресионих модела за процјену биомасе ( $R^2 = 0,88$ ).

Постоји више приступа одређивању укупне надземне биомасе састојина и већих шумских комплекса. Leboeuf (2007) у Канади користи метод издвојених фракција сјенке (SF). Овај метод примјењује алгоритме за обраду снимака добијених помоћу сателита *Quick Bird*. За сва три тестна подручја коефицијент детерминације имао је вриједност 0,84 са стандардном грешком регресије од 14,2 т/ха.

Процјену биомасе на великим површинама у бореалним шумама јужне Финске (за потребе LULUCF) вршили су Muukkonen & Heiskanen (2007). Разлика између података националне инвентуре (NFI) и података мулти-спектралних снимака добијених са сателита *MODIS* варирају између -16,0 и +10,6 м<sup>3</sup>/ха. За цијело подручје истраживања грешка процјене је била -4,0 м<sup>3</sup>/ха (-3,6%). Ласерским скенирањем великих површина у покрајини Хедмарк (Норвешка) Gobakken et al. (2012) поредили су добијене резултате са резултатима националне инвентуре. Разлике су биле 2% и 8%.

Solberg et al. (2010) користили су InSAR радарску технику за инвентарисање биомасе бореалних шума у јужној Норвешкој. Аутори сматрају да је ово обећавајућа метода за процјену биомасе. Не препоручује се за одређивање биомасе у проријећеним и деградираним шумама, као и шумама са малим запреминама (Koch, 2010).

Maack et al. (2015) су за процјену биомасе користили спектралне, текстурне и фотограметријске информације добијене сателитским стереоснимцима (*Pléiades* и *WorldView-2*) веома високе резолуције (VHR). Најбоље резултате дали су фотограметријски модели у комбинацији са текстуралним или спектралним информацијама. Стерео VHR снимци имају велики потенцијал и представљају адекватну замјену LiDAR и RaDAR техникама. Слична истраживања раније су спровели Persson et al. (2013). Они су сателитским стереоснимцима додали информације о дигиталном моделу терена добијене ласерским скенирањем. Овим поступком повећали су кориговани коефицијент вишеструке детерминације са 0,72 на 0,82.

Вјештачке неуронске мреже (ANN) постају све прихватљивија техника обраде података приликом рјешавања проблема тамо гдје не могу да помогну уобичајене технике (Sui, 1999; Peng, Wen, 1999). Вјештачке неуронске мреже имају много предности у односу на конвенционалне методе моделовања и могле би повећати тачност постојећих метода прикупљања података. Вишеслојни перцептрон (MLP) и подршка векторској регресији (SVR) могу се користити као алтернативе вишеструкој линеарној регресији и непараметарским k-NN и k-MSN методама моделовања. Израђени модели, примјениени на податке добијене ласерским скенирањем и аерофотограметријским снимањем, тачно су процијенили запремину четинарских стабала, али су били мање прецизни у случају лишћарских врста дрвећа (Niska et al., 2010).

Алгоритми за аутоматско одређивање врсте дрвећа младих биљака старости 6 година, код просторне резолуције аероснимака од 5 cm, имају тачност и до 91%. Код просторне резолуције од 30 cm резултати нису задовољавајући. Алгоритми за аутоматску векторизацију крошњи дају знатно слабије резултате. Тачност детерминације старијих стабала четинарских врста дрвећа, идеално позиционираних на аероснимцима, може бити и до 89%. Мануелна детерминација врста дрвећа незнатно превазилази аутоматску. Најбољи приступ може бити њихова комбинација јер би се оптимизовало утрошено вријеме и постигла највећа могућа тачност. Код пет различитих четинара тачност идентификације врста дрвећа била је просјечно 72%.

Тачност се може повећати на 76%, ако се претходно уради канонска корелациона анализа (Gougeon, 1995; Pouliot, 2002).

Код младих састојина тачност детерминације врста дрвећа од 93% добијена је полуаутоматизованом анализом мултиспектралних слика високе резолуције (60 cm). Због великог броја стабала и малих крошњи процес векторизације је често обиљежавао кластере од неколико стабала (Leckie, 2003/a).

Употребом панхроматских аероснимака са просторном резолуцијом од 30 cm резултати се значајно поправљају ако се користи централни дио снимка између 6,28 и 11,38° (Leboeuf, Fournier, 2013).

Препознавање стабала главни је фокус на пољу аутоматске или полуаутоматске обраде података аероснимања или ласерског скенирања. Многи алгоритми векторизације (делинеације) крошњи стабала захтијевају скуп пиксела за покретање процеса сегментације слике. Аутоматизација може да се постигне и слагањем пиксела дигиталног модела површине (DSM), добијеног стереометријским преклапањем аероснимака и до 90%, при чему се формирају блокови (поклапање пиксела истих просторних координата на свим аероснимцима у блоку). Просјечно одступање овако процијењених висина од терестрички мјерених висина стабала горњег спрата износи 0,77 m. Детекција стабала била је на нивоу од 70% (Hirschmugl, 2007).

Полуаутоматска класификација врста дрвета у шумама швајцарских Алпа имала је тачност између 76 и 83% (Waser et al., 2011).

У финским бореалним шумама дрвеће чија је висина већа од 60% максималне висине може се видјети и препознати на оптичким сликама високе резолуције (Korpela, према Maltamo et al., 2005).

Терестричким ласерским скенирањем постигнута је тачност аутоматске детерминације врста дрвећа већа од 93% (Akerblom et al., 2017).

Метод за детекцију појединачних стабала и њихових крошњи на основу површинске реконструкције која модификује модел висине састојине, односно крошњи (СНМ), примијењен је на податке ласерског скенирања у Националном парку „Баварска шума” са густином од око 25 тачака/m<sup>2</sup>. Степен детекције четинара био је 61%, а лишћара 44% (Reitberger, 2007).

Обрадом података ласерског скенирања потпуно аутоматизованим алгоритмима за детерминацију врста дрвећа смрче и букве у шумама Националног парка „Баварска шума” може се препознати 77% доминантних стабала. То одговара 85% запремине одређене теренским премјером. Добијени резултати су тачнији за четинаре него за лишћаре. Међутим, за богато структурисане монтане мјешовите шуме потребна су одређена побољшања алгоритама, првенствено за разграничење крошњи лишћарских врста дрвећа (Heurich, 2008).

Скандинавска бореална шума углавном се састоји од стабала смрче, бијелог бора, брезе и јасике. Коришћењем ласерског скенирања извршено је раздвајање стабала смрче и бијелог бора. У 95% случаја врсте су исправно класификоване (Holmgren, Persson, 2004).

Naeset (1996) фотоинтерпретацијом аероснимача бореалних шума закључује да је број стабала потцијењен за 5,4 до 47%.

Maltamo et al. (2004) на основу ласерског скенирања мјешовитих бореалних шума смрче, бијелог бора и брезе, идентификовали су 39,5% стабала, односно 83% доминантних стабала.

Структурне карактеристике смрче и брезе, као и интензитет одбијања ласерских зрака резултирали су тачношћу детерминисања ових врста од 88% за стабла горњег спрата и 64% за стабла доњег спрата. Густина ласерског снопа била је 6,6 тачака/m<sup>2</sup> (Ørka et al., 2009).

На основу података ласерског скенирања у мјешовитим бореалним шумама, тачност мануелног детерминисања стабала смрче била је 90%, бијелог бора 83%, а стабала лишћарских врста само 44% (Vauhkonen et al., 2010).

Тачна идентификација врста дрвећа на основу података ласерског скенирања у хетерогеним бореалним шумама износила је 46 – 50%. (Ene et al., 2012).

Ласерским скенирањем проценат тачне идентификације врста дрвећа у бореалним шумама Норвешке био је у границама од 74 до 77%, а на основу података ласерског скенирања и мултиспектралних аерофотограметријских снимача од 83 до 89%, просјечно 85% (Ørka et al., 2014).

Magnusson (2007) констатује да су мјерења висина у стереомоделу аероснимача просторне резолуције 0,48 m извршена са грешком од просјечно 1,4 m.

Резултати првих ласерских скенирања на простору Пенсилваније показивали су да гушћи склоп утиче на пенетрацијске способности ласерског импулса. Висине стабала добијене фотоинтерпретацијом аероснимача разликовале су се за мање од 1 m од висина добијених ласерским скенирањем (Nelson et al., 1984).

Комбинација ласерског скенирања густине 2 тачке/m<sup>2</sup> и мултиспектралних снимача просторне резолуције 8,5 cm може пружити веома добру основу за добијање таксационих елемената појединачних стабала. На основу ласерског скенирања аутоматски добијене висине су систематски мање за 1,3 m од референтних висина утврђених терестричким премјером. Висине добијене на бази мултиспектралних аероснимача, уз коришћење ДТМ, биле су систематски мање за 0,6 до 2,0 m, просјечно 1,23 m, од референтних висина. (Leckie et al., 2003/b).

Систематско потцјењивање висине стабала приликом ласерског скенирања констатовали су многи аутори: Naesset (1997, 2004, 2005, 2007), Neurich et al. (2004), Holmgren (2004), Maltamo et al. (2004). Величина ових одступања у највећем броју случаја варира између -0,30 и -1,20 m, односно до -5%. Основни разлог за систематско потцјењивање висина је мала густина ласерских зрака из чега слиједи мала вјероватноћа да ће се емитовани ласерски зрак одбити од самог врха терминалног избојка. Hirata (према Neurich, 2008) наводи да густина ласерских зрака мања од 5 тачака/m<sup>2</sup> доводи до значајног потцјењивања мјерених висина.

Popescu et al. (2003) обрадом података ласерског скенирања мјешовитих шума лишћара и четинара на југоистоку САД утврдили су да је коефицијент детерминације ширине крошње доминантних стабала од 0,62 до 0,63. Као што се и очекивало, утврђивање висине стабала много је тачније од утврђивања ширине крошњи.



Процент тачности аутоматске детерминације крошњи стабала различитих врста дрвећа на инфрацрвеним аероснимцима у боји износи 77%, а ако се гледа разлика између четинара и лишћара резултат је 91% (Erikson, 2004).

Аутоматска векторизација крошњи у старијим четинарским састојинама добро је обављена на оним стаблима која су се могла визуално идентификовати (око 50 – 60% стабала имало је добро подударње између мануелне и аутоматске векторизације). Тачност детерминације врста дрвећа стабала чије су се крошње могле аутоматски векторизовати била је 72% (Leckie, 2005).

Нуурра, Нуурра (2001) проучавали су утицај величине састојине на тачност, односно прецизност процјене структурних карактеристика. Методе даљинске детекције много су погодније за премјер већих инвентурних јединица.

Прелиминарна студија која је позитивно оцијенила употребљивост ласерског скенирања (под називом AOL – Airborne Oceanographic Lidar) за процјену запремине већих шумских комплекса спроведена је у близини сједишта Америчке националне агенције за истраживање свемира – NASA. (MacLean, Krabill, 1986).

Могућност процјене структурних елемената састојине, на основу статистичке обраде података добијених ласерским скенирањем, истраживана је у мјешовитим монтаним шумама Националног парка „Баварска шума” у којима доминирају смрча и буква. Стратификацијом на лишћарске, четинарске и мјешовите стратуме могу се добити задовољавајући резултати на нивоу састојине. Најмања грешка добијена је за процјену висина (5%), затим прских пречника (10%), запремине (11%) и темељнице састојине (15%), а највећа за процјену броја стабала по хектару (60%) (Heurich, Thoma, 2008).

Комбинована употреба сателитских мултиспектралних снимака и ласерског скенирања даје боље резултате од њихових појединачних примјена (Ke et al., 2010; Tonelli et al., 2011).

Модели за процјену структурних елемената на основу хиперспектралних *НуМар* и ласерским скенирањем добијених података показују да су квали-

тетније информације добијене ласерским скенирањем и да мјерни подаци *НуМар* врло мало заостају за њима. Комбинована употреба ових извора података представља најквалитетније рјешење (Latifi et al., 2012).

Процјене запремине на основу ласерског скенирања и стерео-аерофотограметријских снимака показале су да ласерско скенирање даје нешто прецизније резултате и да вишеструка регресија даје бољу процјену параметара у поређењу са непараметарским методом *k*-најближих сусједа (*k*-NN) и методом векторске подршке (Ullah et al., 2015).

Ласерско скенирање је најбољи избор за процјену структурних елемената. Међутим, његово ажурирање је доста скупо па комбиновање стерео-аерофотограметријских снимака са постојећим ДТМ-ом пружа довољно ефикасну опцију за процјену висина и осталих структурних елемената (Ulah et al., 2017).

Поређењем резултата добијених ласерским скенирањем (LiDAR), радаром са синтетичком апертуром (SAR) и радаром са интерферометријском синтетичком апертуром (InSAR) показало је да се најпрецизнији резултати добијају ласерским скенирањем и да увођење InSAR радарског снимања незнатно повећава прецизност ласерског скенирања (Hyde et al., 2007; Nelson et al., 2007).

Развој дигиталних фотоапарата и фотограметријских софтвера уводи аерофотограметријска мјерења као нови извор података у планирање газдовања и управљање шумама. Поређења резултата фотоинтерпретације панхроматских стерео-аерофотограметријских снимака, просторне резолуције 17 cm, и ласерског скенирања густоће 7,4 тачака/ $m^2$  извршено је премјером 63 огледне површине у бореалној шуми југоисточне Норвешке. Израђен је и ДТМ из података ласерског скенирања. Прецизнији резултати премјера висина у младим и зрелим састојинама на лошијим стаништима добијени су на основу фотоинтерпретације аероснимака. За све остале структурне елементе прецизнији резултати добијени су ласерским скенирањем. Разлике нису биле значајне (Gobakken et al., 2015).

Трошкови ласерског скенирања у великој мјери зависе од величине и облика површине која се скенира. У Финској просјечна цијена скенирања износи 2 – 5 €/ha, док скенирање сталних огледних површина кошта око 100 € по огледној површини (Yu et al., 2004).

Поређењем укупне цијене коштања процјене структурних елемената на основу фотоинтерпретације аероснимака и ласерског скенирања помоћу анализе цијена и губитака закључено је да фотоинтерпретација аероснимака изискује дупло веће трошкове од ласерског скенирања. Истраживањем на двије локације у Норвешкој утврђено је да цијена инвентуре и губици у нето садашњој вриједности за фотоинтерпретацију износе 56,40 и 51,80 €/ha, а за ласерско скенирање 24,80 и 24,70 €/ha. Цијена фотограметријског аеро-премјера била је релативно ниска (5,53 €/ha), а ласерског скенирања релативно висока (11,39 €/ha). Губици настали доношењем лоших одлука приликом управљања шумама на основу погрешних података били су релативно високи за фотоинтерпретацију аероснимака (46,30 – 50,90 €/ha), а релативно ниски за ласерско скенирање (13,30 – 13,40 €/ha) (Eid et al., 2004).

Ласерско скенирање из ваздуха (ALS) је главна метода прикупљања података за планирање газдовања и управљање шумама у скандинавским земљама више од 15 година. На основу посљедњих истраживања, резултати добијени помоћу дигиталне аерофотограметрије (DAP) незнатно су лошији од резултата ласерског скенирања, уз знатно мање трошкове аероснимања. Дакле, треба утврдити јесу ли тачнији и прецизнији подаци ласерског скенирања вриједни већих трошкова прикупљања података. У анализи **цијена-плус-губитак** обрачунава се квалитет добијених података, исказан у новцу, утврђивањем губитака због погрешних одлука у планирању газдовања и управљању шумама насталих на основу недовољно тачних информација. Ови трошкови се додају цијени инвентуре.

Ако би се подаци премјера користили само у првих пет година, укупни трошкови аерофотограметријског премјера (33,31 €/ha) били би за 1,26 €/ha нижи од трошкова ласерског скенирања (34,57 €/ha). Ако би се подаци користили 10 година, укупни трошкови DAP (52,15 €/ha) били би за 1,13 €/ha

виши од ALS (51,02 €/ha). На темељу ове анализе, ако се подаци користе до 10 година, нема разлога за коришћење скупљих ALS података јер су подаци DAP једнако употребљиви. Ако се подаци користе 15 и више година ALS се показао као боље рјешење (Kangas et al., 2018).

### 3. ПОВОД ЗА ИСТРАЖИВАЊЕ И ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Системи и поступци прикупљања таксационих података примјењивани у досадашњој пракси уређивања шума у Босни и Херцеговини, а тиме и у Републици Српској, ослањали су се у потпуности на терестричку инвентуру шума. Искуства из неких европских земаља (Хрватска, Аустрија, Швајцарска, Њемачка, скандинавске земље и Русија) позитивно говоре о могућности примјене даљинске детекције и аерофотограметрије приликом практичног уређивања шума. У прилог оваквим, практичним, рјешењима иде и развој информационе технологије као такве. У складу са претходним констатацијама, интерес шумарске науке и струке је да се истражи реална могућност примјене аерофотограметрије приликом инвентуре шума у Републици Српској.

Наведене констатације иницирале су ова истраживања. Најзначајнија питања на која треба дати одговоре дефинисала су постављене хипотезе:

- Не постоје статистички значајне разлике у структурним и производним карактеристикама објеката истраживања утврђених на бази различитих метода премјера;
- Премјер на основу аероснимака знатно је економичнији у односу на терестричке методе премјера;
- Подаци добијени на основу аероснимака могли би се користити приликом израде оперативних планова газдовања шумама;
- Компромисно рјешење представљала би комбинација терестричке инвентуре и инвентуре на бази аероснимака.

#### 4. ЗАДАЦИ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

На основу прегледа досадашњих истраживања и дефинисаних хипотеза формулисани су следећи задаци истраживања:

- Терестричким премјером (тотални и дјелимични премјер) утврдити структурне и производне карактеристике истраживаних састојина,
- На основу терестричких података израдити регресионе моделе за процјену прсног пречника и текућег дебљинског прираста на бази елемената видљивих на аероснимцима,
- На бази мјерљивих нумеричких елемената на аероснимцима и процијењених (моделованих) елемената утврдити структурне и производне карактеристике истраживаних састојина,
- Извршити упоредну анализу добијених резултата структурне изграђености и производности истраживаних састојина по наведеним начинима премјера,
- Извршити упоредну анализу утрошка времена приликом спроведених начина премјера,
- На бази спроведених анализа сагледати могућност и степен употребљивости инвентуре шума на бази аероснимака у контексту даље употребе података у различитим шумарским дисциплинама,
- Предложити могућа рјешења.

Наведени задаци су почетни корак у остваривању постављених циљева овог истраживања:

- Оперативна примјена нових технологија и метода,
- Скраћење обима теренског рада и смањење трошкова,
- Повећање ефикасности, прецизности и тачности мјерења,
- Ширење информација и популаризација даљинске детекције и аерофотограметрије,
- Оспособљавање кадрова и примјена података у различитим шумарским дисциплинама,
- Развој научне мисли и практичних рјешења.

## 5. ОБЈЕКАТ ИСТРАЖИВАЊА

### 5.1. Основне карактеристике објекта истраживања

Објекат истраживања чине десет огледних површина одабраних тако да репрезентују најзаступљеније категорије шума у државном и приватном власништву у Републици Српској. Из података Јавног предузећа шумарства „Шуме Републике Српске” може се видјети да су најзаступљеније шуме букве (високе, високе деградиране и изданачке) са 347.306,51 ha, односно 32,94% свих шума у државном и приватном власништву у Републици Српској. На другом мјесту су високе чисте и мјешовите шуме јеле и смрче и мјешовите шуме букве, јеле и смрче са 245.167,66 ha, односно 23,25%. Поред ових шума, значајну површину заузимају културе и вјештачки подигнуте састојине смрче, бијелог и црног бора са 52.118,22 ha, односно 4,94%.

Како се на аероснимцима не може утврдити поријекло састојине, изданачке шуме букве нису биле предмет проучавања. Исто тако, предмет проучавања нису биле ни високе деградиране шуме букве, којих и не би требало да буде у шумском фонду.

Да би се смањили трошкови теренских радова и авиоснимања, одлучено је да се све огледне површине поставе у западном дијелу Републике Српске. Након детаљног обиласка шума овог подручја одабрана су одјељења у којима су се могле поставити огледне површине.

С обзиром на то да се у Републици Српској за све високе шуме са природном обновом прописује систем газдовања скупинасто-пребирним сјечама било је тешко одабрати одјељења са хомогеним састојинама букве. Када је у питању ова категорија шума, ужи избор је пао на двије састојине, од којих је једна у ГЈ „Дубичка гора”, одјељење 104, а друга у ГЈ „Мулеж – Љубинска планина”, одјељење 65. У првој састојини процијењено је да има око 2.500 стабала по хектару (таксациона граница 5 cm), са средњим пречником од 12 до 15 cm, а у другој састојини око 650 стабала по хектару, са средњим пречником између 25 и 30 cm. Накнадним обиласком и анализом састојинских

(структурних) карактеристика одлучено је да се за истраживање одабере друга састојина. Просторне и географске карактеристике свих огледних површина дате су у табели 3 и на слици 1.

**Табела 3.** Величина и географски положај огледних површина

Огледна површина	Димензије [m]	Површина [ha]	ШПП	Газдинска јединица	Одјељење и одсјек
ОП 1	150 x 250	3,75	Которварошко	Врбања	88/2 с
ОП 2	190 x 200	3,80	Козарачко	Козара приједорска	20/2 а
ОП 3	200 x 200	4,00	Рибничко	Мулеж – Љубинска пл.	65 а
ОП 4	200 x 300	6,00	Рибничко	Мулеж – Љубинска пл.	65 h
ОП 5	200 x 350	7,00	Посавско	Гумјера – Царева гора	102
ОП 6	200 x 350	7,00	Чемерничко	Чемерница	74 а
ОП 7	200 x 350	7,00	Доњеврбаско	Мањача	23 а
ОП 8	200 x 350	7,00	Мркоњићко	Дубичка гора	51 а
ОП 9	300 x 350	10,50	Источнодрварско	Потоци – Ресановача	76 а
ОП 10	300 x 350	10,50	Источнодрварско	Потоци – Ресановача	77 а



**Слика 1.** Географски положај огледних површина (поклон предузећа **ИНФОМАП**)



## 5.2. Станишне и састојинске карактеристике огледних површина

Елементи описа станишта и састојина у којима су постављене огледне површине за ова истраживања, као и њихова позиција у простору, приказани су у наредном тексту, односно на сликама 2 – 11. На сликама је приказан и правац налета авиона током снимања огледних површина.

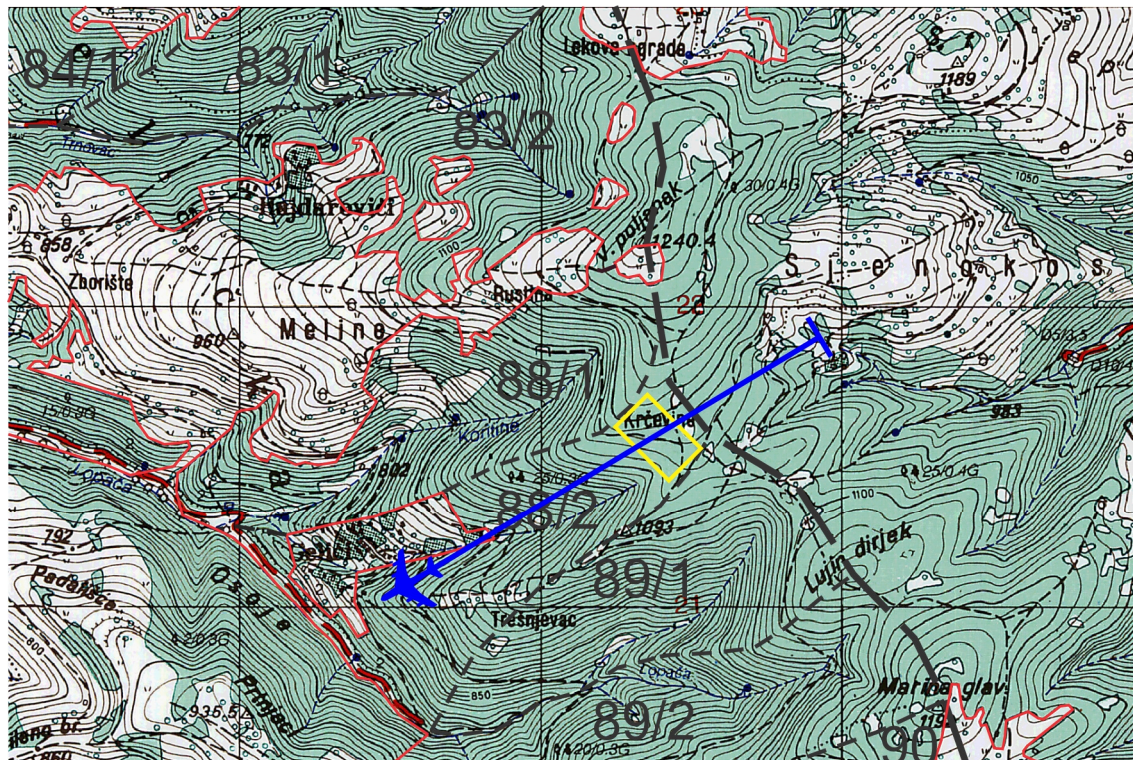
### Огледна површина 1

Опис станишта:

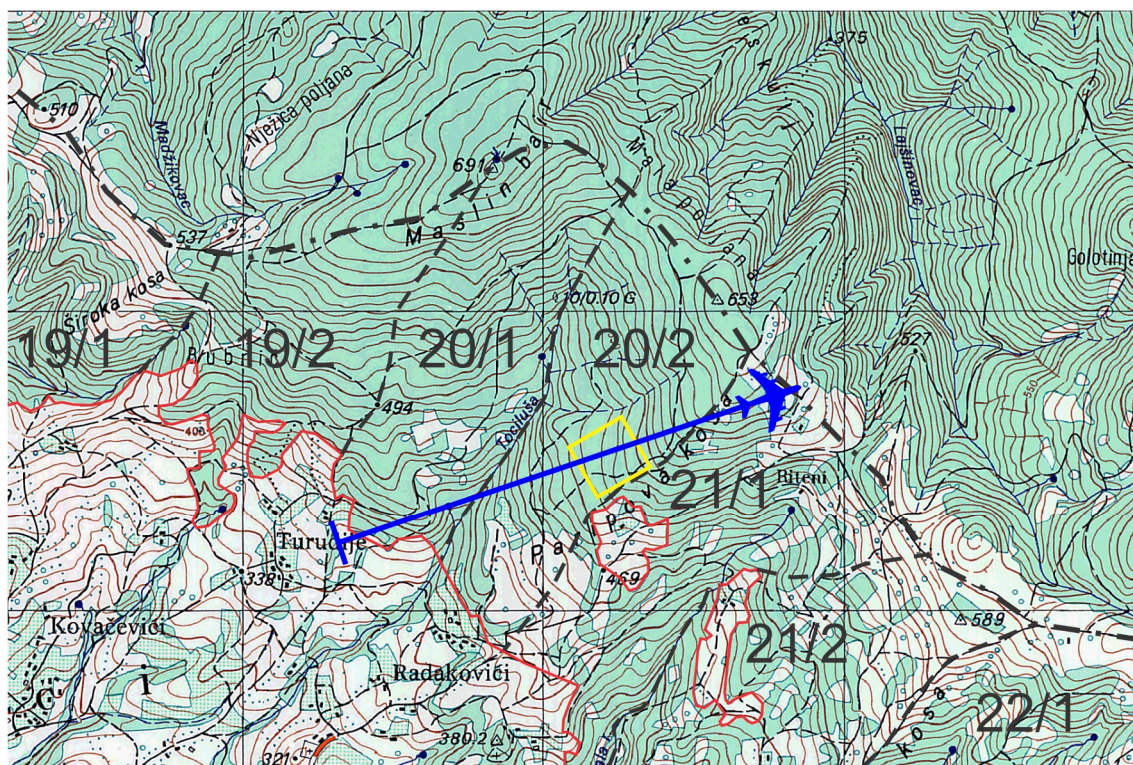
- Надморска висина: 1.110 – 1.165 m,
- Облик терена: страна (падина),
- Нагиб терена: средње стрм до стрм (5 – 15°),
- Рељеф (врста нагиба): уједначен,
- Експозиција: J – JZ,
- Регионална биљна заједница: брдске шуме букве,
- Основни тип шуме: брдске шуме букве на земљишној комбинацији еутричног камбисола и лувисола на флишним седиментима,
- Производни тип шуме: брдске шуме букве на дубоким земљиштима на флишним седиментима.

Опис састојине:

- Састојинска припадност: вјештачки подигнута састојина смрче,
- Старост: 45 година,
- Поријекло: вјештачко,
- Структурни облик: једнодобна,
- Развојна фаза: средње доба,
- Очуваност: очувана,
- Мјешовитост: чиста,
- Склоп: густ (0,89),
- Квалитет стабала: смрча 2/3,
- Његованост: средње његована.



Слика 2. Огледна површина 1



Слика 3. Огледна површина 2

## Огледна површина 2

### Опис станишта:

- Надморска висина: 505 – 550 m,
- Облик терена: страна (падина),
- Нагиб терена: стрм до врло стрм (10 – 20°),
- Рељеф (врста нагиба): конкаван,
- Експозиција: SZ – Z,
- Регионална биљна заједница: шуме китњака и обичног граба,
- Основни тип шуме: брдске шуме китњака на дубоким дистричним камбисолима на пјешчарима,
- Производни тип шуме: брдске шуме китњака на дубоким киселим силикатним земљиштима.

### Опис састојине:

- Састојинска припадност: вјештачки подигнута састојина црног бора,
- Старост: 58 година,
- Поријекло: вјештачко,
- Структурни облик: једнодобна,
- Развојна фаза: доба зрелости,
- Очуваност: очувана,
- Мјешовитост: чиста,
- Склоп: врло густ (0,91),
- Квалитет стабала: црни бор 2/3,
- Његованост: средње његована.

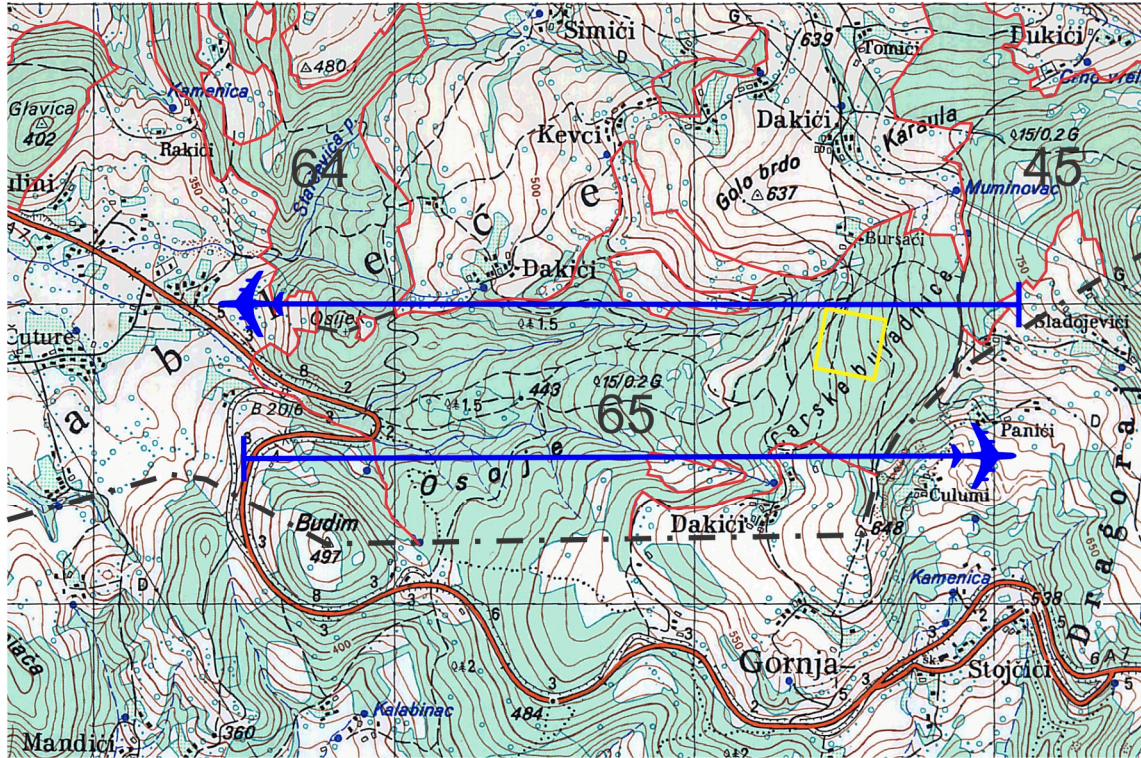
### Огледна површина 3

#### Опис станишта:

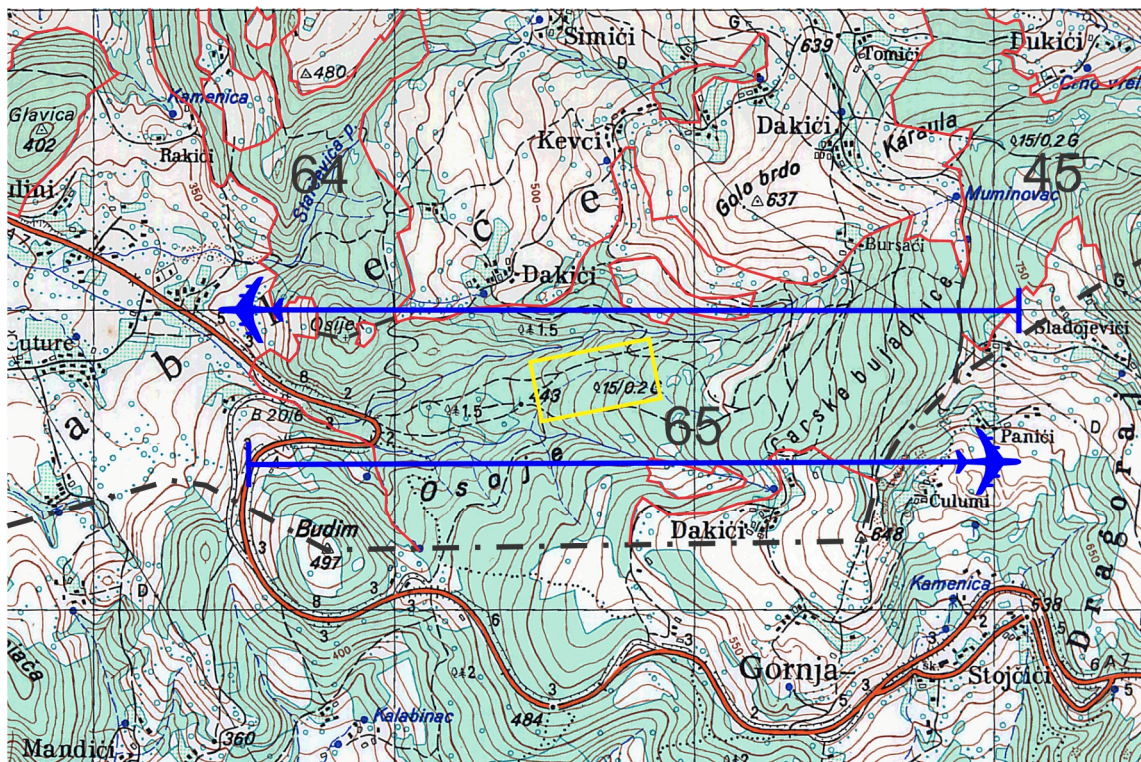
- Надморска висина: 595 – 640 m,
- Облик терена: страна (падина),
- Нагиб терена: стрм (10 – 15°),
- Рељеф (врста нагиба): уједначен,
- Експозиција: JZ – Z,
- Регионална биљна заједница: брдске шуме букве,
- Основни тип шуме: брдске шуме букве на лувисолу на битуминозном кречњаку,
- Производни тип шуме: брдске шуме букве на претежно дубоким земљиштима на кречњацима.

#### Опис састојине:

- Састојинска припадност: вјештачки подигнута састојина црног бора,
- Старост: 47 година,
- Поријекло: вјештачко,
- Структурни облик: једнодобна,
- Развојна фаза: доба дозријевања,
- Очуваност: очувана,
- Мјешовитост: чиста,
- Склоп: густ (0,88),
- Квалитет стабала: црни бор 2/3,
- Његованост: добро његована.



Слика 4. Огледна површина 3



Слика 5. Огледна површина 4

#### Огледна површина 4

##### Опис станишта:

- Надморска висина: 450 – 510 m,
- Облик терена: страна (падина),
- Нагиб терена: средње до врло стрм (5 – 20°),
- Рељеф (врста нагиба): изломљен,
- Експозиција: Z – SZ,
- Регионална биљна заједница: брдске шуме букве,
- Основни тип шуме: брдске шуме букве на лувисолу на битуминозном кречњаку,
- Производни тип шуме: брдске шуме букве на претежно дубоким земљиштима на кречњацима.

##### Опис састојине:

- Састојинска припадност: висока шума букве,
- Старост: 70 – 75 (73) година,
- Поријекло: мјешовито,
- Структурни облик: једнодобна,
- Развојна фаза: доба зрелости,
- Очуваност: очувана,
- Мјешовитост: чиста,
- Склоп: врло густ (0,97),
- Квалитет стабала: буква 1, 2/3,
- Његованост: средње његована.

## Огледна површина 5

### Опис станишта:

- Надморска висина: 185 – 225 m,
- Облик терена: страна (падина),
- Нагиб терена: стрм до врлетан (10 – 40°),
- Рељеф (врста нагиба): изломљен,
- Експозиција: разне (SZ – SI – II),
- Регионална биљна заједница: брдске шуме букве,
- Основни тип шуме: брдске шуме букве на псеудоглеју,
- Производни тип шуме: брдске шуме букве на дубоким киселим силикатним земљиштима.

### Опис састојине:

- Састојинска припадност: висока шума букве,
- Старост: 80 – 85 (83) година,
- Поријекло: сјеменско,
- Структурни облик: једнодобна,
- Развојна фаза: доба зрелости,
- Очуваност: очувана,
- Мјешовитост: чиста,
- Склоп: густ (0,89),
- Квалитет стабала: буква 1,
- Његованост: добро његована.





## Огледна површина 6

### Опис станишта:

- Надморска висина: 1.115 – 1.170 m,
- Облик терена: страна (падина),
- Нагиб терена: средње стрм до стрм (5 – 15°),
- Рељеф (врста нагиба): уједначен,
- Експозиција: SI,
- Регионална биљна заједница: шуме букве и јеле са смрчком,
- Основни тип шуме: шуме букве у појасу шума букве и јеле са смрчком на мозаику калкомеланосола, калкокамбисола и лувисола на једрим кречњацима,
- Производни тип шуме: шуме букве у појасу шума букве и јеле на претежно плитким кречњачким земљиштима.

### Опис састојине:

- Састојинска припадност: висока шума букве,
- Поријекло: сјеменско,
- Структурни облик: разнодобна,
- Очуваност: очувана,
- Мјешовитост: чиста,
- Склоп: врло густ (0,93),
- Квалитет стабала: буква 2/3,
- Његованост: средње његована.

## Огледна површина 7

### Опис станишта:

- Надморска висина: 880 – 905 m,
- Облик терена: плато,
- Нагиб терена: средње до врло стрм (5 – 20°),
- Рељеф (врста нагиба): вртачаст,
- Експозиција: разне,
- Регионална биљна заједница: шуме букве и јеле,
- Основни тип шуме: шуме букве и јеле на мозаику стјеновитости калкомеланосола, калкокамбисола и лувисола на једрим кречњацима,
- Производни тип шуме: шуме букве и јеле на претежно плитким кречњачким земљиштима.

### Опис састојине:

- Састојинска припадност: висока шума букве и јеле,
- Поријекло: сјеменско,
- Структурни облик: разнодобна,
- Очуваност: очувана,
- Мјешовитост: мјешовита,
- Смјеша: стаблмична и групимична,
- Склоп: врло густ (0,92),
- Квалитет стабала: буква 2/3; јела 3,
- Његованост: средње његована.



## Огледна површина 8

### Опис станишта:

- Надморска висина: 935 – 995 m,
- Облик терена: страна (падина),
- Нагиб терена: средње стрм до стрм (5 – 15°),
- Рељеф (врста нагиба): уједначен,
- Експозиција: JZ,
- Регионална биљна заједница: шуме букве и јеле,
- Основни тип шуме: шуме букве у појасу шума букве и јеле на мозаику стјеновитости калкомеланосола, калкокамбисола и лувисола на једрим кречњацима,
- Производни тип шуме: шуме букве у појасу шума букве и јеле на претежно дубоким кречњачким земљиштима.

### Опис састојине:

- Састојинска припадност: висока шума букве и горског јавора,
- Поријекло: сјеменско,
- Структурни облик: разнодобна,
- Очуваност: очувана до дјелимично разријеђена,
- Мјешовитост: мјешовита,
- Смјеша: групимична,
- Склоп: потпун до густ (0,78),
- Квалитет стабала: буква 1, 2/3; горски јавор 2/3,
- Његованост: средње његована.

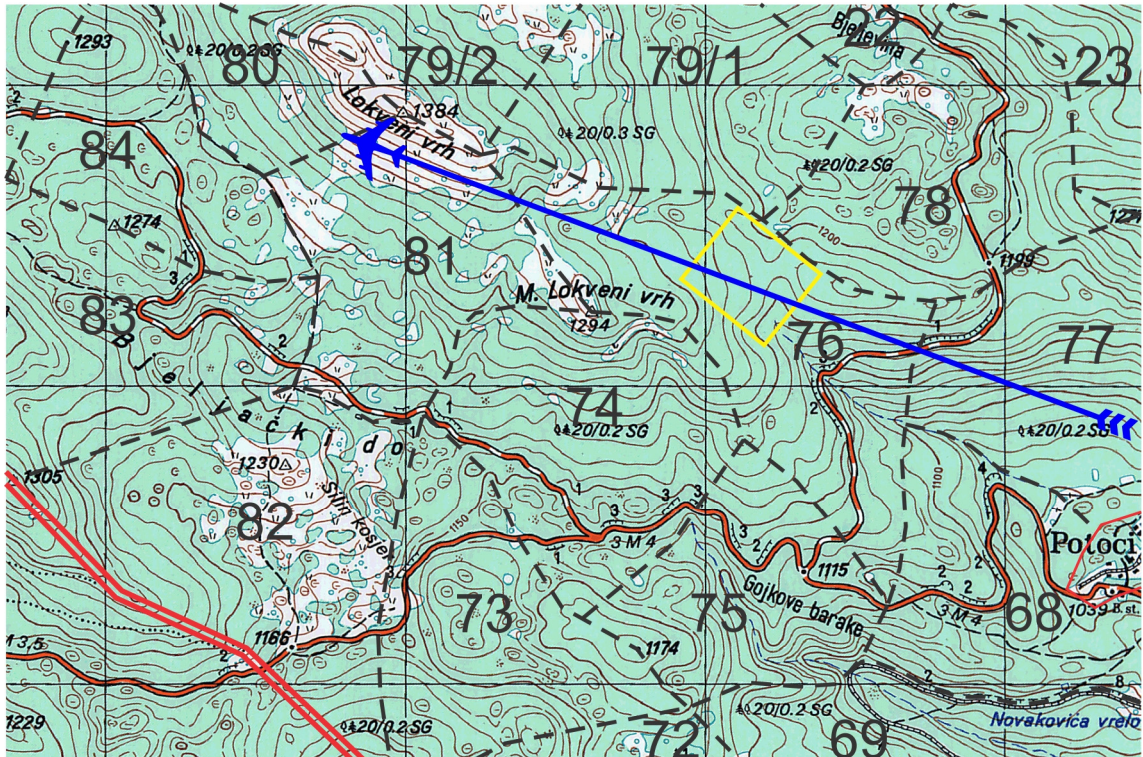
## Огледна површина 9

### Опис станишта:

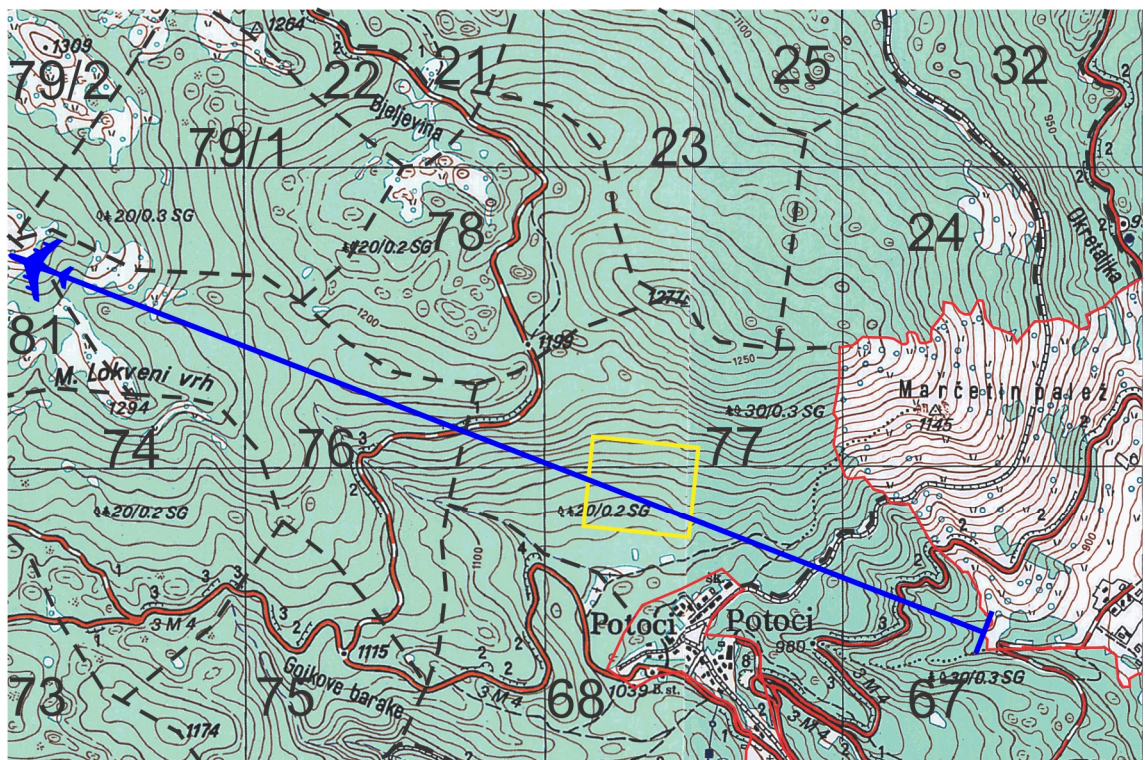
- Надморска висина: 1.190 – 1.245 m,
- Облик терена: страна (падина),
- Нагиб терена: средње до врло стрм (5 – 20°),
- Рељеф (врста нагиба): изломљен,
- Експозиција: разне,
- Регионална биљна заједница: шуме букве, јеле и смрче,
- Основни тип шуме: шуме букве и јеле са смрчом на земљишној комбинацији калкомеланосола и плитког калкокамбисола на доломитима,
- Производни тип шуме: шуме букве и јеле са смрчом на плитким доломитним земљиштима.

### Опис састојине:

- Састојинска припадност: пребирна шума букве и јеле са смрчом,
- Поријекло: сјеменско,
- Структурни облик: пребирна,
- Очуваност: очувана,
- Мјешовитост: мјешовита,
- Смјеша: стаблмична,
- Склоп: врло густ (0,92),
- Квалитет стабала: буква, јела, смрча: 1, 2/3,
- Његованост: добро његована.



Слика 10. Огледна површина 9



Слика 11. Огледна површина 10

## Огледна површина 10

### Опис станишта:

- Надморска висина: 1.055 – 1.115 m,
- Облик терена: страна (падина),
- Нагиб терена: средње до врло стрм (5 – 20°),
- Рељеф (врста нагиба): конкаван,
- Експозиција: J,
- Регионална биљна заједница: шуме букве, јеле и смрче,
- Основни тип шуме: шуме букве и јеле са смрчом на земљишној комбинацији калкомеланосола и плитког калкокамбисола на доломитима,
- Производни тип шуме: шуме букве и јеле са смрчом на плитким доломитним земљиштима.

### Опис састојине:

- Састојинска припадност: пребирна шума букве и јеле са смрчом,
- Поријекло: сјеменско,
- Структурни облик: пребирна,
- Очуваност: очувана,
- Мјешовитост: мјешовита,
- Смјеша: стаблмична,
- Склоп: врло густ (0,95),
- Квалитет стабала: буква, јела, смрча: 1, 2/3,
- Његованост: добро његована.

## 6. МЕТОД РАДА

### 6.1. Прикупљање података

#### 6.1.1. Терестричко прикупљање података

Након избора одјељења у којима ће се поставити огледне површине приступило се њиховом формирању. Издајање огледних површина извршено је бусолним полигоним влаком уз помоћ бусоле Wyssen MI – 4007, пантљике од 30 m и кочића дужине 1 m. Грешка затварања била је испод дозвољене грешке за бусолни полигони влак ( $p_{m\Delta} < 1\%$  укупне дужине влака) и за поједине огледне површине износила је:

- ОП 1:  $p_{m\Delta} = 0,125\%$ ,
- ОП 2:  $p_{m\Delta} = 0,158\%$ ,
- ОП 3:  $p_{m\Delta} = 0,362\%$ ,
- ОП 4:  $p_{m\Delta} = 0,308\%$ ,
- ОП 5:  $p_{m\Delta} = 0,136\%$ ,
- ОП 6:  $p_{m\Delta} = 0,150\%$ ,
- ОП 7:  $p_{m\Delta} = 0,405\%$ ,
- ОП 8:  $p_{m\Delta} = 0,152\%$ ,
- ОП 9:  $p_{m\Delta} = 0,085\%$ ,
- ОП 10:  $p_{m\Delta} = 0,166\%$ .

Након установљавања величине ове грешке приступило се њеном исправљању и обиљежавању граница огледних површина љубичастом бојом у виду тачака на стаблима која се догледају.

Координате тјемена огледне површине снимљене су професионалним GPS уређајем *Topcon HiPer II*.

Након оснивања огледних површина приступило се потпуном (тоталном) премјеру свих стабала прсног пречника изнад таксационе границе од 5 cm.

Обиљежавање граница огледних површина и тотални премјер стабала извршени су од 07. 07. до 25. 09. 2010. године.



Код дјелимичног премјера примјерне површине су постављене у квадратној мрежи, на међусобном растојању од 50 m, са центрима који су обиљежени кочићима (систематски узорак). На првој огледној површини постављено је 15 примјерних површина, на другој и трећој по 16, на четвртој 24, на петој, шестој, седмој и осмој по 28, а на деветој и десетој по 42 примјерне површине.

На огледним површинама у једнодобним и разнодобним састојинама дјелимични премјер је извршен помоћу примјерних површина у виду кругова са константним полупречником, а у пребирним састојинама помоћу кружних површина угаоног израјања, као најекономичнијим облицима примјерних површина у састојинама проучаваних структурних облика (Џуковић, 2005).

Величина кругова са константним полупречником зависила је од процијењеног броја стабала по хектару у конкретној састојини (огледној површини), а одабрана је тако да на кругу буде од 15 до 25 стабала. Овакви кругови сматрају се оптималним, јер су мањи кругови мање економични а већи кругови мање тачни, односно мање прецизни (Banković, Pantić, 2006). На огледним површинама 1 – 4 постављени су кругови од 2 ара, на површинама 5 – 7 кругови од 5 ари, а на огледној површини 8 кругови од 10 ари. У складу са приближним бројем стабала по хектару и процијењеном величином средњег састојинског пречника, код угаоног израјања коришћен је фактор израјања  $C = 2$ .

Приликом реализације дјелимичног премјера евидентирано је вријеме потребно за обављање појединих радних операција, као и укупно вријеме проведено на примјерној површини. Снимано је вријеме обављања следећих операција:

- Прелаз са круга на круг и обиљежавање центра круга,
- Премјер прских пречника стабала на кругу,
- Мјерење висина и бушење стабала (само на детаљним круговима),
- Укупно вријеме проведено на кругу.

Приликом премјера коришћени су следећи инструменти:

- Алуминијумска пречница Naglöf од 80 cm,
- Прслерово сврдло од 25 cm истог произвођача,

- Ултразвучни висиномјер Haglöf – Vertex IV са транспондером,
- Битерлихов реласкоп система „*Metrisch Standard*”,
- Kronenspiegel – Densiometer,
- Пантљика од 30 m,
- Штоперица CASIO.

Дјелимични премјер огледних површина обављен је од 11. 08. до 31. 08. 2011. године.

Мјерење хоризонталне пројекције крошњи моделних стабала извршено је помоћу инструмента Kronenspiegel – Densiometer. Код стабала четинарских и лишћарских врста дрвећа нормално развијених крошњи од центра стабла постављано је 8 полупречника у смјеру: S, SI, I, II, J, JZ, Z и SZ. На њима је регистрована хоризонтална пројекција врха најудаљеније живе гране која чини компактну крошњу. Код лишћарских стабала ексцентричних крошњи центар полупречника постављао се у тачку која би могла да буде тежиште хоризонталне пројекције површине крошње. Мјесто ове тачке процјењивано је помоћу наведеног инструмента.

На свакој огледној површини хоризонтална пројекција крошње одређивана је на 13 до 15 стабала у сваком дебљинском степену (моделна стабла). Ако би се утврдило да је коефицијент варијације површина хоризонталних пројекција крошњи стабала једног дебљинског степена већи од 30% (граница до које се препоручује употреба аритметичке средине као мјере централне тенденције), накнадно би се извршило мјерење на још једном или два стабла у том дебљинском степену.

Изузетак су пребирне састојине букве, јеле и смрче, гдје је хоризонтална пројекција крошње, за сваку врсту дрвећа, одређивана на 8 стабала по дебљинском степену. Како су у састојинама овог структурног облика издвојене само двије огледне површине, укупан број стабала за израду статистичког модела добијен је сабирањем броја стабала исте врсте дрвећа по дебљинским степенима. Дакле, када су у питању пребирне састојине, за сваку врсту дрвећа, у сваком дебљинском степену утврђена је површина хоризонталне пројекције крошње за 16 стабала.

Поред хоризонталне пројекције крошње моделним стаблима мјерени су и прсни пречник, висина и текући дебљински прираст. Такође, утврђиван је број стабала на кругу полупречника који је одређен на основу растојања до најудаљенијег стабла чија крошња додирује крошњу моделног стабла, или има недвосмислен утицај на њу. У првој варијанти изабрана су стабла прсног пречника већег од 5 cm, а у другој варијанти стабла пречника већег од 10 cm.

Мјерења на моделним стаблима извршена су од 08. 11. 2011. до 12. 11. 2015. године. Мјерења на стаблима лишћарских врста дрвећа, као и на четинарским у пребирним састојинама, обављена су ван вегетационог периода.

### **6.1.2. Прикупљање података са аероснимака**

Аероснимање огледних површина обављено је 11. 08. 2011. године авионом CESNA 182 P, са уграђеном камером *UNIT DIMAC LITE* резолуције 40 MP (7256 x 5452). Просторна резолуција аероснимака је 10 cm. Снимање је обављено од 11 до 13 часова. Овај период дана је најпогоднији за аероснимање (Zagalikis et al., 2005). Геореференцирање и спајање појединачних аероснимака у блокове извршили су стручњаци геодетске струке из предузећа ИНФОМАП д.о.о. Блокови су настали спајањем појединачних аероснимака са уздужним преклопом (у правцу лета авиона) од око 60%, по методи независних стереопара. Блок на коме се налазе ОП 3 и ОП 4 имао је два низа аероснимака, а блок на коме се налази ОП 5 три низа аероснимака.

Фотограметријска радна станица, на којој су прикупљани подаци са стереопара, има следећу конфигурацију:

- Матична плоча (*Motherboard*): *ASUS P5N-E SLI*,
- Процесор (*CPU*): *Intel Core 2 Quad Q6700 (2,66 GHz/8M)*,
- Графичка карта (*Video Card*): *NVIDIA Quadro K600 (1 GB DDR3)*,
- Тврди дискови (*Hard Drive*): *C:SSD 120 GB; D:HDD 300 GB*,
- Напајање (*PSU*): *Thermaltake Smart SE 730W*,
- Оперативни систем (*OS*): *Windows 7 Professional 64-bit*,
- Радна меморија (*RAM*): 4 GB,
- Екран (*Monitor*): *ASUS VG 248 (3D LED, 144 Hz)*,
- Миш (*Mouse*): *Logitech G403*.

Као хардверски додатак коришћене су *NVIDIA 3D Vision 2 Wireless* наочале са IR трансмитером. Ове наочале у комбинацији са *NVIDIA Quadro* графичком картом омогућавају 3D ефекат у *Page Flipping* стереомоду.

Прикупљање података у стереомоду извршено је помоћу програма *PHOTOMOD 5*, модул *StereoDraw*.

Тјемена огледних површина, чије су координате снимљене приликом теренских радова, у стереомоду су спојене линијама. Центри кругова су позиционирани на центре кругова терестричке инвентуре уз помоћ маркантних стабала, на основу контраазимута и хоризонталног растојања тих стабала од центара кругова. Приликом постављања центара кругова терестричке инвентуре на сваком кругу лоцирана су најмање два таква стабла.

На истом принципу лоцирана су и моделна стабла којима је требало измјерити висину и хоризонталну пројекцију крошње, те утврдити број стабала чије крошње утичу на раст и развој њихових крошњи.

Да би се могле измјерити висине стабала требало је израдити дигиталне моделе терена (*DTM*) огледних површина. Они су направљени на основу података прикупљених у стереомоду. На огледним површинама 5 и 7, због велике купираниости терена, обављена су и додатна теренска мјерења.

Мјерење висина стабала у стереомоду своди се на пунктирање врхова стабала. Висинска разлика двије тачке истих координата ( $x, y$ ), које представљају врх и подножје стабла, даје висину стабла.

Површине хоризонталних пројекција крошњи добијене су на основу векторизације освијетљеног дијела крошње, увећаног за дијелове који се налазе у полусјени, а који су се недвосмислено могли идентификовати као дијелови крошње конкретног стабла. Векторизација је извршена помоћу затвореног 3D полигона.

Величине кругова који су се користили приликом премјера у стереомоду идентични су онима из терестричке инвентуре. Изузетак су огледне површине 9 и 10 гдје су коришћени кругови са константним полупречником од 17,84 m, односно кругови површине 10 ари. Сви кругови у стереомоду

третирани су као детаљни, односно свим стаблима која се налазе на кругу векторизована је крошња и пунктирани су им врхови.

Приликом рада у стереомоделу снимано је и вријеме потребно за обављање појединих радних операција, као и вријеме потребно за експортовање података из програма *PHOTOMOD* у програм *AutoCAD Map 3D* гдје су ти подаци обрађивани. Коришћене су академске верзије програма *AutoCAD Map 3D* (2015 и 2018). Снимано је вријеме обављања следећих операција:

- Постављање и обројчавање кругова,
- Прелаз са круга на круг,
- Пунктирање врхова стабала,
- Обројчавање врхова стабала,
- Векторизација крошњи,
- Експортовање података: *PHOTOMOD* ↔ *AutoCAD Map 3D*.

## **6.2. Обрада података**

Обрада података експортованих из програма *PHOTOMOD* у програм *AutoCAD Map 3D* готово је идентична обради података добијених терестричком инвентуром. Разлика је једино у томе што су се подаци добијени након обраде у програму *AutoCAD Map 3D* (површине хоризонталних пројекција крошњи и висине стабала) морали увести у регресионе моделе како би се процијенили прсни пречник и текући дебљински прираст опажаних стабала. Зато је дендрометријска обрада података добијених терестричким премјером и премјером на аероснимцима приказана заједно.

### **6.2.1. Дендрометријска обрада података**

#### **Висинска крива**

Висинске криве код оба начина премјера конструисане су на основу измјерених висина и измјерених (у случају терестричког премјера) или процијењених (у случају употребе аероснимака) прсних пречника истих стабала.

Притом, у стереомоделу се не могу видјети тања стабла чије су висине и прсни пречници коришћени за конструкцију висинске криве код терестричке инвентуре. Зато је узорак (број стабала са емпиријским подацима  $d$  и  $h$ ) за израду висинске криве мањи код фотоинтерпретације аероснимача него код терестричке инвентуре. Изравнавање висина у зависности од пречника у једнодобним и разnodобним састојинама извршено је аналитичким путем помоћу функције Михајлова:

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1,30. \quad (1)$$

У пребирним састојинама коришћена је Проданова функција:

$$h = \frac{d^2}{a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2} + 1,30. \quad (2)$$

Изравнате висине по дебљинским степенима, као један од улаза у двоулазне запреминске таблице, коришћене су за обрачун запремине на огледним површинама. Графички приказ висинских кривих и параметри функција дати су у прилогу 3.

### **Крива текућег дебљинског прираста**

Криве текућег дебљинског прираста конструисане су на основу утврђеног текућег дебљинског прираста истих стабала на основу чијих висина су конструисане и висинске криве. У једнодобним и разnodобним састојинама изравнавање текућег дебљинског прираста у зависности од прсног пречника извршено је помоћу квадратне функције (парабола другог реда):

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2. \quad (3)$$

У пребирним састојинама коришћена је кубна функција (парабола трећег реда):

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2 + a_3 \cdot d^3. \quad (4)$$

Изравнате вриједности текућег дебљинског прираста по дебљинским степенима коришћене су за обрачун текућег запреминског прираста.

### **Дебљинска структура**

Код тоталног премјера дебљинска структура, исказана по јединици површине од 1 ha, добијена је дијелењем укупног броја стабала појединих врста дрвећа по дебљинским степенима са површином огледне површине.

Код дјелимичног премјера, као и код фотоинтерпретације аероснимака, дебљинска структура је приказивана по примјерним површинама (елементима узорка), и исказана на јединици површине од 1 ha. Сабирањем броја стабала конкретне врсте дрвећа по дебљинским степенима добијен је укупан број стабала те врсте дрвећа. Сабирањем броја стабала различитих врста дрвећа у конкретном дебљинском степену добијен је укупан број стабала у том степену.

### **Дистрибуција темељнице**

Код тоталног премјера, темељница по дебљинским степенима [ $m^2/ha$ ] појединих врста дрвећа добијена је множењем броја стабала тих врста дрвећа на једном хектару са темељницом средњег стабла степена. С обзиром на то да је тотални премјер на огледним површинама извршен 2010. године, а дјелимични премјер и аероснимање 2011. године, темељници која је добијена тоталним премјером додана је вриједност текућег прираста како би се сви подаци односили на стање у 2011. години, односно години аероснимања.

Код дјелимичног премјера, као и код фотоинтерпретације аероснимака, дистрибуција темељнице приказивана је по примјерним површинама као елементима узорка и исказивана по јединици површине од 1 ha. Сабирањем темељница појединих врста дрвећа по дебљинским степенима добијена је укупна темељница тих врста дрвећа, а сабирањем темељница различитих врста дрвећа по дебљинским степенима добијена је укупна темељница у тим степенима.

### **Дистрибуција запремине**

Запремина у дебљинским степенима [ $m^3/ha$ ] појединих врста дрвећа код тоталног премјера добијена је множењем броја стабала на једном хектару у

тим степенима са запремином средњег стабла степена, очитаном из двоулазних запреминских таблица (цијело стабло). Запремина добијена тоталним премјером увећана је за износ текућег запреминског прираста како би се све вриједности свеле на стање у 2011. години када је извршен дјелимични премјер и аероснимање.

На исти начин добијена је и запремина по дебљинским степенима код дјелимичног премјера и приликом фотоинтерпретације аероснимака, с том разликом што је дистрибуција приказивана по примјерним површинама. Укупне запремине по дебљинским степенима и врстама дрвећа добијене су на исти начин као и приликом обрачуна броја стабала и темељнице.

У СР БиХ, шездесетих година прошлог вијека, направљене су тарифе за шест главних врста дрвећа. Нешто касније направљене су и двоулазне запреминске таблице за јелу и смрчу. Како је метод двоулазних запреминских таблица много поузданији метод обрачуна запремине, одлучено је да се он користи у овим истраживањима. Зато је помоћу Шумахер-Халове (Schumacher-Hall) функције извршено изравнање података из тарифних низова, при чему су добијени статистички подаци приказани у табели 4.

**Табела 4.** Параметри Шумахер-Халове функције двоулазних запреминских таблица

Врста дрвећа	$v = a \cdot d^b \cdot h^c$			Коефицијент корелације	Стандардна грешка регресије
	$a$	$b$	$c$		
Јела	0,0001687	2,0011106	0,6003806	0,99961	0,091
Смрча	0,0001076	1,8343491	0,8937625	0,99997	0,023
Б. Бор	0,0001075	2,0461059	0,6464724	0,99986	0,041
Ц. бор	0,0000597	1,9869468	0,8891079	0,99997	0,019
Буква	0,0000498	2,0378389	0,9384418	0,99998	0,023
Храст	0,0000713	2,1608392	0,6675868	0,99994	0,024

### Дистрибуција запреминског прираста

Текући запремински прираст у дебљинским степенима [ $m^3/ha$ ] појединих врста дрвећа добијен је по методи дебљинског прираста:

$$I_{vd} = \frac{\Delta v}{a} \cdot \hat{i}_d \cdot N_d, \quad (5)$$



гдје је:

$\Delta v$  – тарифна разлика у дебљинском степену,

$a$  – ширина дебљинског степена,

$\hat{i}_d$  – изравната вриједност текућег дебљинског прираста у дебљ. степену,

$N_d$  – број стабала у дебљинском степену.

Укупан текући запремински прираст до дебљинским степенима и врстама дрвећа добијен је на исти начин као и укупне вриједности претходно приказаних таксационих елемената.

### **6.2.2. Статистичка обрада података**

Све статистичке обраде података обављене су у програмима *STATISTICA 10* и *STATISTICA 13*, као и *Microsoft Office Excel 2007*.

Код дјелимичног премјера и фотоинтерпретације аероснимака вриједности таксационих елемената по дебљинским степенима добијени су као аритметичке средине вриједности тих елемената на примјерним површинама. Приликом статистичке обраде израчунати су и остали статистички показатељи: минимум, максимум, стандардна девијација, коефицијент варијације и двострука релативна стандардна грешка процјене.

### **Тестирање аритметичких средина**

Тестом значајности разлике тестирана је разлика између аритметичких средина таксационих елемената ( $N$ ,  $G$ ,  $V$ ,  $I_v$ ) добијених дјелимичним премјером и фотоинтерпретацијом аероснимака, као и разлике између ових и вриједности таксационих елемената добијених тоталним премјером. Тестирана је нулта хипотеза ( $H_0$ ) да нема статистички значајне разлике између средина третмана (начина премјера) по посматраном обиљежју. Број степена слободе са којима се улази у табелу  $t$ -дистрибуције је  $(n_1 + n_2 - 2)$ , односно  $(n - 1)$ , гдје је  $n$  – величина узорка.

## $\chi^2$ тест

Испитивање подударности опажане и очекиване дистрибуције стабала по дебљинским степенима извршено је помоћу  $\chi^2$  теста. Тестирана је разлика између дистрибуција стабала добијених дјелимичним премјером и фотоинтерпретацијом аероснимака, као и разлике између ових и дистрибуције добијене тоталним премјером. Класе са малом фреквенцијом груписане су тако да ни у једној класи очекиване дистрибуције вриједност није мања од 5. Изједначавање укупних фреквенција тестираних дистрибуција постигнуто је множењем релативне фреквенције опажане дистрибуције (по дебљинским степенима) са укупном фреквенцијом очекиване дистрибуције. Тестирана је нулта хипотеза ( $H_0$ ) да нема статистички значајне разлике између дистрибуција. Број степена слободе са којима се улази у  $\chi^2$  табелу је  $(k - 1)$ , gdje је  $k$  – број класа.

## Тест Колмогоров-Смирнов

Помоћу овог теста извршено је испитивање подударности дистрибуција темељнице, запремине и текућег запреминског прираста анализираних начина премјера. Тестирана је максимална апсолутна разлика између кумулативних фреквенција добијених дјелимичним премјером и фотоинтерпретацијом аероснимака, као и разлике између ових и кумулативне фреквенције добијене тоталним премјером. Тестирана је нулта хипотеза ( $H_0$ ) да нема статистички значајне разлике између кумулативних фреквенција.

## Тест парова

Као што је раније речено, приликом теренских радова моделним стаблима одређивани су сљедећи елементи:

- Прсни пречник,
- Текући дебљински прираст,
- Висина,
- Површина хоризонталне пројекције крошње,
- Број стабала у чијем окружењу расте и развија се моделно стабло.

Површина хоризонталне пројекције крошње моделних стабала одређена је по формули за површину круга на основу средњег полупречника:

$$P_k = \bar{r}^2 \cdot \pi. \quad (6)$$

Приликом теренских радова ова стабла су позиционирана из центара примјерних површина па су се могла пронаћи и идентификовати у стереомоделу. Наравно, стабла која су засјењена или наткривена крошњама виших стабала нису се могла видјети у стереомоделу. Углавном су то нижа и тања стабла.

Стаблима која су се могла идентификовати у стереомоделу измјерене су висине и површине хоризонталних пројекција крошње (површина неправилног полигона - *AutoCAD Map 3D*). Утврђен је и број стабала преведен на површину од 1 ha. Затим се приступило тестирању значајности разлика између парова (моделних стабала терестрички мјерених и идентификованих у стереомоделу). Тестирана је разлика у висинама, површинама хоризонталне пројекције крошње и броју стабала. Тестирана је нулта хипотеза ( $H_0$ ) да су разлике између парова резултат случајности и да нису статистички значајне, односно  $H_0: \mu_d = 0$ .

## Регресиони модели

Већина дендрометријских карактеристика не може се одредити на аероснимцима (Van Laar, Акса, 2007). Да би подаци прикупљени у стереомоделу и експортирани из програма *PHOTOMOD* у *AutoCAD Map 3D* били употребљиви, требало је израдити регресионе моделе. Улазни подаци за израду ових модела добијени су терестричким премјером моделних стабала равномерно распоређених по цијелој огледној површини. Код модела који се односе на груписане огледне површине које се налазе у састојинама букве коришћени су и подаци добијени премјером моделних стабала са огледне површине у одјељењу 104, ГЈ „Дубичка гора”, која није била предмет истраживања.

Прво су урађени једноставни (прости) регресиони модели, са прским пречником и текућим дебљинским прирастом као зависно промјењивим и

осталим елементима који су видљиви у стереомоделу, као независно промјењивим величинама. Тестиране су сљедеће функције:

- Квадратна функција  $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$
- Кубна функција  $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$
- Рационална функција  $Y = a + \frac{b}{X}$
- Ирационална функција  $Y = a + \frac{b}{\sqrt{X}}$
- Степена функција 1  $Y = a \cdot X^b$
- Степена функција 2  $Y = a + b \cdot X^c$
- Логаритамска функција  $Y = a + b \cdot \log(X)$
- Експоненцијална функција 1  $Y = a \cdot b^X$
- Експоненцијална функција 2  $Y = a + b \cdot c^X$
- Модификована експ. функција 1  $Y = a \cdot b^{\sqrt{X}}$
- Модификована експ. функција 2  $Y = a + b \cdot c^{\sqrt{X}}$

Затим су тестирани вишеструки (сложени) регресиони модели.

- Полиномска функција 1  $Y = a + b \cdot X_1 + c \cdot X_1 \cdot X_2 + d \cdot X_1^2 + e \cdot X_1^2 \cdot X_2$
- Полиномска функција 2  $Y = a \cdot X_1^2 + b \cdot X_1^2 \cdot X_2 + c \cdot X_1 \cdot X_2^2 + d \cdot X_2^2$
- Полиномска функција 3  $Y = a + b \cdot X_1^2 + c \cdot X_1^2 \cdot X_2 + d \cdot X_1 \cdot X_2^2 + e \cdot X_2^2$
- Степена функција 1  $Y = a \cdot X_1^b \cdot X_2^c$
- Степена функција 2  $Y = a + b \cdot X_1^c \cdot X_2^d$
- Модификована експ. функција 1  $Y = a \cdot b^{\sqrt{X_1}} \cdot c^{\sqrt{X_2}}$
- Модификована експ. функција 2  $Y = a + b \cdot c^{\sqrt{X_1}} \cdot d^{\sqrt{X_2}}$

Критеријуми за избор модела за процјену прсног пречника и текућег дебљинског прираста стабала на аероснимку били су коефицијент детерминације (сума објашњених варијација која се приписује утицају независно промјењиве/промјењивих укључених у модел) и стандардна грешка регресије.

### 6.2.3. Анализа времена

Овом анализом обухваћено је само оперативно вријеме кога чине главно (технолошко) и помоћно вријеме. Спроведено истраживање не захтијева детаљно рашчлањивање појединих радних операција како би детаљно била приказана структура утрошеног радног времена. На примјер, прелаз од стабла до стабла на примјерној површини, приликом дјелимичног премјера, спада у помоћно вријеме јер се без њега не могу измјерити прсни пречници стабала, а сам премјер пречника спада у технолошко вријеме. Зато је радна операција изборање стабала сврстана у главно (технолошко) вријеме, иако у себи садржи елементе помоћног времена.

Код дјелимичног премјера снимана су времена потребна за обављање сљедећих радних операција: изборање стабала, мјерење висина и бушење стабала (главно – технолошко вријеме), прелаз са круга на круг, обиљежавање центра круга и вријеме послуживања радног мјеста (помоћно вријеме).

Приликом рада у стереомоделу снимана су времена обављања радних операција векторизације крошњи и пунктирање врхова стабала (главно – технолошко вријеме), те постављање и обројчавање кругова, обројчавање стабала на кругу (њихових врхова), прелаз са круга на круг и експортовање података: *PHOTOMOD* ↔ *AutoCAD Map 3D* (помоћно вријеме).

### Употребљивост различитих начина премјера

Поређење употребљивости дјелимичног премјера и фотоинтерпретације аероснимака извршено је по методу *Grosenbaugh & Mesavagea* (према *Pranjić, Lukić, 1997*). Избор економичнијег начина премјера, за задату прецизност инвентуре, одређује се из односа релативних употребљивости различитих начина премјера по формули:

$$U = \frac{(CV)_1^2 / n_1}{(CV)_2^2 / n_2} \cdot \frac{T_1}{T_2}, \quad (7)$$

гдје је:

- $(CV)_1$  ,  $(CV)_2$  – коефицијенти варијације таксационог елемента (запремине) код првог и другог начина премјера,
- $n_1$  ,  $n_2$  – број примјерних површина,
- $T_1$  ,  $T_2$  – утрошено вријеме код првог и другог начина премјера.

Ако је  $U < 1$ , први начин премјера има већу употребљивост од другог,

Ако је  $U > 1$ , други начин премјера има већу употребљивост од првог.

## **7. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

### **7.1. Основни предуслови фотоинтерпретације аероснимака**

Основни предуслов квалитетне, односно тачне и прецизне, фотоинтерпретације аероснимака је да се претходно истраже:

- Поузданост процјене структурних елемената који се не могу прецизно измјерити у стереомоделу за шта је потребно, на основу теренског премјера моделних стабала, направити квалитетне регресионе моделе;
- Односи између стварних (терестрички утврђених) вриједности структурних елемената и вриједности елемената мјерљивих у стереомоделу.

Ако буду испуњени наведени предуслови и ако су резултати прихватљиви, следећи корак је утврђивање употребљивости, односно економичности примјене фотоинтерпретације аероснимака. У случају позитивних одговора на ова питања стекли би се услови за примјену фотоинтерпретације аероснимака приликом уређајне (састојинске) инвентуре шума.

#### **7.1.1. Моделна стабла**

Број моделних стабала стабала у појединим дебљинским степенима одређиван је тако да коефицијент варијације површине хоризонталне пројекције крошњи буде мањи од 30%. Ова граница одређена је на основу учињенице да је код већег коефицијента варијације слаба репрезентативност просјека, односно аритметичке средине (Dumičić et al., 2011). Овај услов обично је испуњаван са 13 до 15 премјерених моделних стабала у дебљинском степену. Моделна стабла нису бирања само на примјерним површинама, него су равномјерно распоређена по цијелој огледној површини. Ово је учињено како би се избјегла пристрасност оцјене и обезбиједила независност узорка. Поред тога, на примјерним површинама тешко да би се нашао довољан број моделних стабала у свим дебљинским степенима.

На моделним стаблима утврђени су сљедећи елементи:

- Прсни пречник,
- Текући дебљински прираст,
- Висина,
- Површина хоризонталне пројекције крошње,
- Број стабала у чијем окружењу расте и развија се моделно стабло.

Прва два елемента се не могу директно измјерити у стереомоделу. Зато се они у регресионим моделима појављују као зависно промјењиве величине. Остали елементи су видљиви у стереомоделу и у регресионим моделима се појављују као независно промјењиве величине.

Моделна стабла која су засјењена или наткривена крошњама виших стабала нису се могла видјети у стереомоделу. Углавном су то нижа и тања стабла. Процент видљивих моделних стабала по огледним површинама, као и њихов апсолутни број, дати су у табели 5.

**Табела 5.** Моделна стабла видљива у стереомоделу [%]

Врста дрвећа	Огледна површина									
	ОП 1	ОП 2	ОП 3	ОП 4	ОП 5	ОП 6	ОП 7	ОП 8	ОП 9	ОП 10
Јела							5,41 (2/37)		75,41 (92/122)	79,07 (102/129)
Смрча	85,12 (103/121)								82,50 (99/120)	75,73 (78/103)
Ц. бор		95,28 (101/106)	90,12 (73/81)							
Буква				98,89 (89/90)	94,59 (105/111)	93,33 (98/105)	82,19 (120/146)	92,66 (101/109)	89,62 (95/106)	92,22 (83/90)

Поред густине (обраслости) и склопа састојине, број видљивих стабала, као што се из табеле 5 може видјети, зависи и од структурне изграђености и његованости састојина у којима се налазе огледне површине.

Површине хоризонталних пројекција крошњи и висине стабала, као и број стабала у чијем окружењу расту и развијају се моделна стабла одређени у стереомоделу разликују се од оних одређених на терену. Разлике су исказане у процентима од вриједности одређених на терену, а потом су статистички обрађене и приказане у табелама 6, 7 и 8.



**Табела 6.** Статистички подаци разлика површина хоризонталних пројекција крошњи моделних стабала мјерених у стереомоделу и на терену [%]

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	Статистички показатељ				
			Аритм. средина	Медијана	Мин.	Макс.	Стандардна девијација
ОП 1	Смрча	103	-26,16	-25,67	-63,70	-2,91	13,60
ОП 2	Ц. бор	101	-22,84	-23,76	-43,20	-0,98	10,53
ОП 3	Ц. бор	73	-26,49	-26,25	-47,78	-3,51	10,78
ОП 4	Буква	89	-9,03	-13,18	-68,53	185,79	34,57
ОП 5	Буква	105	-5,78	-6,22	-51,26	15,37	9,46
ОП 6	Буква	98	-17,09	-16,18	-54,86	24,00	17,36
ОП 7	Буква	120	-21,96	-17,07	-90,11	10,12	20,79
ОП 8	Буква	101	-14,43	-12,36	-49,11	9,19	13,12
ОП 9	Јела	92	-23,80	-18,16	-87,37	6,29	20,04
	Смрча	99	-22,86	-20,78	-64,69	5,58	16,45
	Буква	95	-19,13	-16,97	-68,42	12,78	16,89
ОП 10	Јела	102	-29,41	-26,66	-85,35	7,69	18,62
	Смрча	78	-26,81	-23,28	-82,24	4,37	19,14
	Буква	83	-14,25	-13,23	-64,52	25,40	17,19

**Табела 7.** Статистички подаци разлика висина моделних стабала мјерених у стереомоделу и на терену [%]

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	Статистички показатељ				
			Аритм. средина	Медијана	Мин.	Макс.	Стандардна девијација
ОП 1	Смрча	103	0,35	0,32	-3,46	4,35	1,67
ОП 2	Ц. бор	101	0,03	0,00	-4,18	4,74	2,01
ОП 3	Ц. бор	73	-0,12	0,00	-4,60	4,87	2,19
ОП 4	Буква	89	-0,52	-0,30	-6,10	6,51	2,61
ОП 5	Буква	105	0,55	0,52	-6,04	6,91	3,13
ОП 6	Буква	98	0,40	0,41	-6,67	6,91	3,30
ОП 7	Буква	120	-0,04	0,00	-6,96	6,07	3,05
ОП 8	Буква	101	0,34	0,00	-6,89	6,54	2,49
ОП 9	Јела	92	0,14	0,26	-4,80	4,84	1,77
	Смрча	99	0,23	0,00	-3,36	4,85	1,76
	Буква	95	-0,27	-0,63	-6,77	6,44	2,89
ОП 10	Јела	102	0,06	0,30	-5,00	4,67	2,02
	Смрча	78	-0,30	-0,29	-4,33	3,93	1,45
	Буква	83	0,13	0,00	-6,64	6,48	2,47

Из табеле 6 може се видјети да мјере централне тенденције имају негативне вриједности, што значи да су површине хоризонталних пројекција крошњи одређене у стереомоделу, у највећем броју случаја, мање од површина одређених на терену. На огледним површинама вјештачки подигнутих састојина четинара ово правило је без изузетака (огледне површине 1 – 3). На огледним површинама пребирних састојина (огледне површине 9 и 10) моделним стаблима четинара су само у 4,31% случаја површине хори-

зонталних пројекција крошњи, одређене у стереомоделу, веће од површина одређених на терену. Код стабала лишћарских врста дрвећа (буква) у 19,68% случаја ова грешка има позитивну вриједност, односно површине хоризонталних пројекција крошњи, одређене у стереомоделу, веће су од површина одређених на терену. Ова вриједност указује на то да се приликом векторизације крошњи у стереомоделу обухвата и дио крошњи сусједних стабала. Ова појава чешћа је у гушћим састојинама гдје је склоп хоризонталан (огледне површине 4 и 5).

Из табеле 7 може се видјети да мјере централне тенденције имају и негативне и позитивне вриједности, да су разлике у интервалу од -0,63 до +0,55%, те да стандардне девијације имају мале вриједности. Максималне разлике висина моделних стабала, измјерених у стереомоделу и на терену, налазе се у интервалу од -5,00 до +4,87% за четинарске врсте дрвећа и од -6,96 до +6,91% за лишћарске врсте дрвећа.

**Табела 8.** Процент тачности одређивања броја стабала у кругу око моделних стабала

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	Тачно одређен број стабала у кругу око моделног стабла	Процент [%]
ОП 1	Смрча	103	57	55,34
ОП 2	Црни бор	101	53	52,48
ОП 3	Црни бор	73	45	61,64
ОП 4	Буква	89	31	34,83
ОП 5	Буква	105	50	47,62
ОП 6	Буква	98	26	26,53
ОП 7	Буква	120	23	19,17
ОП 8	Буква	101	52	52,48
ОП 9	Јела	92	-	-
	Смрча	99	-	-
	Буква	95	-	-
ОП 10	Јела	102	-	-
	Смрча	78	-	-
	Буква	83	-	-

Процент тачности одређивања броја стабала у кругу око моделних стабала (табела 8) показује да је он већи од 50% на огледним површинама у вјештачки подигнутим састојинама (огледне површине 1 – 3) и у разријеђеним састојинама (огледна површина 8). На огледним површинама у пребирним састојинама (огледне површине 9 и 10) ову тачност није имало

смисла одређивати. Овако мали проценат тачности одређивања броја стабала у стереомоделима, уз чињеницу да у дјелимичној (нето) регресионој анализи број стабала није статистички значајна величина (на нивоу огледне површине), искључује број стабала као независно промјењиву величину у регресионим моделима.

Међутим, ова констатација не искључује број стабала као независно промјењиву величину у неким будућим истраживањима. Искључује се начин одређивања броја стабала дебљих од утврђене таксационе границе, а оставља простор одређивању броја стабала према неком другом критеријуму, нпр. према биолошком положају у састојини. Стабла прве три класе по Крафту (Pintarić, 1991; Stojanović, Krstić, 2008) сигурно су видљива у стереомоделу. Видљивост стабала четврте класе зависи од структурних елемената саме састојине, позиције у стереомоделу те изложености према странама свијета и линији лета авиона. Број стабала у пребирним састојинама ни у једном случају није прихватљив као независно промјењива величина.

Да би елементи моделних стабала, видљиви у стереомоделу, могли бити употребљени као улази у регресионе моделе, потребно је тестирати њихову употребљивост. То је учињено помоћу теста парова. Тестирана је нулта хипотеза ( $H_0$ ) да су разлике између парова, добијених приликом теренских мјерења и очитаних у стереомоделима, резултат случајности и да нису статистички значајне, односно  $H_0: \mu_d = 0$ .

Из табела 9 и 10 може се видјети да су разлике између парова измјерених површина хоризонталних пројекција крошњи моделних стабала статистички значајне, а између парова измјерених висина моделних стабала статистички случајне. Тестирање је извршено при вјероватноћи од 95% и  $(n - 1)$  степена слободе. Дакле, висине стабала, измјерене у стереомоделу, могу се директно користити као улази у регресионе моделе.

Да би се површине хоризонталних пројекција крошњи, векторизоване у стереомоделу, могле искористити као улаз у регресионе моделе, потребно је извршити одређену корекцију.

**Табела 9.** Тестирање разлике између парова (површине хоризонталних пројекција крошњи моделних стабала)

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	Аритм. средина разлика	Станд. грешка разлика	t изр.	t крит.
ОП 1	Смрча	103	3,713	0,260	14,272	1,984
ОП 2	Ц. бор	101	4,824	0,413	11,695	1,983
ОП 3	Ц. бор	73	5,652	0,477	11,848	1,993
ОП 4	Буква	89	6,008	1,232	4,878	1,989
ОП 5	Буква	105	4,043	0,846	4,780	1,983
ОП 6	Буква	98	8,385	1,060	7,914	1,985
ОП 7	Буква	120	11,661	1,150	10,136	1,980
ОП 8	Буква	101	10,154	1,088	9,334	1,984
ОП 9	Јела	92	9,647	0,822	11,732	1,987
	Смрча	99	7,743	0,528	14,661	1,985
	Буква	95	12,913	1,403	9,204	1,986
ОП 10	Јела	102	12,346	0,774	15,949	1,984
	Смрча	78	8,958	0,704	12,733	1,991
	Буква	83	9,705	1,359	7,142	1,989

**Табела 10.** Тестирање разлике између парова (висине моделних стабала)

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	Аритм. средина разлика	Станд. грешка разлика	t изр.	t крит.
ОП 1	Смрча	103	0,074	0,040	1,861	1,984
ОП 2	Ц. бор	101	0,001	0,046	0,022	1,983
ОП 3	Ц. бор	73	0,035	0,062	0,573	1,993
ОП 4	Буква	89	0,179	0,091	1,957	1,989
ОП 5	Буква	105	0,162	0,107	1,511	1,983
ОП 6	Буква	98	0,096	0,083	1,155	1,985
ОП 7	Буква	120	0,069	0,078	0,888	1,980
ОП 8	Буква	101	0,080	0,070	1,147	1,984
ОП 9	Јела	92	0,024	0,055	0,434	1,987
	Смрча	99	0,093	0,053	1,747	1,985
	Буква	95	0,089	0,080	1,115	1,986
ОП 10	Јела	102	0,060	0,059	1,008	1,984
	Смрча	78	0,086	0,046	1,865	1,991
	Буква	83	0,060	0,069	0,870	1,989

За свако моделно стабло израчунат је однос између површине хоризонталне пројекције крошње измјерене на терену и векторизоване у стереомоделу. Затим је извршено изравнавање овог односа и површине хоризонталне пројекције крошње векторизоване у стереомоделу. Изравнавање је извршено помоћу модификоване експоненцијалне функције:

$$f_k = a + b \cdot c^{\sqrt{P_m}}, \quad (8)$$

гдје је:

- $f_k$  – фактор корекције,

- $P_{sm}$  – површина хоризонталне пројекције крошње моделног стабла векторизована у стереомоделу,
- $a, b, c$  – параметри функције.

У табели 11 дати су параметри функције фактора корекције по огледним површинама и врстама дрвећа. Множењем површине хоризонталне пројекције крошње векторизоване у стереомоделу са фактором корекције добија се површина много приближнија вјероватније тачној, односно мјереној на терену.

**Табела 11.** Параметри функције фактора корекције

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	$a$	$b$	$c$
ОП 1	Смрча	103	1,1781141	1,7013830	0,4980249
ОП 2	Ц. бор	101	-82,6963070	84,1165482	0,9996885
ОП 3	Ц. бор	73	-111,3581256	112,9091138	0,9996270
ОП 4	Буква	89	-62,0720737	63,4853108	0,9994675
ОП 5	Буква	105	1,0736335	2249124	0,0003447
ОП 6	Буква	98	0,6676199	0,9581568	0,9237722
ОП 7	Буква	120	1,1555470	18,1972277	0,4137592
ОП 8	Буква	101	0,9995123	0,6571186	0,8475647
ОП 9	Јела	92	1,1396534	42,1781392	0,3374503
	Смрча	99	1,1144042	6,1531819	0,4926493
	Буква	95	0,9837135	1,1808854	0,8231912
ОП 10	Јела	102	1,2818058	65,0449664	0,2595963
	Смрча	78	1,2037023	27,7096877	0,3189187
	Буква	83	1,1787170	26,9635458	0,2246996

**Табела 12.** Тестирање разлике између парова (површине хоризонталних пројекција крошњи моделних стабала – кориговани подаци)

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	Аритм. средина разлика	Станд. грешка разлика	$t_{изр.}$	$t_{крит.}$
ОП 1	Смрча	103	0,012	0,235	0,051	1,984
ОП 2	Ц. бор	101	0,046	0,327	0,140	1,983
ОП 3	Ц. бор	73	0,048	0,406	0,119	1,993
ОП 4	Буква	89	0,050	1,219	0,041	1,989
ОП 5	Буква	105	0,157	0,824	0,190	1,983
ОП 6	Буква	98	0,024	1,012	0,024	1,985
ОП 7	Буква	120	0,224	1,155	0,194	1,980
ОП 8	Буква	101	0,013	1,067	0,012	1,984
ОП 9	Јела	92	0,321	0,778	0,412	1,987
	Смрча	99	0,060	0,522	0,115	1,985
	Буква	95	0,060	1,377	0,044	1,986
ОП 10	Јела	102	0,322	0,750	0,429	1,984
	Смрча	78	0,046	0,707	0,065	1,991
	Буква	83	0,477	1,372	0,348	1,989

Из табеле 12 може се видјети да су разлике између парова површина хоризонталних пројекција крошњи моделних стабала (кориговани подаци) статистички случајне.

### **7.1.2. Регресиони модели**

Регресиони модели су израђени на основу терестричких података. Пошто је утврђено да број стабала у чијем окружењу расте и развија се моделно стабло, односно густина састојине (број стабала/ha), није употребљив податак, за израду регресионих модела коришћене су површине хоризонталних пројекција крошњи и висине стабала као независно промјењиве величине. Ове величине су мјерљиве у стереомоделу и уводе се у креиране моделе за процјену прсног пречника и дебљинског прираста.

Регресиони модели израђени су као једноставни (прости) и вишеструки (сложени), а односе се на појединачне или груписане огледне површине (ОП 4 – ОП 8).

#### **7.1.2.1. Једноставни (прости) регресиони модели**

Као што је познато, код ових регресионих модела испитује се веза између двије промјењиве, од којих је једна независно промјењива, а друга зависно промјењива. За проучавање везе овог типа анализиране су бројне функције, али су у раду приказани параметри по двије функције које дају најквалитетније изравнање.

Из табела 13 – 16 може се видјети јачина статистичке везе између прских пречника и површина хоризонталних пројекција крошњи и између прских пречника и висина стабала. Исто тако, могу се видјети и величине стандардних грешака регресије које су показатељ поузданости добијених једначина регресије, односно прецизности процјене вриједности зависно промјењиве по датим једначинама регресије (Koprivica, 2015).

### Зависност прских пречника од површина хоризонталних пројекција крошњи (груписане огледне површине)

Табела 13. Параметри кубне функције

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	r <sup>2</sup> [%]	S <sub>t</sub> [mm]
ОП 1	Смрча	121	5,031289	2,197048	-0,026902	-0,000088	90,44	3,58
ОП 2 и ОП 3	Ц. бор	187	11,397587	1,486141	-0,020985	0,000120	89,94	3,32
ОП 4 – ОП 8	Буква	599	11,517273	0,671978	-0,002820	0,000005	81,26	6,15
ОП 9 и ОП 10	Јела	251	-3,791406	1,688907	-0,007528	-0,000009	87,56	8,08
	Смрча	223	-3,183279	1,995368	-0,017899	0,000057	86,82	7,41
	Буква	196	3,372604	0,764775	-0,002928	0,000005	89,27	5,67

Табела 14. Параметри модификоване експоненцијалне функције 2

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	r <sup>2</sup> [%]	S <sub>t</sub> [cm]
ОП 1	Смрча	121	154,140783	-162,398292	0,930355	89,49	3,75
ОП 2 и ОП 3	Ц. бор	187	202,941722	-200,752587	0,962895	89,46	3,40
ОП 4 – ОП 8	Буква	599	284,099139	-283,942152	0,979842	80,35	6,29
ОП 9 и ОП 10	Јела	251	312,871793	-343,520102	0,958403	86,16	8,52
	Смрча	223	164,145530	-195,464580	0,917556	86,36	7,54
	Буква	196	121,071319	-143,241244	0,929045	88,53	5,86

Коефицијенти детерминације обе функције имају хомогене вриједности. Код кубне параболе они се крећу у интервалу од 81,26 до 90,44%, а код модификоване експоненцијалне функције типа 2 у интервалу од 80,35 до 89,49%. Високе вриједности и хомогеност овог параметра показују да су површине хоризонталних пројекција крошњи доминантан фактор од којег зависе величине прских пречника стабала.

### Зависност прских пречника од висина стабала (груписане огледне површине)

Табела 15. Параметри квадратне функције

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	r <sup>2</sup> [%]	S <sub>t</sub> [cm]
ОП 1	Смрча	121	27,257126	-3,016347	0,125884	90,85	3,50
ОП 2 и ОП 3	Ц. бор	187	-78,113478	6,719546	-0,083688	45,07	7,76
ОП 4 – ОП 8	Буква	599	-16,991402	2,353242	-0,016314	43,12	10,71
ОП 9 и ОП 10	Јела	251	12,757090	-0,804207	0,067817	92,47	6,28
	Смрча	223	13,751020	-0,887321	0,063366	93,56	5,18
	Буква	196	20,425456	-2,288002	0,110859	81,87	7,37

**Табела 16.** Параметри степене функције 2

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	r <sup>2</sup> [%]	S <sub>t</sub> [cm]
ОП 1	Смрча	121	4,777974	0,001324	3,068028	90,39	3,59
ОП 2 и ОП 3	Ц. бор	187	-144,586884	53,733643	0,379309	44,89	7,77
ОП 4 – ОП 8	Буква	599	-20,736740	5,159395	0,718484	42,83	10,74
ОП 9 и ОП 10	Јела	251	9,016347	0,010155	2,436430	92,53	6,26
	Смрча	223	9,562871	0,005614	2,562177	93,66	5,14
	Буква	196	5,063115	0,002725	2,864149	81,69	7,41

Када је у питању овај тип везе, коефицијенти детерминације показују изразиту варијабилност (хетерогеност) по групама огледних површина и то за обе функције. Код квадратне функције његове вриједности се крећу у интервалу од 43,12 до 93,56%, а код степене функције типа 2 у интервалу од 42,83 до 93,66%. Хетерогеност коефицијената детерминације показује да на величине прских пречника, осим висина стабала, јак утицај имају и други фактори (првенствено површина хоризонталне пројекције крошње).

### **Зависност текућег дебљинског прираста од површина хоризонталних пројекција крошњи (груписане огледне површине)**

Најквалитетније изравнање ове везе, као и код везе прсног пречника и хоризонталне пројекције крошње, дају кубна и модификована експоненцијална функција типа 2. Основни параметри регресионе анализе ових функција приказани су у табелама 17 и 18.

**Табела 17.** Параметри кубне функције

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	r <sup>2</sup> [%]	S <sub>t</sub> [mm]
ОП 1	Смрча	121	-0,527278	0,592414	-0,021909	0,000298	72,87	0,95
ОП 2 и ОП 3	Ц. бор	187	0,292078	0,218655	-0,003015	0,000012	60,42	1,10
ОП 4 – ОП 8	Буква	587	1,313005	0,075901	-0,000666	0,000002	34,52	1,11
ОП 9 и ОП 10	Јела	251	0,747119	0,271481	-0,003562	0,000016	39,56	2,00
	Смрча	223	-1,130114	0,367450	-0,006276	0,000033	42,12	1,72
	Буква	196	1,283535	0,076142	-0,000719	0,000002	26,14	1,15



**Табела 18.** Параметри модификоване експоненцијалне функције 2

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	r <sup>2</sup> [%]	S <sub>t</sub> [mm]
ОП 1	Смрча	121	8,878663	-11,934735	0,780569	71,85	0,97
ОП 2 и ОП 3	Ц. бор	187	10,160469	-11,777163	0,879678	60,06	1,10
ОП 4 – ОП 8	Буква	587	5,107007	-5,553635	0,829906	34,58	1,11
ОП 9 и ОП 10	Јела	251	9,883987	-13,194363	0,799925	37,88	2,03
	Смрча	223	5,853060	-21,400525	0,573182	40,58	1,74
	Буква	196	4,074334	-8,982607	0,664300	25,85	1,15

**Зависност текућег дебљинског прираста од висина стабала (груписане огледне површине)**

Основни статистички параметри изабраних функција за изравнавање овог типа везе приказани су у табелама 19 и 20.

**Табела 19.** Параметри квадратне функције

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	r <sup>2</sup> [%]	S <sub>t</sub> [mm]
ОП 1	Смрча	121	-0,902116	0,034303	0,006703	63,30	1,10
ОП 2 и ОП 3	Ц. бор	187	3,311940	-0,584312	0,024946	52,44	1,20
ОП 4 – ОП 8	Буква	587	1,919433	0,000889	0,001635	15,50	1,26
ОП 9 и ОП 10	Јела	251	0,716147	0,254242	-0,001775	39,80	2,00
	Смрча	223	-1,468648	0,367994	-0,005091	35,92	1,81
	Буква	196	-1,456555	0,337289	-0,005514	16,98	1,22

**Табела 20.** Параметри степене функције 2

Огледна површина	Врста дрвећа	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	r <sup>2</sup> [%]	S <sub>t</sub> [mm]
ОП 1	Смрча	121	-0,978572	0,017081	1,772572	63,36	1,10
ОП 2 и ОП 3	Ц. бор	187	-1,508287	0,000755	2,779474	52,30	1,20
ОП 4 – ОП 8	Буква	587	1,866847	0,002463	1,895830	15,51	1,26
ОП 9 и ОП 10	Јела	251	0,929683	0,308113	0,860605	39,56	2,00
	Смрча	223	-14,850171	11,969194	0,146225	34,37	1,83
	Буква	196	12,829156	-17,538457	-0,193589	15,68	1,23

Подаци претходних табела указују на хетерогеност и за већину група огледних површина вриједности коефицијената детерминације су ниске, што значи да на текући дебљински прираст јак утицај имају и неки други фактори, а не само појединачни утицаји хоризонталних пројекција крошњи, односно висина стабала.

Претходни резултати указују на потребу да се израде вишеструки (сложени) регресиони модели који ће укључивати већи број независних

величина мјерљивих у стереомоделу. Ти модели треба да повећају сигурност закључивања о својствима зависно промјењивих величина.

Једноставни (прости) регресиони модели нису коришћени приликом процјене зависно промјењивих величина у овим истраживањима, већ су послужили као добра подлога да се на основу познавања облика везе изврши квалитетан избор функција вишеструких рагресионих модела.

### 7.1.2.2. Вишеструки (сложени) регресиони модели

Код ових регресионих модела испитује се зависност између најмање три промјењиве величине од којих је једна зависно промјењива, а остале независно промјењиве, односно „објашњавајуће” промјењиве. С обзиром на то да је број стабала искључен из регресионих модела, као елемент који не доприноси њиховом квалитету, остаје да се испита заједнички утицај површина хоризонталних пројекција крошњи и висина стабала на прсне пречнике и текући дебљински прираст. Од анализираних функција биће приказани параметри четири функције које дају најквалитетније изравнање на нивоу груписаних огледних површина и које су коришћене у даљим израчунавањима.

### Зависност прсних пречника од површина хоризонталних пројекција крошњи и висина стабала (груписане огледне површине)

Параметри најквалитетнијих функција за моделовање ове вишеструке зависности приказани су у табелама 21 – 24. Функције означене са (\*) коришћене су у овим истраживањима.

**Табела 21.** Параметри полиномске функције 1

Огледна површина	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$\bar{R}^2$ [%]	$S_t$ [cm]
ОП 1	121	11,005279	-1,954169	0,148776	0,035734	-0,002581	94,69	2,65
ОП 2 и ОП 3	187	14,099524	-0,539610	0,071307	0,033820	-0,001816	90,62	3,32
ОП 4 – ОП 8	599	14,925740	-0,395066	0,032334	0,006186	-0,000270	88,26	4,87
ОП 9 и ОП 10	J. 251	16,402828	-1,015946	0,068802	0,009801	-0,000507	95,83	4,67
	C. 223	17,102848	-1,013386	0,069082	0,002051	-0,000344	94,86	4,62
	B. 196	14,464764	-0,725681	0,043574	0,005694	-0,000246	94,19	4,16

**Табела 22.** Параметри полиномске функције 3

Огледна површина	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$\bar{R}^2$ [%]	$S_t$ [cm]
ОП 1	* 121	5,425786	0,048924	-0,002552	0,001936	0,017186	95,04	2,57
ОП 2 и ОП 3	187	11,492402	0,051411	-0,002435	0,001733	0,008417	90,40	3,23
ОП 4 – ОП 8	599	12,296697	0,008208	-0,000311	0,000499	0,006443	86,10	5,30
ОП 9 и ОП 10	* J. 251	7,273621	0,011119	-0,000368	0,000458	0,028111	96,77	4,11
	* С. 223	8,114048	0,009093	-0,000334	0,000463	0,025142	96,05	4,05
	* Б. 196	5,752647	0,004928	-0,000202	0,000488	0,018056	94,82	3,93

**Табела 23.** Параметри степене функције 2

Огледна површина	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$\bar{R}^2$ [%]	$S_t$ [cm]
ОП 1	121	3,535108	0,055359	0,331306	1,646456	95,50	2,70
ОП 2 и ОП 3	187	0,782894	2,818227	0,407912	0,388886	90,12	3,28
ОП 4 – ОП 8	599	-11,403388	3,833491	0,289606	0,427852	88,48	4,82
ОП 9 и ОП 10	J. 251	5,953132	0,078102	0,342161	1,487762	96,64	4,19
	С. 223	7,593137	0,039207	0,269256	1,730259	95,90	4,12
	Б. 196	-0,565023	0,197252	0,372001	1,147146	94,03	4,22

**Табела 24.** Параметри модификоване експоненцијалне функције 2

Огледна површина	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$\bar{R}^2$ [%]	$S_t$ [cm]
ОП 1	121	-5,537344	1,827090	1,127681	1,653715	93,90	2,84
ОП 2 и ОП 3	* 187	-788,267440	766,944101	1,007131	1,007671	90,66	3,19
ОП 4 – ОП 8	* 599	452,773189	-489,349475	0,989840	0,982588	89,32	4,65
ОП 9 и ОП 10	J. 251	-2,242224	2,369810	1,083306	1,597497	96,46	4,30
	С. 223	1,807674	1,332614	1,071102	1,743375	95,68	4,24
	Б. 196	-26,394247	11,273878	1,055948	1,292416	93,01	4,56

Недостатак коефицијента вишеструке детерминације, као мјере репрезентативности у вишеструкој регресионој анализи, у томе је што зависи од броја промјењивих у моделу и величине узорка. Због тога је потребно извршити његову корекцију. То се врши помоћу коригованог коефицијента вишеструке детерминације (Lovrić et al., 2006).

Регресиони модели зависности прских пречника од површина хоризонталних пројекција крошњи и висина стабала имају високе вриједности коригованог коефицијента вишеструке детерминације, који је у највећем броју случаја виши од 90%. То значи да је више од 90% варијација зависно промјењиве објашњено заједничким утицајем независно промјењивих укључених у модел.

Ниже вриједности коригованог коефицијента вишеструке детерминације од 90% јављају се само код груписаних огледних површина високих шума

букве (ОП 4 – ОП 8), иако је овдје далеко највећи узорак: 599 моделних стабала. Разлог за то налази се у великој хетерогености структурних елемената састојина букве у којима су постављене огледне површине.

Стандардна грешка вишеструке регресије већа од 5 cm, колика је ширина дебљинског степена, јавља се само код огледних површина ОП 4 – ОП 8.

### Зависност текућег дебљинског прираста од површина хоризонталних пројекција крошњи и висина стабала (груписане огледне површине)

Статистички подаци изабраних функција за моделовање ове везе приказани су у табелама 25 – 28. Функције означене са (\*) коришћене су у овим истраживањима.

**Табела 25.** Параметри полиномске функције 1

Огледна површина	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$\bar{R}^2$ [%]	$S_t$ [cm]
ОП 1	121	0,699559	0,095500	0,007927	0,007023	-0,000426	70,64	0,98
ОП 2 и ОП 3	187	1,103418	-0,560568	0,029946	0,011133	-0,000531	69,51	0,96
ОП 4 – ОП 8	587	1,796033	0,003319	0,001461	0,000067	-0,000009	35,61	1,10
ОП 9 и ОП 10	J. 251	3,618048	-0,118365	0,006782	0,003999	-0,000137	40,86	1,96
	C. 223	-0,073364	0,286747	-0,002766	-0,001596	0,000002	38,12	1,77
	B. 196	1,394575	0,137704	-0,003428	-0,000752	0,000022	24,75	1,16

**Табела 26.** Параметри полиномске функције 3

Огледна површина	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$\bar{R}^2$ [%]	$S_t$ [cm]
ОП 1	* 121	-0,209926	0,022590	-0,000799	0,000077	0,005033	72,13	0,96
ОП 2 и ОП 3	* 187	-1,036947	0,003556	-0,000200	0,000228	0,004386	69,74	0,96
ОП 4 – ОП 8	587	2,074806	0,000519	-0,000024	0,000047	-0,000221	34,96	1,11
ОП 9 и ОП 10	* J. 251	2,259297	0,003217	-0,000081	-0,000026	0,004761	43,34	1,92
	C. 223	1,027186	0,005583	-0,000135	-0,000050	0,004202	39,46	1,76
	B. 196	2,019066	0,000593	-0,000018	-0,000002	0,001512	20,03	1,19

**Табела 27.** Параметри степене функције 2

Огледна површина	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$\bar{R}^2$ [%]	$S_t$ [cm]
ОП 1	121	-6,144526	3,908284	0,179587	0,153198	71,64	0,97
ОП 2 и ОП 3	187	-1,204603	0,010191	0,288830	1,665940	69,40	0,96
ОП 4 – ОП 8	* 587	-5,174115	4,239230	0,102225	0,096618	36,14	1,10
ОП 9 и ОП 10	J. 251	-0,429275	0,944301	0,141672	0,439144	40,43	1,97
	C. 223	-1812,61764	1809,139886	0,000673	0,000648	37,77	1,78
	B. 196	-612,315469	612,084817	0,001339	0,000206	24,03	1,16

**Табела 28.** Параметри модификоване експоненцијалне функције 2

Огледна површина	Величина узорка	$a$	$b$	$c$	$d$	$\bar{R}^2$ [%]	$S_t$ [cm]
ОП 1	121	10,916569	-16,330581	0,857326	0,940891	71,74	0,96
ОП 2 и ОП 3	187	-5,503127	1,187384	1,069058	1,424491	68,86	0,97
ОП 4 – ОП 8	587	5,508404	-8,379906	0,868614	0,913381	35,62	1,10
ОП 9 и ОП 10	Ј. 251	94,568103	-96,016061	0,996296	0,988260	40,37	1,97
	* С. 223	5,920697	-21,548580	0,619009	0,936496	40,19	1,74
	* Б. 196	4,081790	-12,071141	0,686918	0,903046	25,27	1,15

Регресиони модели зависности текућег дебљинског прираста од површина хоризонталних пројекција крошњи и висина стабала су хетерогенији са знатно мањим вриједностима коригованог коефицијента вишеструке детерминације (20,03 – 72,13%). То значи да 30 до 80% варијација зависно промјењиве није објашњено заједничким утицајем независно промјењивих величина укључених у модел. Овако висок проценат необјашњеног варијабилитета указује на слабу поузданост и потребу за укључивањем других независно промјењивих величина у вишеструке регресионе моделе.

С обзиром на неочекивано ниже вриједности коригованог коефицијента вишеструке детерминације у регресионим моделима зависности прских пречника од површина хоризонталних пројекција крошњи и висина стабала на огледним површинама ОП 4 – ОП 8, за ове огледне површине урађени су и парцијални регресиони модели вишеструке регресионе анализе (за сваку огледну површину посебно). Тестиране су исте функције као и за изравнање груписаних података. Овим се жељела провјерити репрезентативност примјене ових модела на читаву варијациону ширину високих шума букве.

### **Зависност прских пречника од површина хоризонталних пројекција крошњи и висина стабала (огледне површине 4 – 8, негруписани подаци)**

На основу података из табеле 29 може се видјети да су на огледним површинама ОП 4 – ОП 7 вриједности коригованог коефицијента вишеструке детерминације веће од 90% и да су вриједности стандардне грешке вишеструке регресије мање од 5 cm. Изузетак је огледна површина ОП 8 (разријеђена висока шума букве). Ово се може објаснити прописаним

системом газдовања скупинасто пребирним сјечама и биолошким особинама букве, као врсте која добро подноси засјену, да брзо реагује када се ослободи конкурентних стабала и заузима тај простор развијајући крошње врло неправилних облика. Дакле, подаци ОП 8 су највише утицали на слабији квалитет заједничког модела, односно модела добијеног груписањем података на нивоу високих шума букве.

**Табела 29.** Параметри модификоване експоненцијалне функције 2

Огледна површина	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$\bar{R}^2$ [%]	<i>S<sub>t</sub></i> [cm]
ОП 4	90	-1720,577015	1683,326644	1,002255	1,005161	92,38	2,61
ОП 5	111	-296,501045	258,164986	1,011604	1,031049	92,42	3,46
ОП 6	105	-1256,308147	1219,604592	1,003165	1,007445	91,51	3,68
ОП 7	146	-87,628904	61,134379	1,030206	1,102201	91,79	4,82
ОП 8	109	-33,259604	15,583676	1,049278	1,247680	82,22	5,51

**Зависност текућег дебљинског прираста од површина хоризонталних пројекција крошњи и висина стабала (огледне површине 4 – 8, негруписани подаци)**

Из табеле 30 може се видјети да регресиони модели за појединачне огледне површине ове групе имају лошије статистичке вриједности од групних модела (осим ОП 4). Кориговани коефицијент вишеструке детерминације креће се између 23,80 и 38,31% (код ОП 4 је 68,80%). То значи да 60 до 75% варијација текућег дебљинског прираста није објашњено утицајем површина хоризонталних пројекција крошњи и висина стабала. Овако висок проценат необјашњеног варијабилитета заиста указује на слабу поузданост и потребу за укључивањем других независно промјењивих у вишеструке регресионе моделе.

**Табела 30.** Параметри степене функције 2

Огледна површина	Величина узорка	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$\bar{R}^2$ [%]	<i>S<sub>t</sub></i> [cm]
ОП 4	90	1,259100	0,000132	0,652655	2,131362	68,80	0,81
ОП 5	111	6,239028	-5,951358	-0,497790	0,266589	38,31	1,18
ОП 6	105	-24,608995	21,961780	0,025673	0,049831	36,60	0,95
ОП 7	146	-3,303619	3,936851	0,152915	-0,045501	23,80	1,03
ОП 8	109	9,045354	-12,469786	-0,232485	0,039248	34,25	0,98

## 7.2. Компаративна анализа структурних и производних карактеристика истраживаних састојина добијених по тестираним методама премјера

У анализи могућности (поузданости примјене) аерофотограметрије у састојинској инвентури шума, резултати тоталног премјера, уз занемаривање неизбежних грешака које настају приликом мјерења и обрачуна таксационих елемената, коришћени су као највјероватније тачне вриједности таксационих елемената инвентурне јединице, односно као вриједности најприближније стварним (Џукović, 2005).

### 7.2.1. Вјештачки подигнута састојина смрче (ОП 1)

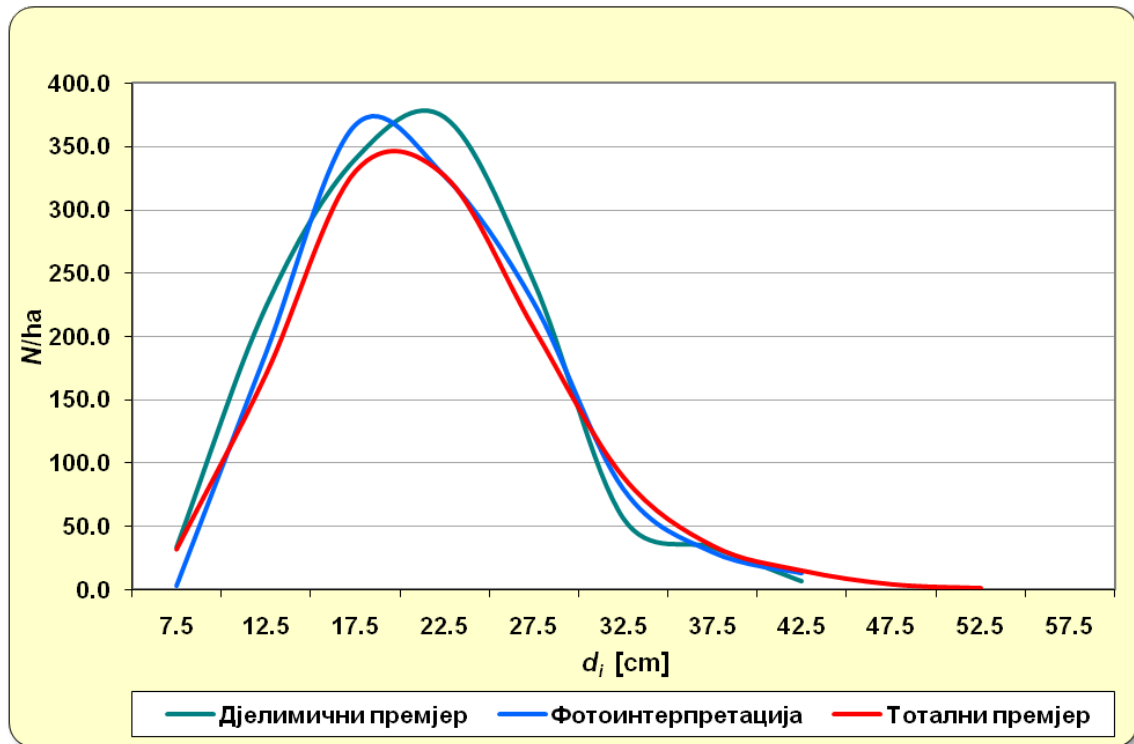
#### Број стабала

На основу података из табеле 31 и графикана 1 може се закључити да дистрибуција стабала по дебљинским степенима има облик јако асиметричне ( $\alpha_3 = 0,61$ ) и јако издужене ( $\alpha_4 = 3,60$ ) Гаусове криве, која је карактеристична за једнодобне састојине. Усљед јачег дебљинског прирашћивања стабала која заузимају повољнији положај, десни крак дистрибуције се развлачи и аритметичка средина (21,71 cm) помјера се удесно, што доводи до повећања варијационе ширине и коефицијента варијације (33,25%). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Табела 31. Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 1)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$N/ha$	$N/ha$	$N/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	31,7	33,3	5,14	3,3	-89,49	
12,5	169,8	223,3	31,51	186,7	9,92	
17,5	330,3	340,0	2,94	366,7	11,02	
22,5	326,7	373,3	14,27	326,7	-0,01	
27,5	205,9	243,3	18,16	226,7	10,06	
32,5	88,8	56,7	-36,17	80,0	-9,88	
37,5	34,5	33,3	-3,27	30,0	-12,95	
42,5	14,9	6,7	-55,22	13,3	-10,44	
47,5	4,1					
52,5	1,1					
$\Sigma$	1207,8	1310,0	8,46	1233,3	2,11	

Просјечан број стабала добијен тоталним премјером је 1.207,8 стабала/ха, дјелимичним премјером 1.310,0 стабала/ха, а фотоинтерпретацијом аеросни-мака 1.233,3 стабала/ха. Двострука релативна стандардна грешка процјене броја стабала код дјелимичног премјера је 9,49%, а код фотоинтерпретације аероснимака 13,25%.



**Графикон 1.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 1)

Тестирањем разлика у броју стабала констатовано је да нема статистички значајних разлика између броја стабала добијених по тестираним методама премјера (табела 32).

Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима констатовано је да при таксационој граници од 5 cm постоје статистички значајне разлике између тестираних дистрибуција (табела 33). При изабраној таксационој граници од 20 cm између дистрибуција добијених фотоинтерпретацијом аероснимака и тоталним премјером нису констатоване статистички значајне разлике. Ове констатације могу се повезати са чињеницом да је на огледној површини постављен релативно мали узорак од 15 примјерних површина.



**Табела 32.** Тестирање разлика броја стабала – ОП 1

ТЕСТ	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}}_{дп}$	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}}_{фи}$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	1207,8	1310,0	58,0	15				1,762	2,145
фи - тп	1207,8				1233,3	76,2	15	0,335	2,145
фи - дп		1310,0	58,0	15	1233,3	76,2	15	-0,801	2,048

**Табела 33.** Тестирање дистрибуција броја стабала – ОП 1

ТЕСТ	Таксациона граница: 5 см			Таксациона граница: 20 см		
	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност
дп - тп	36,94	15,51	0,000012	29,47	11,07	0,000019
фи - тп	37,84	15,51	0,000008	8,91	11,07	0,112617
фи - дп	56,39	14,07	0,000000	22,85	9,49	0,000136

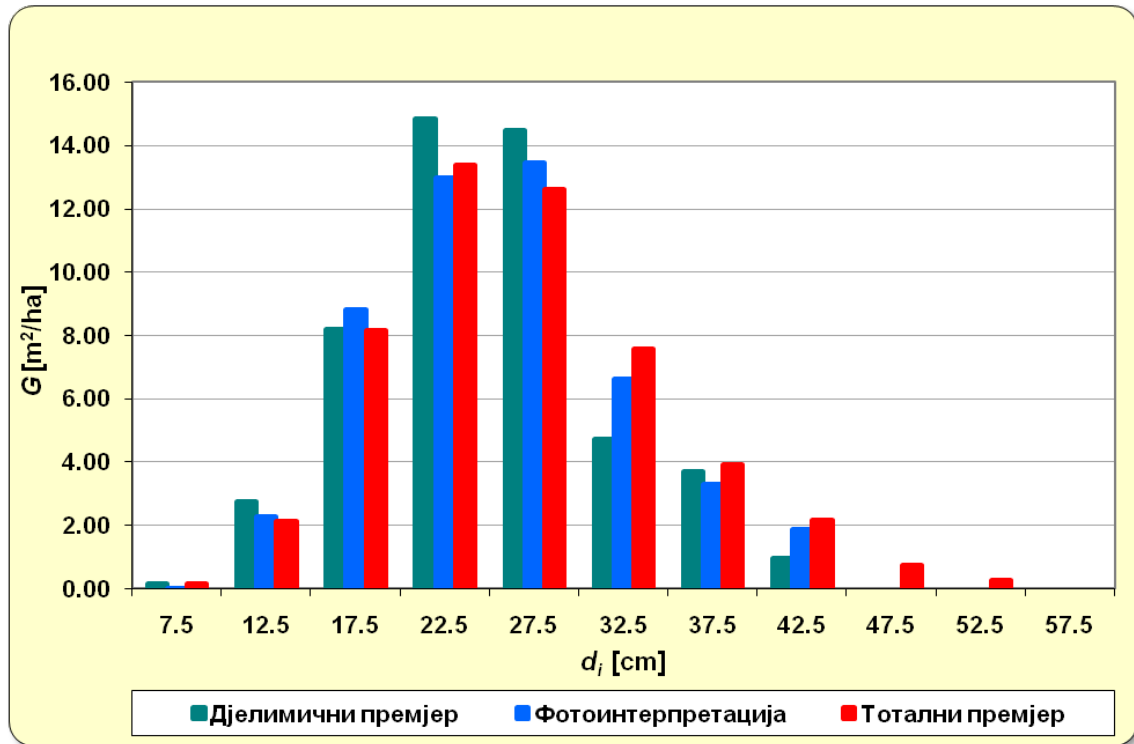
### Темељница састојине

На основу података из табеле 34 и графика 2 може се закључити да дистрибуција темељнице по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 26,47 см и коефицијентом варијације од 29,68%. Ова дистрибуција има јаку десну асиметрију ( $\alpha_3 = 0,55$ ) и малу издуженост ( $\alpha_4 = 3,21$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна темељница састојине добијена тоталним премјером је 51,00 м<sup>2</sup>/ха, дјелимичним премјером 49,69 м<sup>2</sup>/ха, а фотоинтерпретацијом аероснимака 49,42 м<sup>2</sup>/ха. Двострука релативна стандардна грешка процјене темељнице код дјелимичног премјера је 8,94%, а код фотоинтерпретације аероснимака 8,75%.

**Табела 34.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 1)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$G/ha$	$G/ha$	$G/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	0,14	0,15	0,15	4,60	0,01	-89,54
12,5	2,12	2,74	2,74	29,08	2,29	7,89
17,5	8,16	8,18	8,18	0,28	8,82	8,14
22,5	13,37	14,84	14,84	11,06	12,99	-2,83
27,5	12,59	14,45	14,45	14,83	13,46	6,96
32,5	7,57	4,70	4,70	-37,89	6,64	-12,31
37,5	3,90	3,68	3,68	-5,71	3,31	-15,14
42,5	2,16	0,95	0,95	-56,25	1,89	-12,50
47,5	0,75					
52,5	0,24					
$\Sigma$	51,00	49,69	49,69	-2,56	49,42	-3,10



Графикон 2. Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 1)

Тестирањем разлика у темељници констатовано је да нема статистички значајних разлика између темељница добијених по тестираним методама премјера (табела 35).

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

Табела 35. Тестирање разлика темељница – ОП 1

ТЕСТ	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}}$ дп	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}}$ фи	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	51,00	49,69	2,07	15				-0,633	2,145
фи - тп	51,00				49,42	2,02	15	-0,786	2,145
фи - дп		49,69	2,07	15	49,42	2,02	15	-0,095	2,048

### Запремина састојине

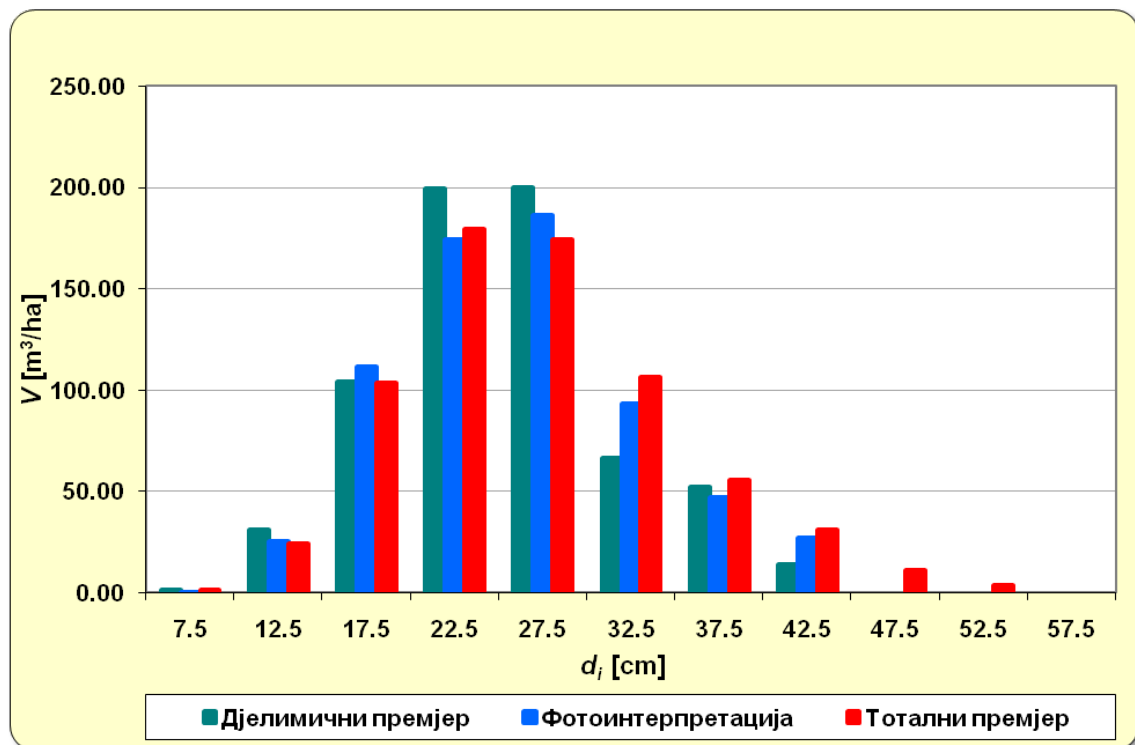
На основу података из табеле 36 и графикана 3 може се закључити да дистрибуција запремине по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 26,82 cm и коефицијентом варијације од 29,08%. Ова дистрибуција има јаку десну асиметрију ( $\alpha_3 = 0,55$ ) и малу изду-

женост ( $\alpha_4 = 3,20$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна запремина састојине добијена тоталним премјером је 688,26  $m^3/ha$ , дјелимичним премјером 666,77  $m^3/ha$ , а фотоинтерпретацијом аероснимака 664,64  $m^3/ha$ . Двострука релативна стандардна грешка процјене запремине код дјелимичног премјера је 9,34%, а код фотоинтерпретације аероснимака 9,24%.

**Табела 36.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 1)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$V/ha$	$V/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	1,23	1,26	2,84	0,10	-92,13
12,5	23,81	30,80	29,36	25,47	6,95
17,5	103,21	103,63	0,40	111,26	7,79
22,5	179,35	199,36	11,16	174,11	-2,92
27,5	174,16	200,02	14,85	186,34	6,99
32,5	106,34	66,07	-37,86	93,36	-12,20
37,5	55,30	52,17	-5,67	47,04	-14,94
42,5	30,75	13,45	-56,25	26,97	-12,28
47,5	10,65				
52,5	3,46				
$\Sigma$	688,26	666,77	-3,12	664,64	-3,43



**Графикон 3.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 1)

Тестирањем разлика у запремини констатовано је да нема статистички значајних разлика између запремина добијених по тестираним методама премјера (табела 37).

Тестирањем дистрибуција запремине по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

**Табела 37.** Тестирање разлика запремина – ОП 1

ТЕСТ	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	688,26	666,77	29,04	15				-0,740	2,145
фи - тп	688,26				664,64	28,63	15	-0,825	2,145
фи - дп		666,77	29,04	15	664,64	28,63	15	-0,052	2,048

### Текући запремински прираст састојине

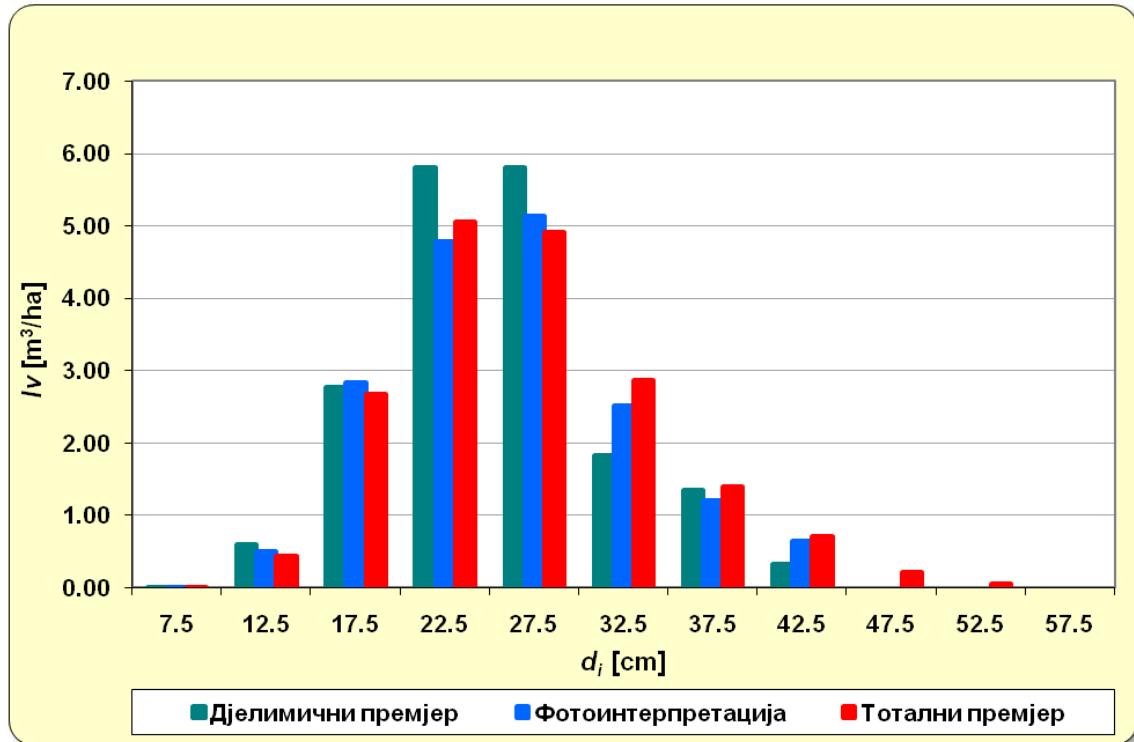
На основу података из табеле 38 и графика 4 може се закључити да дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 26,74 cm и коефицијентом варијације од 27,35%. Ова дистрибуција има јаку десну асиметрију ( $\alpha_3 = 0,59$ ) и средњу издуженост ( $\alpha_4 = 3,30$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

**Табела 38.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 1)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$Iv/ha$		$Iv/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$Iv/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	0,01		0,00	-37,00	0,00	-31,82
12,5	0,44		0,59	33,78	0,50	13,08
17,5	2,67		2,77	3,69	2,83	5,74
22,5	5,05		5,80	14,74	4,77	-5,53
27,5	4,91		5,80	18,23	5,13	4,59
32,5	2,87		1,83	-36,13	2,51	-12,64
37,5	1,39		1,35	-3,34	1,21	-13,43
42,5	0,71		0,32	-55,22	0,65	-8,33
47,5	0,22					
52,5	0,06					
$\Sigma$	18,33		18,46	0,72	17,59	-4,00

Просјечан текући запремински прираст састојине добијен тоталним премјером је 18,33 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 18,46 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпре-

тацијом аероснимака  $17,59 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Двострука релативна стандардна грешка процјене текућег запреминског прираста код дјелимичног премјера је  $9,44\%$ , а код фотоинтерпретације аероснимака  $9,36\%$ .



Графикон 4. Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 1)

Тестирањем разлика у текућем запреминском прирасту констатовано је да нема статистички значајних разлика између текућих запреминских прираста добијених по тестирањим методама премјера (табела 39).

Тестирањем дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестирањих дистрибуција (прилог 5).

Табела 39. Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 1

ТЕСТ	$Iv_{тп}$	$Iv_{дп}$	$s_{\bar{x}} \text{ дп}$	$n_{дп}$	$Iv_{фи}$	$s_{\bar{x}} \text{ фи}$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	18,33	18,46	0,81	15				0,162	2,145
фи - тп	18,33				17,59	0,77	15	-0,955	2,145
фи - дп		18,46	0,81	15	17,59	0,77	15	-0,774	2,048

## 7.2.2. Вјештачки подигнута састојина црног бора (ОП 2)

### Број стабала

На основу података из табеле 40 и графикана 5 може се закључити да дистрибуција стабала по дебљинским степенима има облик средње асиметричне ( $\alpha_3 = -0,36$ ) и средње развучене ( $\alpha_4 = 2,58$ ) Гаусове криве, која је карактеристична за једнодобне састојине. У овој вјештачки подигнутој састојини није било планских сјеча. Спроведене су само узгојно-санитарне сјече због сњеголома и сњегоизвала на већем дијелу површине (равнији терен) који су се десили 1998. године. Зато је на мањем дијелу огледне површине присутан знатан број тањих стабала, усљед чега се лијеви крак дистрибуције развлачи и аритметичка средина (27,90 cm) помјера улијево, што доводи до повећања варијационе ширине и коефицијента варијације (34,49%). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

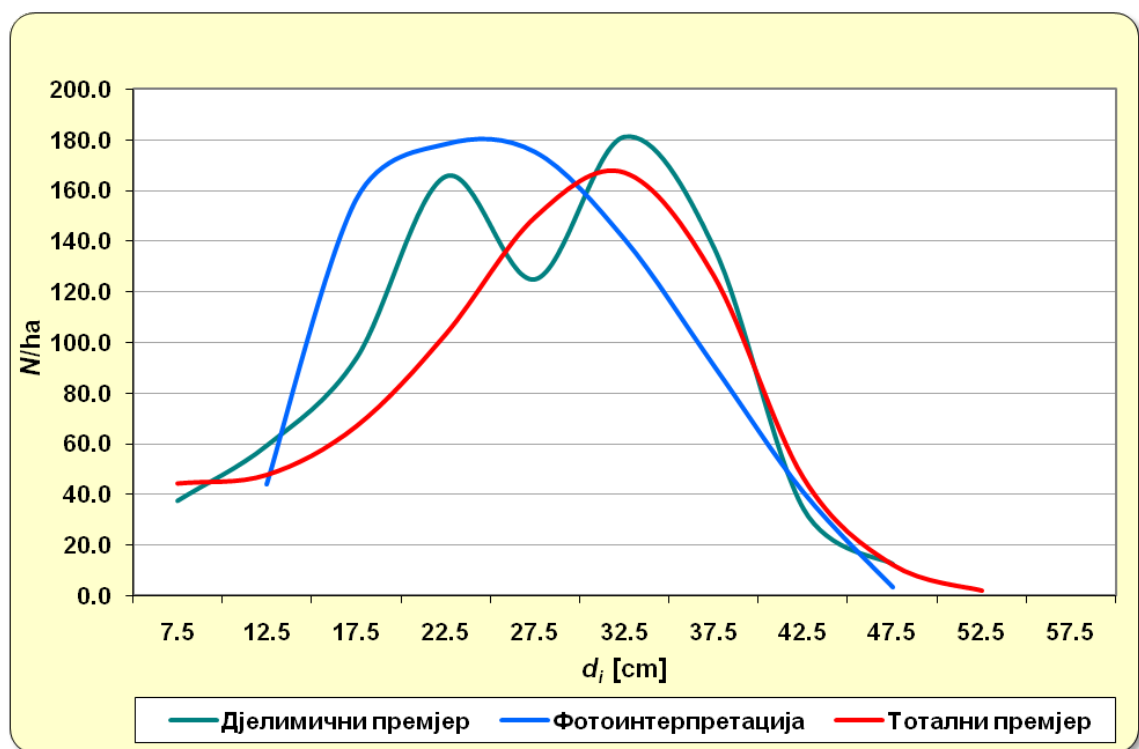
Просјечан број стабала добијен тоталним премјером је 765,3 стабала/ха, дјелимичним премјером 846,9 стабала/ха, а фотоинтерпретацијом аероснимача 828,1 стабала/ха. Двострука релативна грешка процјене броја стабала код дјелимичног премјера је 22,67%, а код фотоинтерпретације аероснимача 19,05%. Разлике између броја стабала добијеног тоталним премјером и броја стабала добијених дјелимичним премјером и фотоинтерпретацијом аероснимача последица је чињенице да број примјерних површина, постављен на гушћем дијелу огледне површине, није пропорционалан површини тог дијела огледне површине.

Тестирањем разлика у броју стабала констатовано је да нема статистички значајних разлика између броја стабала добијених по тестираним методама премјера (табела 41).

Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима констатовано је да у оба случаја (таксационе границе 5 cm и 20 cm) постоје статистички значајне разлике између тестираних дистрибуција (табела 42). Ове констатације се могу повезати са ранијим објашњењем и чињеницом да је на огледној површини постављен релативно мали узорак од 16 примјерних површина.

**Табела 40.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 2)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$N/ha$	$N/ha$	$N/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	44,2	37,5	-15,18			
12,5	47,6	59,4	24,65	43,8	-8,15	
17,5	66,8	93,8	40,26	156,3	133,76	
22,5	103,2	165,6	60,55	178,1	72,67	
27,5	149,5	125,0	-16,37	175,0	17,08	
32,5	167,1	181,3	8,46	140,6	-15,85	
37,5	126,3	137,5	8,85	90,6	-28,26	
42,5	46,6	34,4	-26,20	40,6	-12,78	
47,5	12,1	12,5	3,26	3,1	-74,18	
52,5	1,8					
$\Sigma$	765,3	846,9	10,66	828,1	8,21	



**Графикон 5.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 2)

**Табела 41.** Тестирање разлика броја стабала – ОП 2

ТЕСТ	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}}$ дп	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}}$ фи	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	765,3	846,9	90,1	16				0,906	2,131
фи - тп	765,3				828,1	74,0	16	0,849	2,131
фи - дп		846,9	90,1	16	828,1	74,0	16	-0,161	2,042

**Табела 42.** Тестирање дистрибуција броја стабала – ОП 2

ТЕСТ	Таксациона граница: 5 cm			Таксациона граница: 20 cm		
	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност
дп - тп	43,61	15,51	0,000001	36,99	11,07	0,000001
фи - тп	206,00	15,51	0,000000	76,02	11,07	0,000000
фи - дп	129,52	15,51	0,000000	53,47	11,07	0,000000

### Темељница састојине

На основу података из табеле 43 и графика 6 може се закључити да дистрибуција темељнице по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 33,45 cm и коефицијентом варијације од 22,48%. Ова дистрибуција има средњу лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,37$ ) и средњу издуженост ( $\alpha_4 = 3,37$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

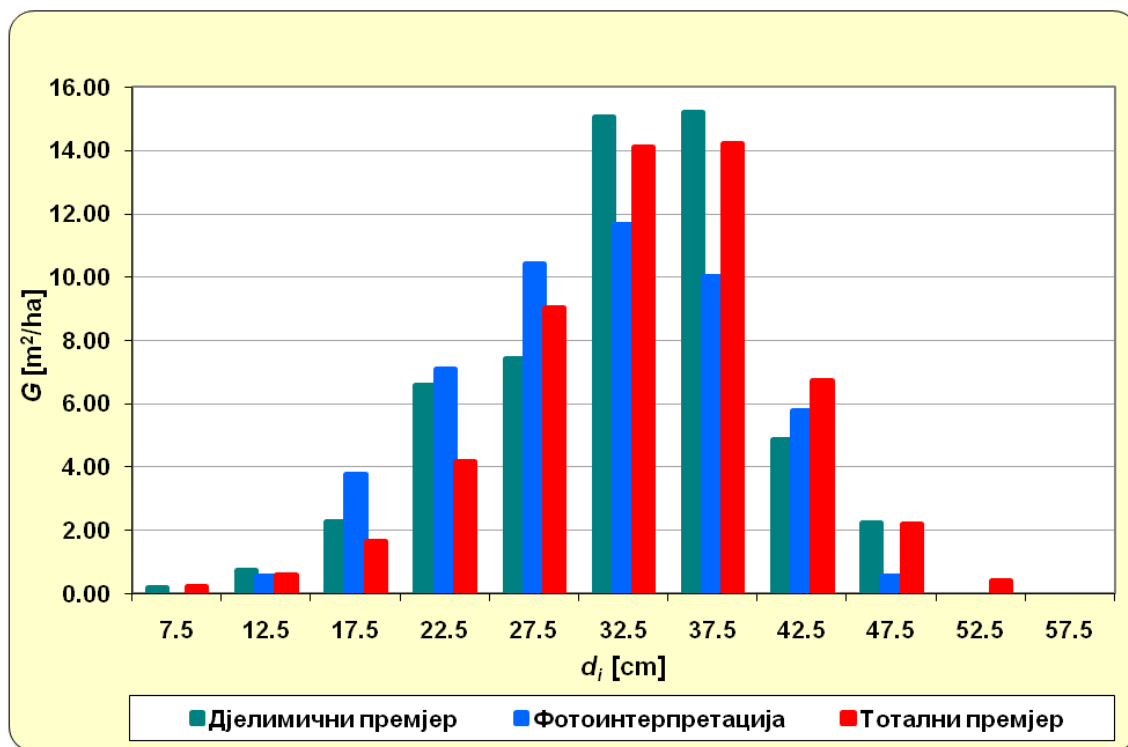
Просјечна темељница састојине добијена тоталним премјером је 53,28 m<sup>2</sup>/ha, дјелимичним премјером 54,47 m<sup>2</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимача 49,76 m<sup>2</sup>/ha. Двострука релативна грешка процјене темељнице код дјелимичног премјера је 13,90%, а код фотоинтерпретације аероснимача 10,56%.

**Табела 43.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 2)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$G/ha$		$G/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	0,21		0,17	-20,05		
12,5	0,60		0,73	21,80	0,54	-10,25
17,5	1,63		2,25	38,13	3,76	130,21
22,5	4,17		6,59	57,97	7,08	69,90
27,5	9,03		7,42	-17,82	10,39	15,05
32,5	14,12		15,04	6,52	11,67	-17,35
37,5	14,21		15,19	6,91	10,01	-29,54
42,5	6,73		4,88	-27,50	5,76	-14,32
47,5	2,18		2,22	1,51	0,55	-74,62
52,5	0,41					
$\Sigma$	53,28		54,47	2,25	49,76	-6,59

Тестирањем разлика у темељници констатовано је да нема статистички значајних разлика између темељница добијених по тестираним методама премјера (табела 44).





Графикон 6. Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 2)

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

Табела 44. Тестирање разлика темељница – ОП 2

ТЕСТ	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	53,28	54,47	3,55	16				0,337	2,131
фи - тп	53,28				49,76	2,46	16	-1,425	2,131
фи - дп		54,47	3,55	16	49,76	2,46	16	-1,089	2,042

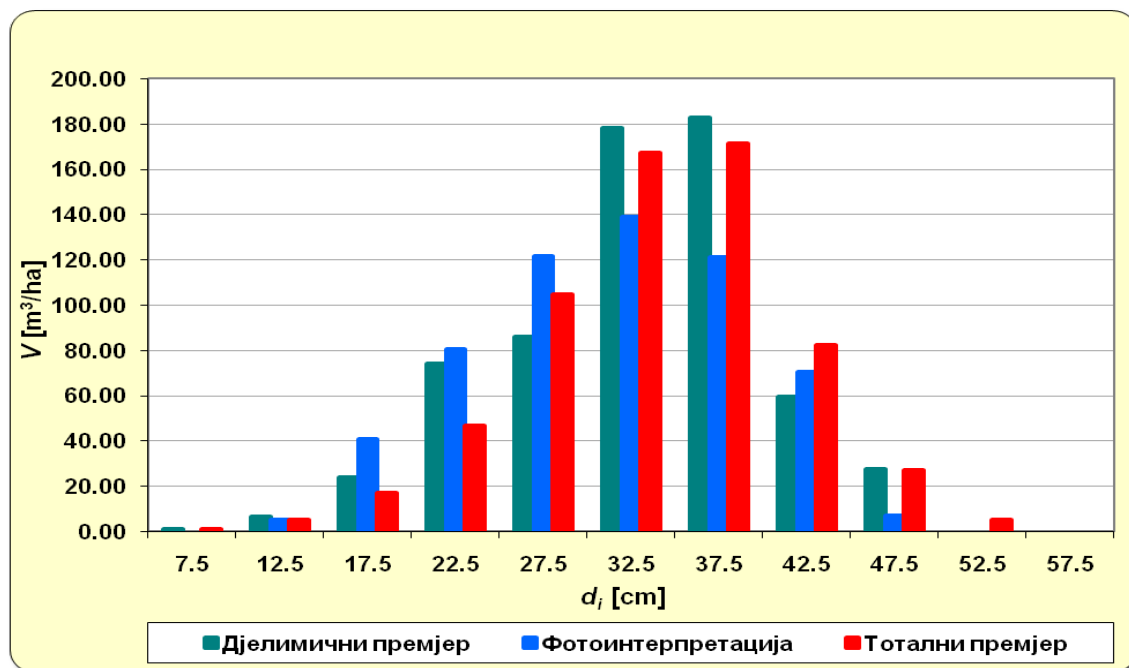
### Запремина састојине

На основу података из табеле 45 и графикана 7 може се закључити да дистрибуција запремине по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 33,78 cm и коефицијентом варијације од 21,59%. Ова дистрибуција има средњу лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,29$ ) и малу издуженост ( $\alpha_4 = 3,24$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна запремина састојине добијена тоталним премјером је 626,79 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 638,23 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 584,57 m<sup>3</sup>/ha. Двострука релативна грешка процјене запремине код дјелимичног премјера је 13,73%, а код фотоинтерпретације аероснимака 10,25%.

**Табела 45.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 2)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$V/ha$	$V/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]	
7,5	1,00	0,87	-12,72			
12,5	5,22	6,34	21,38	4,81	-7,87	
17,5	17,08	23,54	37,79	40,58	137,56	
22,5	46,64	73,76	58,15	80,47	72,53	
27,5	104,64	86,00	-17,81	121,38	16,00	
32,5	167,27	178,17	6,51	139,02	-16,89	
37,5	171,11	182,88	6,88	121,04	-29,26	
42,5	81,98	59,43	-27,50	70,43	-14,09	
47,5	26,83	27,24	1,51	6,83	-74,55	
52,5	5,02					
$\Sigma$	626,79	638,23	1,82	584,57	-6,74	



**Графикон 7.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 2)

Тестирањем разлика у запремини констатовано је да нема статистички значајних разлика између запремина добијених по тестираним методама премјера (табела 46).

Тестирањем дистрибуција запремине по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

**Табела 46.** Тестирање разлика запремина – ОП 2

ТЕСТ	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	626,79	638,23	41,11	16				0,278	2,131
фи - тп	626,79				584,57	28,10	16	-1,502	2,131
фи - дп		638,23	41,11	16	584,57	28,10	16	-1,078	2,042

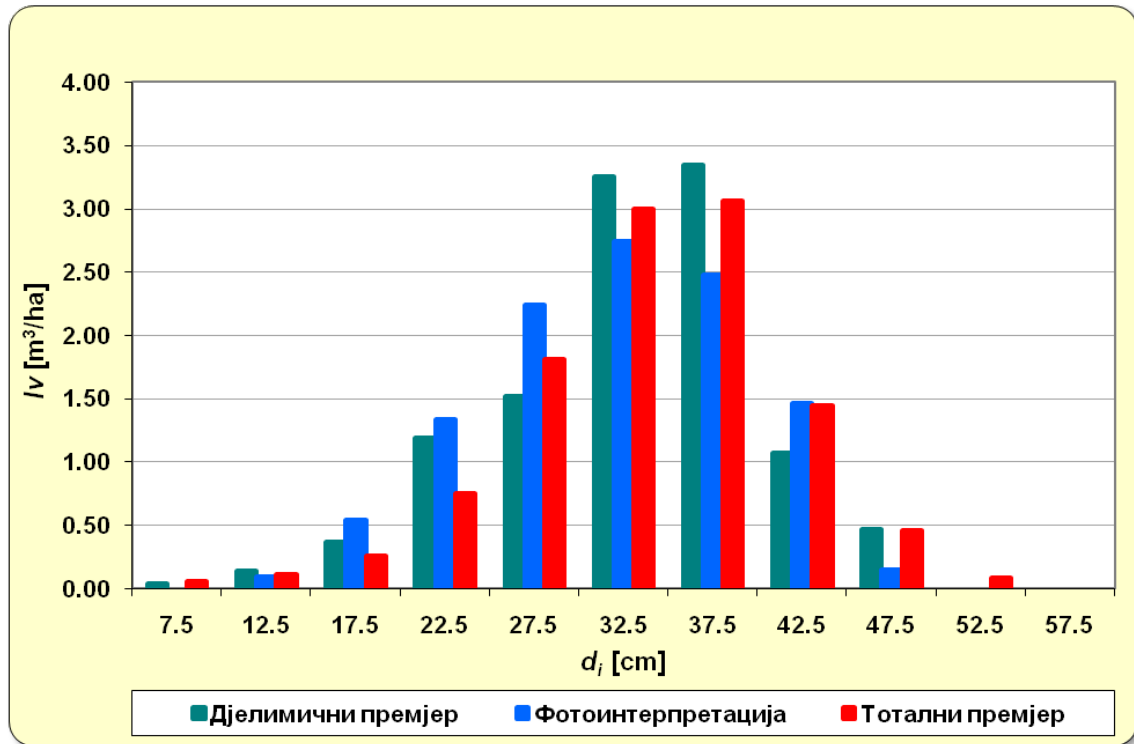
### Текући запремински прираст састојине

На основу података из табеле 47 и графика 8 може се закључити да дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 33,80 см и коефицијентом варијације од 21,68%. Ова дистрибуција има средњу лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,43$ ) и велику издуженост ( $\alpha_4 = 3,67$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечан текући запремински прираст састојине добијен тоталним премјером је 11,01 м<sup>3</sup>/ха, дјелимичним премјером 11,37 м<sup>3</sup>/ха, а фотоинтерпретацијом аероснимака 11,02 м<sup>3</sup>/ха. Двострука релативна грешка процјене текућег запреминског прираста код дјелимичног премјера је 12,82%, а код фотоинтерпретације аероснимака 9,54%.

**Табела 47.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 2)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$Iv/ha$	$Iv/ha$	$Iv/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$Iv/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	0,06	0,04	0,04	-27,96		
12,5	0,11	0,14	0,14	29,75	0,09	-15,21
17,5	0,25	0,36	0,36	43,86	0,54	113,01
22,5	0,75	1,19	1,19	59,12	1,33	77,94
27,5	1,81	1,51	1,51	-16,42	2,24	23,70
32,5	3,00	3,25	3,25	8,52	2,74	-8,45
37,5	3,06	3,34	3,34	9,04	2,47	-19,24
42,5	1,44	1,06	1,06	-26,20	1,46	1,34
47,5	0,46	0,47	0,47	3,26	0,14	-68,56
52,5	0,08					
$\Sigma$	11,01	11,37	11,37	3,26	11,02	0,08



**Графикон 8.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 2)

Тестирањем разлика у текућем запреминском прирасту констатовано је да нема статистички значајних разлика између текућих запреминских прираста добијених по тестирањим методама премјера (табела 48).

Тестирањем дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестирањих дистрибуција (прилог 5).

**Табела 48.** Тестирање разлика текућег запреминског прираста

ТЕСТ	$IV_{ТП}$	$IV_{ДП}$	$s_{\bar{x}}_{ДП}$	$n_{ДП}$	$IV_{ФИ}$	$s_{\bar{x}}_{ФИ}$	$n_{ФИ}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
ДП - ТП	11,01	11,37	0,68	16				0,525	2,131
ФИ - ТП	11,01				11,02	0,49	16	0,018	2,131
ФИ - ДП		11,37	0,68	16	11,02	0,49	16	-0,415	2,042

### 7.2.3. Вјештачки подигнута састојина црног бора (ОП 3)

#### Број стабала

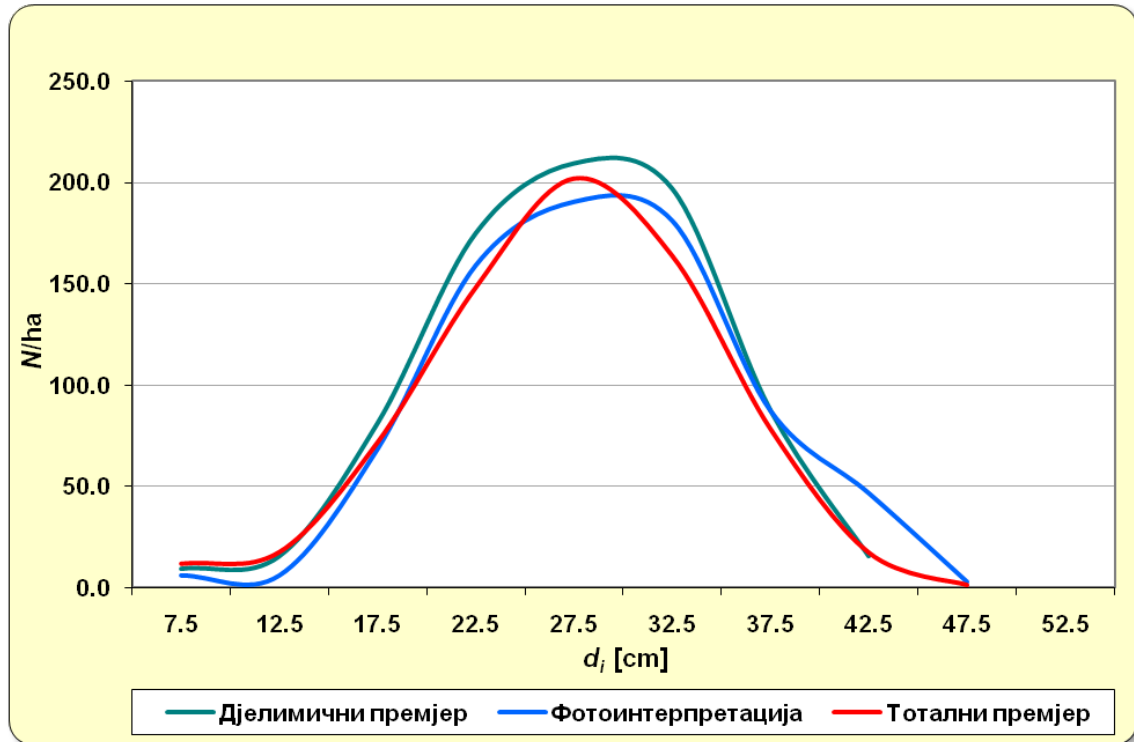
На основу података из табеле 49 и графикана 9 може се закључити да дистрибуција стабала по дебљинским степенима има облик мало до средње асиметричне ( $\alpha_3 = -0,26$ ) и нормално спљоштене ( $\alpha_4 = 3,06$ ) Гаусове криве, која је карактеристична за једнодобне састојине. У овој вјештачки подигнутој састојини требало је да се одржи семинар на тему гајења и газдовања вјештачки подигнутим састојинама. Зато је у њој спроведен школски примјер селективне прореде са издвајањем „стабала будућности”, равномјерно распо- ређених по површини састојине. Том приликом постављена је и нешто гушћа мрежа влака за привлачење трупаца и обле грађе. Остављен је и одређен број тањих и нижих стабала која нису конкуренти „стабима будућности”, а имају позитивну улогу јер им помажу у чишћењу од грана. Усљед тога се лијеви крак дистрибуције незнатно развлачи и аритметичка средина (27,40 cm) помјера се улијево, што доводи до повећања варијационе ширине и коефи- цијента варијације (25,89%). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

**Табела 49.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 3)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$N/ha$	$N/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	11,8	9,4	-20,21	6,3	-46,81
12,5	17,5	15,6	-10,71	6,3	-64,29
17,5	71,8	81,3	13,24	68,8	-4,18
22,5	148,3	175,0	18,04	159,4	7,50
27,5	202,0	209,4	3,65	190,6	-5,63
32,5	163,8	196,9	20,23	181,3	10,69
37,5	78,3	87,5	11,82	87,5	11,82
42,5	17,3	15,6	-9,42	46,9	171,74
47,5	1,3			3,1	150,00
$\Sigma$	711,8	790,6	11,08	750,0	5,37

Просјечан број стабала добијен тоталним премјером је 711,8 стабала/ха, дјелимичним премјером 790,6 стабала/ха, а фотоинтерпретацијом аеросни- мака 750,0 стабала/ха. Двострука релативна грешка процјене броја стабала

код дјелимичног премјера је 13,38%, а код фотоинтерпретације аероснимака 12,03%.



**Графикон 9.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 3)

Тестирањем разлика у броја стабала констатовано је да нема статистички значајних разлика између броја стабала добијених по тестираним методама премјера (табела 50).

Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима констатовано је да у оба случаја (таксационе границе 5 cm и 20 cm) нема статистички значајне разлике само између дистрибуција добијених тоталним и дјелимичним премјером (табела 51). Ова констатација може се објаснити самом природом  $\chi^2$  – теста јер је за његову примјену потребно изједначити укупне фреквенције тестираних дистрибуција (Lovrić et al., 2006), као и чињеницом да је на огледној површини постављен релативно мали узорак од 16 примјерних површина.

**Табела 50.** Тестирање разлика броја стабала – ОП 3

ТЕСТ	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}}_{дп}$	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}}_{фи}$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	711,8	790,6	49,6	16				1,589	2,131
фи - тп	711,8				750,0	42,3	16	0,904	2,131
фи - дп		790,6	49,6	16	750,0	42,3	16	-0,623	2,042

**Табела 51.** Тестирање дистрибуција броја стабала – ОП 3

ТЕСТ	Таксациона граница: 5 см			Таксациона граница: 20 см		
	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност
дп - тп	5,30	14,07	0,623866	3,55	9,49	0,469812
фи - тп	59,40	14,07	0,000000	43,84	9,49	0,000000
фи - дп	86,48	14,07	0,000000	74,38	9,49	0,000000

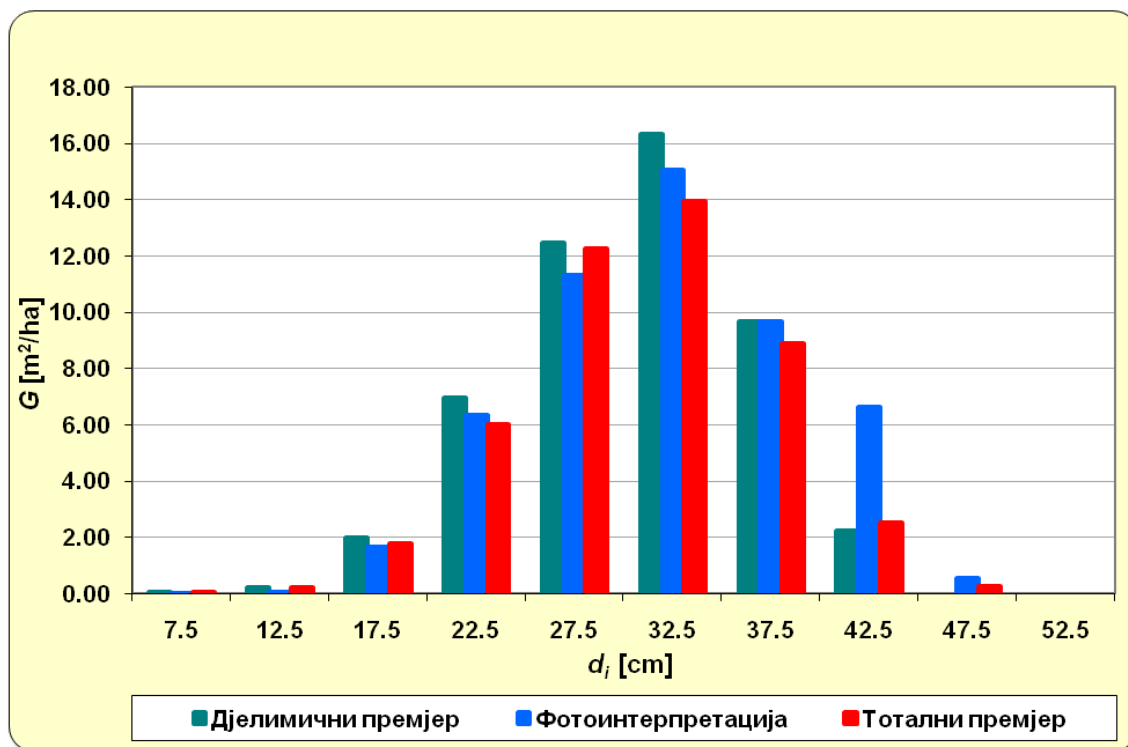
### Темељница састојине

На основу података из табеле 52 и графика 10 може се закључити да дистрибуција темељнице по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 30,74 см и коефицијентом варијације од 20,44%. Ова дистрибуција има малу лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,17$ ) и нормалну спљоштеност ( $\alpha_4 = 2,93$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна темељница састојине добијена тоталним премјером је 45,84 м<sup>2</sup>/ха, дјелимичним премјером 49,79 м<sup>2</sup>/ха, а фотоинтерпретацијом аероснимача 51,32 м<sup>2</sup>/ха. Двострука релативна грешка процјене темељнице код дјелимичног премјера је 10,93%, а код фотоинтерпретације аероснимача 11,98%.

**Табела 52.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 3)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$G/ha$	$G/ha$	$G/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	0,06	0,04	0,04	-26,79	0,03	-51,20
12,5	0,22	0,19	0,19	-14,66	0,08	-65,86
17,5	1,75	1,95	1,95	11,36	1,65	-5,77
22,5	6,01	6,96	6,96	15,84	6,34	5,50
27,5	12,26	12,44	12,44	1,41	11,32	-7,67
32,5	13,92	16,33	16,33	17,35	15,04	8,04
37,5	8,87	9,66	9,66	8,93	9,66	8,93
42,5	2,52	2,22	2,22	-11,93	6,65	164,22
47,5	0,23				0,55	142,69
$\Sigma$	45,84	49,79	49,79	8,63	51,32	11,96



Графикон 10. Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 3)

Тестирањем разлика у темељници констатовано је да нема статистички значајних разлика између темељница добијених по тестираним методама премјера (табела 53).

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

Табела 53. Тестирање разлика темељница – ОП 3

ТЕСТ	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	45,84	49,79	2,55	16				1,549	2,131
фи - тп	45,84				51,32	2,89	16	1,899	2,131
фи - дп		49,79	2,55	16	51,32	2,89	16	0,396	2,042

### Запремина састојине

На основу података из табеле 54 и графикана 11 може се закључити да дистрибуција запремине по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 31,05 cm и коефицијентом варијације од

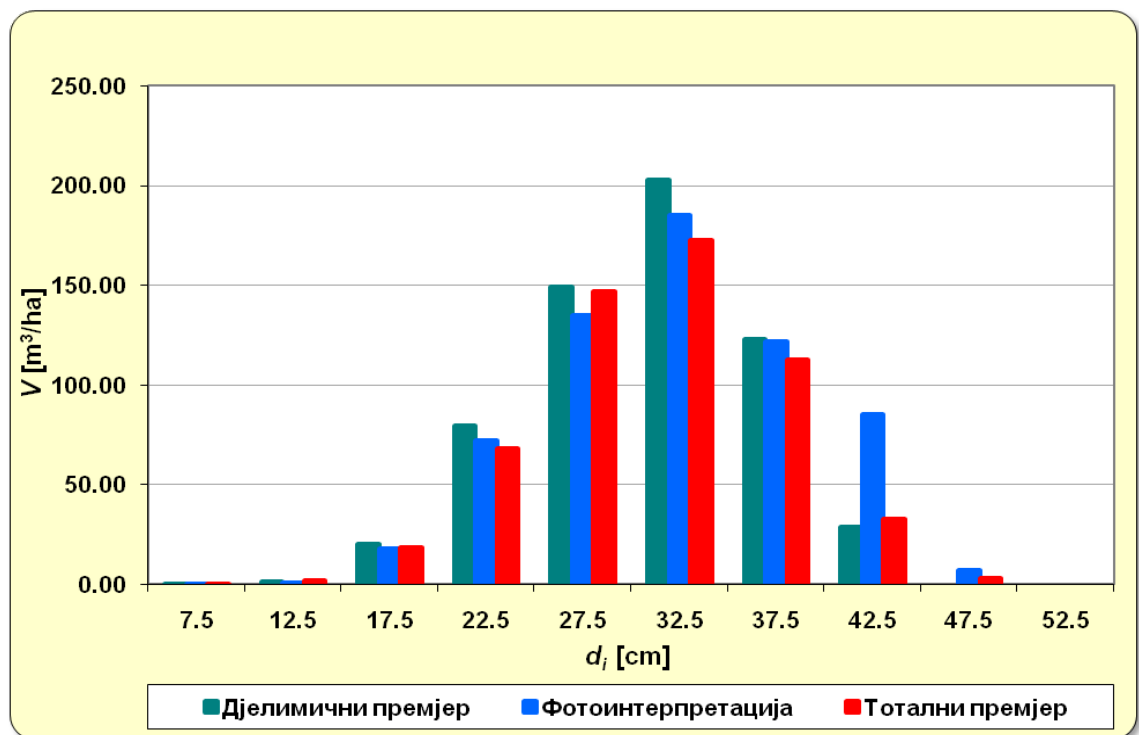


19,86%. Ова дистрибуција има малу лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,14$ ) и малу развученост ( $\alpha_4 = 2,85$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна запремина састојине добијена тоталним премјером је 556,37  $m^3/ha$ , дјелимичним премјером 603,79  $m^3/ha$ , а фотоинтерпретацијом аероснимака 624,26  $m^3/ha$ . Двострука релативна грешка процјене запремине код дјелимичног премјера је 10,79%, а код фотоинтерпретације аероснимака 12,18%.

**Табела 54.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 3)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$V/ha$	$V/ha$	$V/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	0,29	0,22	-26,79	0,18	-40,59	
12,5	1,87	1,33	-28,94	0,71	-62,21	
17,5	18,39	20,37	10,79	17,75	-3,46	
22,5	68,39	79,28	15,92	72,08	5,40	
27,5	146,79	148,87	1,41	134,87	-8,12	
32,5	172,47	202,39	17,35	184,80	7,15	
37,5	112,62	122,68	8,93	121,59	7,96	
42,5	32,55	28,67	-11,93	85,11	161,44	
47,5	3,00			7,18	139,88	
$\Sigma$	556,37	603,79	8,52	624,26	12,20	



**Графикон 11.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 3)

Тестирањем разлика у запремини констатовано је да нема статистички значајних разлика између запремина добијених по тестираним методама премјера (табела 55).

Тестирањем дистрибуција запремине по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

**Табела 55.** Тестирање разлика запремина – ОП 3

ТЕСТ	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}}_{дп}$	$n_{дп}$	$V_{фи}$	$s_{\bar{x}}_{фи}$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	556,37	603,79	30,56	16				1,552	2,131
фи - тп	556,37				624,26	35,69	16	1,902	2,131
фи - дп		603,79	30,56	16	624,26	35,69	16	0,436	2,042

### Текући запремински прираст састојине

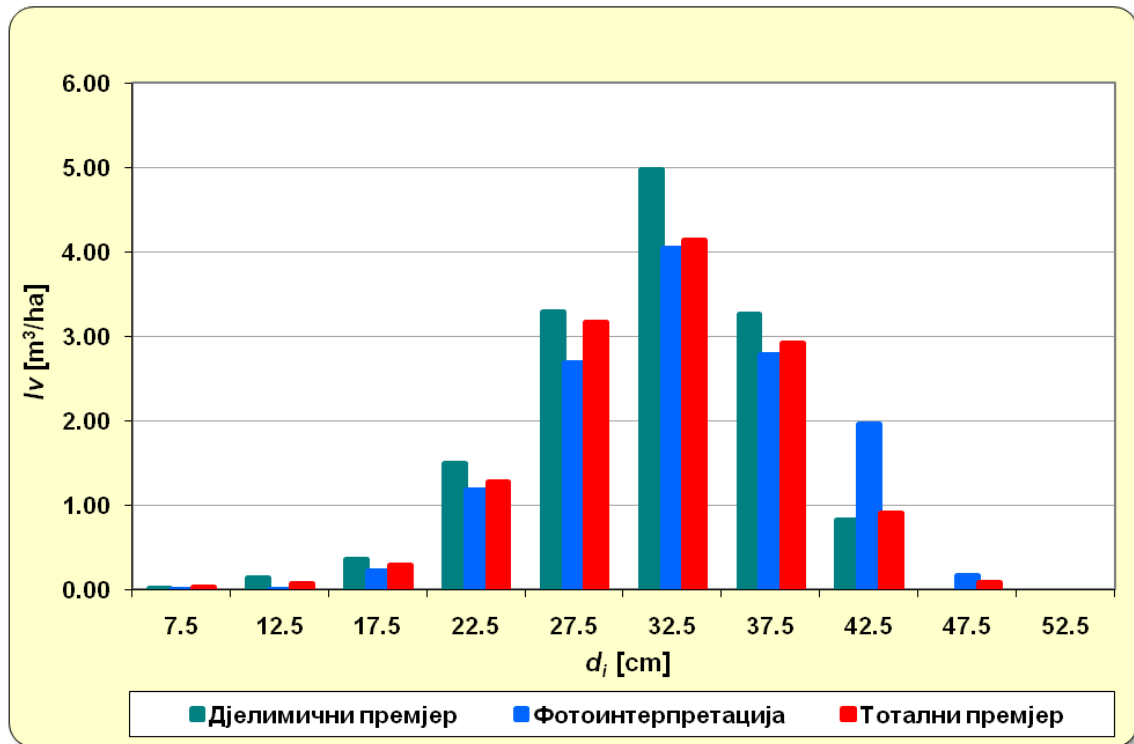
На основу података из табеле 56 и графикана 12 може се закључити да дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 31,72 см и коефицијентом варијације од 19,43%. Ова дистрибуција има средњу лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,29$ ) и малу до средњу издуженост ( $\alpha_4 = 3,25$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

**Табела 56.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 3)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$Iv/ha$		$Iv/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$Iv/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5		0,02	0,02	-20,21	0,00	-80,26
12,5		0,07	0,14	113,04	0,00	-99,84
17,5		0,29	0,36	21,89	0,22	-25,52
22,5		1,27	1,50	17,68	1,18	-7,47
27,5		3,17	3,28	3,65	2,69	-15,16
32,5		4,13	4,97	20,23	4,04	-2,28
37,5		2,91	3,26	11,82	2,78	-4,70
42,5		0,90	0,82	-9,42	1,96	118,13
47,5		0,09			0,17	88,72
$\Sigma$		12,86	14,34	11,53	13,03	1,36

Просјечан текући запремински прираст састојине добијен тоталним премјером је 12,86 м<sup>3</sup>/ха, дјелимичним премјером 14,34 м<sup>3</sup>/ха, а фотоинтерпретацијом аероснимака 13,03 м<sup>3</sup>/ха. Двострука релативна грешка процјене

текућег запреминског прираста код дјелимичног премјера је 10,83%, а код фотоинтерпретације аероснимача 13,13%.



**Графикон 12.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 3)

Тестирањем разлика у текућем запреминском прирасту констатовано је да нема статистички значајних разлика између текућих запреминских прираста добијених по тестирањим методама премјера (табела 57).

Тестирањем дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестирањих дистрибуција (прилог 5).

**Табела 57.** Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 3

ТЕСТ	$IV_{ТП}$	$IV_{ДП}$	$s_{\bar{x}}_{ДП}$	$n_{ДП}$	$IV_{\PhiИ}$	$s_{\bar{x}}_{\PhiИ}$	$n_{\PhiИ}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
ДП - ТП	12,86	14,34	0,73	16				2,035	2,131
ФИ - ТП	12,86				13,03	0,80	16	0,217	2,131
ФИ - ДП		14,34	0,73	16	13,03	0,80	16	-1,206	2,042

#### 7.2.4. Висока једнодобна шума букве (ОП 4)

##### Број стабала

С обзиром на то да је у свим високим шумама са природном обновом у Републици Српској прописан систем газдовања скупинасто-пребирним сјечама било је веома тешко изабрати огледну површину која би представљала хомогене састојине букве. Накнадним обиласком и анализом структурних карактеристика одлучено је да за истраживање буде изабрана ова састојина у којој није било планских сјеча.

На основу података из табеле 58 и графикана 13 може се закључити да дистрибуција стабала по дебљинским степенима има облик скоро симетричне ( $\alpha_3 = 0,10$ ) и средње развучене ( $\alpha_4 = 2,66$ ) Гаусове криве, која је карактеристична за једнодобне састојине. Десни крак дистрибуције незнатно је развученији од лијевог па је аритметичка средина (25,71 cm) помјерена удесно, што доводи до повећања варијационе ширине и коефицијента варијације (33,86%). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечан број стабала добијен тоталним премјером је 646,8 стабала/ha, дјелимичним премјером 629,2 стабала/ha, а фотоинтерпретацијом аеросни-мака 716,7 стабала/ha (модел 1 и 2). Вишеструки регресиони модел 1 добијен је премјером моделних стабала букве са огледних површина 4 – 8, као и моделних стабала са огледне површине у одјељењу 104, ГЈ „Дубичка гора” (није била предмет истраживања), док је модел 2 добијен премјером моделних стабала само са ове огледне површине. Двострука релативна грешка процјене броја стабала код дјелимичног премјера је 11,79%, а код фотоинтерпретације аеросни-мака (модел 1 и 2) 8,36%.

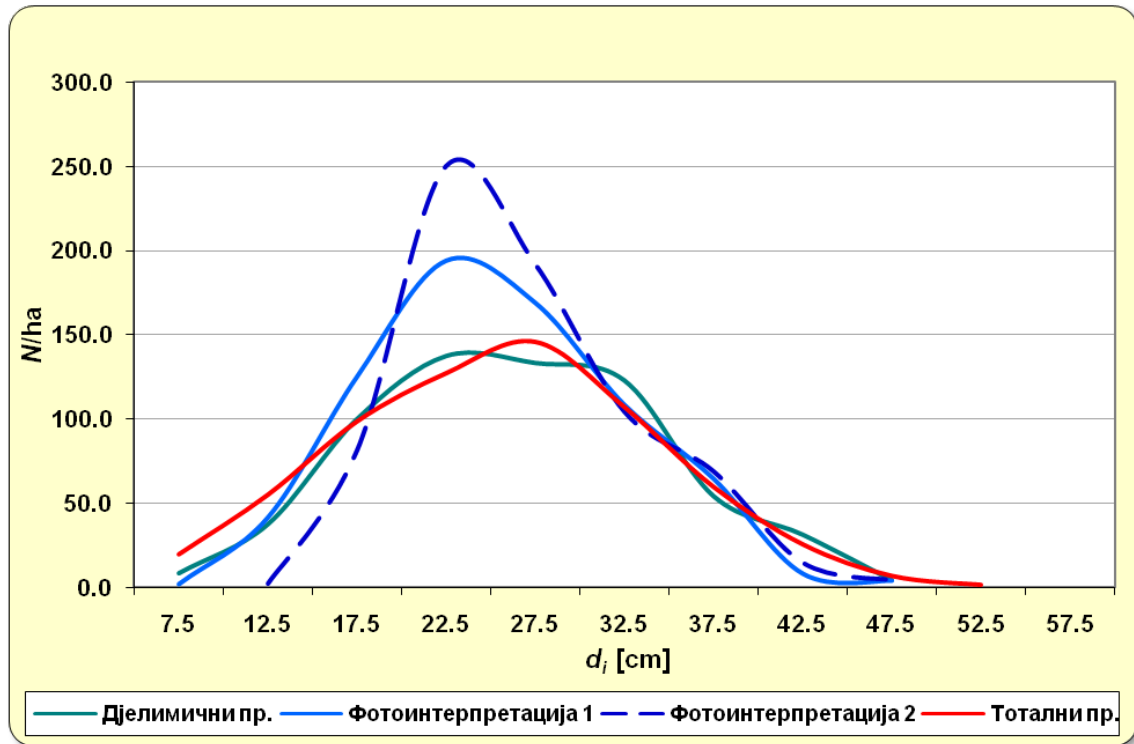
Код дистрибуције броја стабала добијене фотоинтерпретацијом аеросни-мака јасно је изражен „вишак” стабала у дебљинским степенима 22,5 cm и 27,5 cm који је директна посљедица лоше припремљеног плана лета авиона. Наиме, ова огледна површина снимљена је у два низа аеросни-мака летом авиона у правцу исток – запад. Огледна површина се види у стереомоделима

оба низа и то на врло неповољним мјестима: при дну стереомодела сјеверног низа и при врху стереомодела јужног низа. С обзиром на то да је огледна површина експонирана према сјеверозападу, а снимање ове огледне површине обављено је око 11:30 сати прије подне, требало је одлучити које стереомоделе користити за фотоинтерпретацију. У стереомоделима јужног низа огледна површина је јако добро освијетљена и контраекспонирана, тако да је веома тешко идентификовати сјеверозападне дијелове крошњи. Дијелови крошњи стабала у стереомоделима сјеверног низа налазе се у сјени. Сјена смањује контраст и отежава или у потпуности онемогућава фотоинтерпретацију аероснимака. У овим стереомоделима стабла изгледају као да леже на тлу. Радећи у стереомоделима оба низа, констатовано је да се квалитетнији подаци могу добити у стереомоделима сјеверног низа, након чега су они одабрани за наставак рада.

„Вишак” стабала у дебљинским степенима 22,5 cm и 27,5 cm настао је као директна посљедица лоше видљивости и слабог контраста, тако да је било веома тешко векторизовати крошње. Исто тако, дијелови крошњи појединих стабала која се налазе изван примјерне површине детектовани су као крошње стабала која се налазе на примјерној површини. Недостатак стабала прсног пречника већег од 40 cm посљедица је „цијепања” крошњи ових стабала на два или више дијелова који су детектовани као мање крошње, дакле као крошње стабала прсног пречника од 20 до 30 cm.

**Табела 58.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 4)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$N/ha$	$N/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	19,5	8,3	-57,26	2,1	-89,32		
12,5	55,0	37,5	-31,82	41,7	-24,24	2,1	-96,21
17,5	98,7	100,0	1,35	125,0	26,69	81,3	-17,65
22,5	127,3	137,5	7,98	193,8	52,16	250,0	96,34
27,5	146,0	133,3	-8,68	168,8	15,58	191,7	31,28
32,5	107,2	122,9	14,70	108,3	1,09	104,2	-2,80
37,5	59,7	54,2	-9,22	64,6	8,24	68,8	15,22
42,5	25,5	31,3	22,55	8,3	-67,32	14,6	-42,81
47,5	6,7	4,2	-37,50	4,2	-37,50	4,2	-37,50
52,5	1,3						
$\Sigma$	646,8	629,2	-2,73	716,7	10,80	716,7	10,80



Графикон 13. Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 4)

Тестирањем разлика у броју стабала констатовано је да постоје статистички значајне разлике између броја стабала добијених фотоинтерпретацијом аероснимача (оба модела) и броја стабала добијеног тоталним премјером (табеле 59 и 60).

Табела 59. Тестирање разлика броја стабала – ОП 4, модел 1

ТЕСТ	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	646,8	629,2	35,85	24				-0,493	2,069
фи 1 - тп	646,8				716,7	28,97	24	2,410	2,069
фи 1 - дп		629,2	35,85	24	716,7	28,97	24	1,898	2,013

Табела 60. Тестирање разлика броја стабала – ОП 4, модел 2

ТЕСТ	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	646,8	629,2	35,85	24				-0,493	2,069
фи 2 - тп	646,8				716,7	28,97	24	2,410	2,069
фи 2 - дп		629,2	35,85	24	716,7	28,97	24	1,898	2,013

Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима констатовано је да нема статистички значајне разлике између дистрибуција

добијених дјелимичним и тоталним премјером и то само у случају таксационе границе од 20 cm. У свим осталим случајевима констатоване су статистички значајне разлике (табеле 61 и 62).

**Табела 61.** Тестирање дистрибуција броја стабала – ОП 4, модел 1

ТЕСТ	Таксациона граница: 5 cm			Таксациона граница: 20 cm		
	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност
дп - тп	20,51	15,51	0,008579	7,36	11,07	0,194895
фи - тп	168,12	15,51	0,000000	48,45	11,07	0,000000
фи - дп	131,78	15,51	0,000000	49,48	11,07	0,000000

**Табела 62.** Тестирање дистрибуција броја стабала – ОП 4, модел 2

ТЕСТ	Таксациона граница: 5 cm			Таксациона граница: 20 cm		
	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност
дп - тп	20,51	15,51	0,008579	7,36	11,07	0,194895
фи - тп	57,25	15,51	0,000000	30,16	11,07	0,000014
фи - дп	41,32	15,51	0,000002	33,80	11,07	0,000003

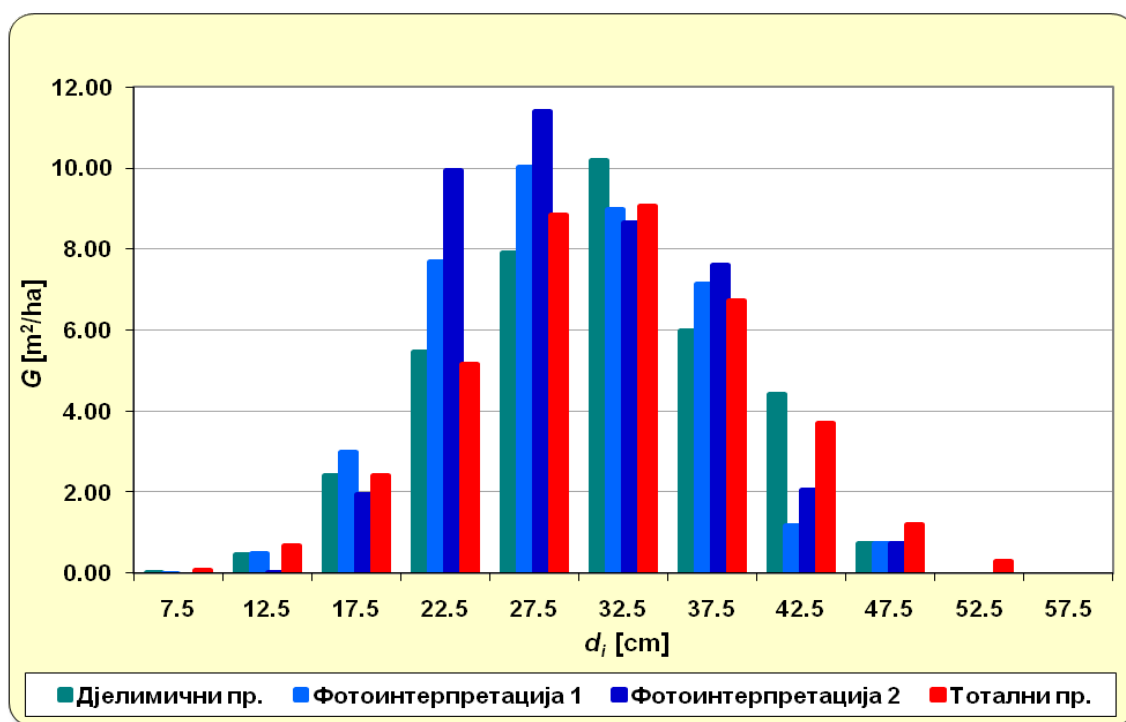
### Темељница састојине

На основу података из табеле 63 и графика 14 може се закључити да дистрибуција темељнице по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 31,10 cm и коефицијентом варијације од 25,82%. Ова дистрибуција нема асиметрију ( $\alpha_3 = 0,01$ ), али има малу разновученост ( $\alpha_4 = 2,80$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

**Табела 63.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 4)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$G/ha$	$G/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	0,09	0,04	-57,90	0,01	-89,48		
12,5	0,69	0,46	-32,99	0,51	-25,55	0,03	-96,28
17,5	2,42	2,41	-0,46	3,01	24,42	1,95	-19,12
22,5	5,16	5,47	6,00	7,70	49,36	9,94	92,73
27,5	8,84	7,92	-10,41	10,02	13,39	11,38	28,79
32,5	9,07	10,20	12,46	8,99	-0,89	8,64	-4,70
37,5	6,73	5,98	-11,05	7,13	6,05	7,59	12,89
42,5	3,69	4,43	19,98	1,18	-68,00	2,07	-44,01
47,5	1,21	0,74	-38,86	0,74	-38,86	0,74	-38,86
52,5	0,30						
$\Sigma$	38,18	37,64	-1,41	39,29	2,92	42,35	10,92

Просјечна темељница састојине добијена тоталним премјером је 38,18 m<sup>2</sup>/ha, дјелимичним премјером 37,64 m<sup>2</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 39,29 m<sup>2</sup>/ha (модел 1) и 42,35 m<sup>2</sup>/ha (модел 2). Двострука релативна грешка процјене темељнице код дјелимичног премјера је 7,62%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,39% (модел 1), односно 7,89% (модел 2).



Графикон 14. Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 4)

Тестирањем разлика у темељници констатовано је да постоје статистички значајне разлике између темељница добијених фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 2) и терестричким премјером (табеле 64 и 65).

Табела 64. Тестирање разлика темељница – ОП 4, модел 1

ТЕСТ	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	38,18	37,64	1,39	24				-0,391	2,069
фи 1 - тп	38,18				39,29	1,21	24	0,916	2,069
фи 1 - дп		37,64	1,39	24	39,29	1,21	24	0,898	2,013

Табела 65. Тестирање разлика темељница – ОП 4, модел 2

ТЕСТ	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	38,18	37,64	1,39	24				-0,391	2,069
фи 2 - тп	38,18				42,35	1,61	24	2,579	2,069
фи 2 - дп		37,64	1,39	24	42,35	1,61	24	2,212	2,013



Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

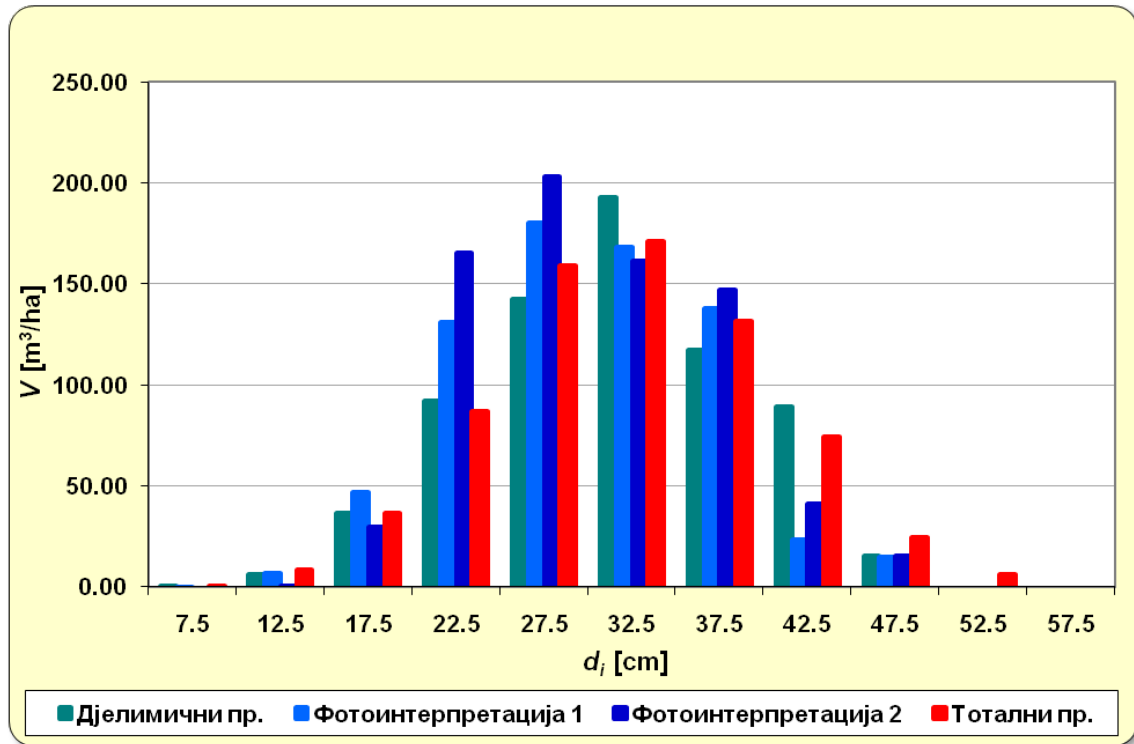
### Запремина састојине

На основу података из табеле 66 и графикана 15 може се закључити да дистрибуција запремине по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 31,77 cm и коефицијентом варијације од 24,75%. Ова дистрибуција нема асиметрију ( $\alpha_3 = 0,02$ ), али има малу разновучност ( $\alpha_4 = 2,80$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна запремина састојине добијена тоталним премјером је 700,20 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 691,15 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 709,27 m<sup>3</sup>/ha и 762,70 m<sup>3</sup>/ha (модел 1 и 2). Двострука релативна грешка процјене запремине код дјелимичног премјера је 7,68%, а код фотоинтерпретације аероснимака 7,15% (модел 1), односно 8,93% (модел 2).

**Табела 66.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 4)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$V/ha$	$V/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	0,75	0,32	-57,90	0,09	-88,37		
12,5	8,73	5,85	-32,99	6,83	-21,73	0,32	-96,33
17,5	36,67	36,50	-0,46	46,75	27,49	29,33	-20,01
22,5	86,78	91,99	6,00	130,78	50,70	165,50	90,71
27,5	159,09	142,53	-10,41	180,23	13,29	202,78	27,47
32,5	171,17	192,49	12,46	168,46	-1,58	161,46	-5,67
37,5	131,60	117,05	-11,05	137,82	4,73	147,06	11,74
42,5	74,36	89,22	19,98	23,41	-68,52	41,21	-44,58
47,5	24,86	15,20	-38,86	14,91	-40,03	15,04	-39,49
52,5	6,19						
$\Sigma$	700,20	691,15	-1,29	709,27	1,30	762,70	8,93



Графикон 15. Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 4)

Тестирањем разлика у запремини констатовано је да нема статистички значајних разлика између запремина добијених по тестираним методама премјера (табеле 67 и 68).

Табела 67. Тестирање разлика запремина – ОП 4, модел 1

ТЕСТ	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{ап}$	$s_{\bar{x}} ап$	$n_{ап}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	700,20	691,15	25,64	24				-0,353	2,069
фи 1 - тп	700,20				709,27	24,51	24	0,370	2,069
фи 1 - дп		691,15	25,64	24	709,27	24,51	24	0,511	2,013

Табела 68. Тестирање разлика запремина – ОП 4, модел 2

ТЕСТ	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{ап}$	$s_{\bar{x}} ап$	$n_{ап}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	700,20	691,15	25,64	24				-0,353	2,069
фи 2 - тп	700,20				762,70	32,93	24	1,898	2,069
фи 2 - дп		691,15	25,64	24	762,70	32,93	24	1,714	2,013

Тестирањем дистрибуција запремине по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

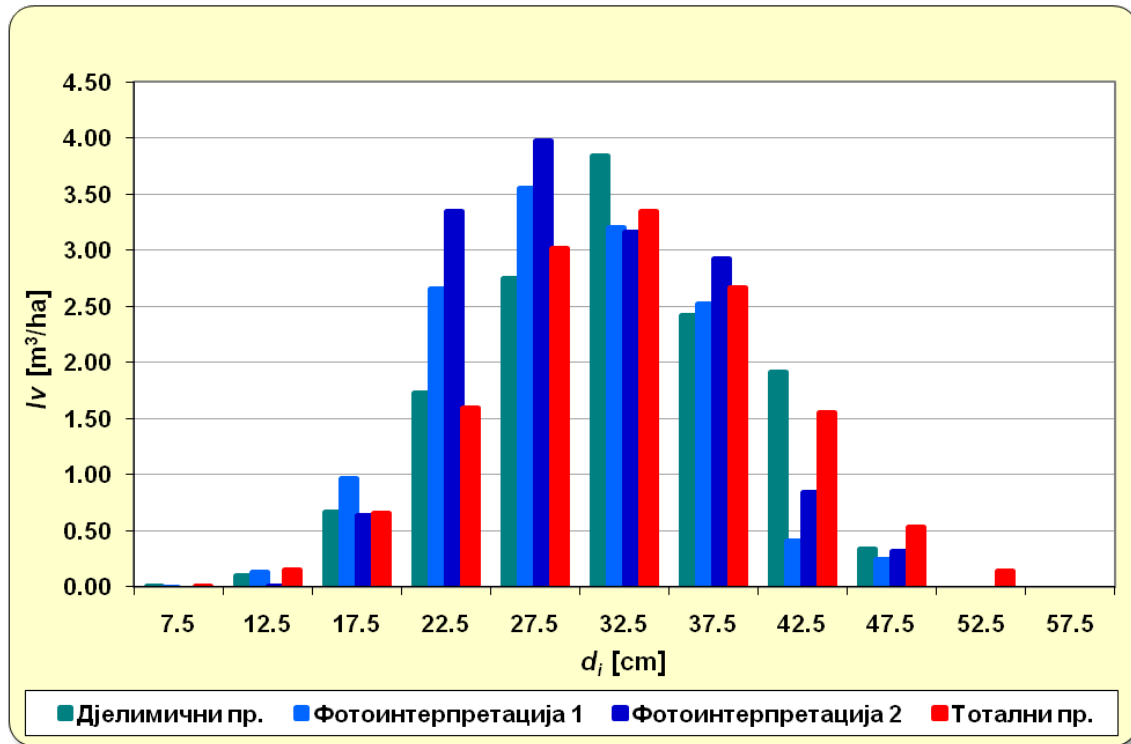
## Текући запремински прираст

На основу података из табеле 69 и графикана 16 може се закључити да дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 32,18 cm и коефицијентом варијације од 24,47%. Ова дистрибуција нема асиметрију ( $\alpha_3 = 0,01$ ), али има малу развученост ( $\alpha_4 = 2,78$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечан текући запремински прираст састојине добијен тоталним премјером је 13,67 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 13,75 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 13,72 m<sup>3</sup>/ha (модел 1) и 15,21 m<sup>3</sup>/ha (модел 2). Двострука релативна грешка процјене текућег запреминског прираста код дјелимичног премјера је 7,81%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,68% (модел 1), односно 8,72% (модел 2).

**Табела 69.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 4)

<i>d</i> [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	<i>I<sub>v</sub></i> /ha	<i>I<sub>v</sub></i> /ha	$\Delta_{d-t}$ [%]	<i>I<sub>v</sub></i> /ha	$\Delta_{f1-t}$ [%]	<i>I<sub>v</sub></i> /ha	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	0,01	0,00	-57,26	0,00	-87,76		
12,5	0,15	0,10	-31,82	0,14	-6,82	0,01	-94,66
17,5	0,66	0,66	1,35	0,97	48,11	0,64	-2,54
22,5	1,59	1,72	7,98	2,66	66,75	3,34	109,50
27,5	3,01	2,75	-8,68	3,55	17,96	3,98	31,98
32,5	3,34	3,84	14,70	3,21	-4,10	3,16	-5,62
37,5	2,66	2,42	-9,22	2,52	-5,34	2,92	9,80
42,5	1,56	1,91	22,55	0,41	-73,56	0,84	-45,83
47,5	0,54	0,34	-37,50	0,25	-53,53	0,32	-40,75
52,5	0,14						
$\Sigma$	13,67	13,75	0,56	13,72	0,35	15,21	11,27



Графикон 16. Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 4)

Тестирањем разлика у текућем запреминском прирасту констатоване су статистички значајне разлике само између прираста добијених фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 2) и тоталним премјером (табеле 70 и 71).

Табела 70. Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 4, модел 1

ТЕСТ	$Iv_{тп}$	$Iv_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$Iv_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	13,67	13,75	0,52	24				0,147	2,069
фи 1 - тп	13,67				13,72	0,44	24	0,109	2,069
фи 1 - дп		13,75	0,52	24	13,72	0,44	24	-0,041	2,013

Табела 71. Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 4, модел 2

ТЕСТ	$Iv_{тп}$	$Iv_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$Iv_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	13,67	13,75	0,52	24				0,147	2,069
фи 2 - тп	13,67				13,75	0,52	24	2,404	2,069
фи 2 - дп		13,75	0,52	24	13,75	0,52	24	1,776	2,013

Тестирањем дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

### 7.2.5. Висока једнодобна шума букве (ОП 5)

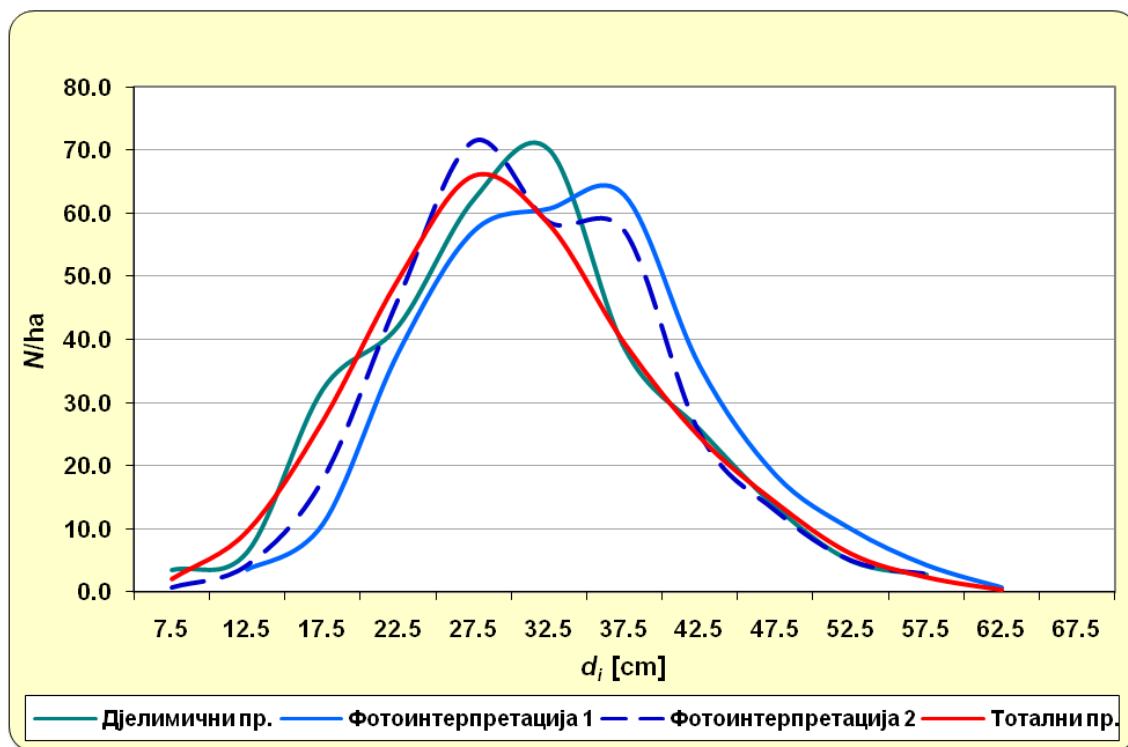
#### Број стабала

На основу података из табеле 72 и графикана 17 може се закључити да дистрибуција стабала по дебљинским степенима има облик средње асиметричне ( $\alpha_3 = 0,35$ ) и нормално спљоштене ( $\alpha_4 = 2,99$ ) Гаусове криве, која је карактеристична за једнодобне састојине. Усљед јачег дебљинског прирашћивања стабала која заузимају повољнији положај, десни крак дистрибуције се развлачи и аритметичка средина (30,41 cm) помјера се удесно, што доводи до повећања варијационе ширине и коефицијента варијације (31,56%). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечан број стабала добијен тоталним премјером је 300,1 стабала/ha, а дјелимичним премјером и фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1 и 2) 302,1 стабала/ha. Двострука релативна грешка процјене броја стабала код дјелимичног премјера је 11,78%, а код фотоинтерпретације аероснимака 9,43% (модел 1 и 2).

**Табела 72.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 5)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$N/ha$	$N/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	2,1	3,6	66,67			0,7	-66,67
12,5	9,7	6,4	-33,82	3,6	-63,24	4,3	-55,88
17,5	27,1	32,1	18,42	10,7	-60,53	17,9	-34,21
22,5	49,6	42,1	-14,99	37,9	-23,63	46,4	-6,34
27,5	66,0	62,1	-5,84	57,1	-13,42	71,4	8,23
32,5	58,3	70,0	20,10	60,7	4,17	58,6	0,49
37,5	39,4	38,6	-2,17	62,9	59,42	57,1	44,93
42,5	24,6	25,7	4,65	35,7	45,35	25,0	1,74
47,5	14,3	13,6	-5,00	18,6	30,00	12,9	-10,00
52,5	6,1	5,0	-18,60	10,0	62,79	5,0	-18,60
57,5	2,4	2,9	17,65	4,3	76,47	2,9	17,65
62,5	0,4			0,7	66,67		
$\Sigma$	300,1	302,1	0,67	302,1	0,67	302,1	0,67



Графикон 17. Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 5)

Тестирањем разлика у броју стабала констатовано је да нема статистички значајних разлика између броја стабала добијених по тестираним методама премјера (табеле 73 и 74).

Табела 73. Тестирање разлика броја стабала – ОП 5, модел 1

ТЕСТ	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	300,1	302,1	17,3	28				0,115	2,052
фи 1 - тп	300,1				302,1	13,9	28	0,144	2,052
фи 1 - дп		302,1	17,3	28	302,1	13,9	28	0,000	2,005

Табела 74. Тестирање разлика броја стабала – ОП 5, модел 2

ТЕСТ	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	300,1	302,1	17,3	28				0,115	2,052
фи 2 - тп	300,1				302,1	13,9	28	0,144	2,052
фи 2 - дп		302,1	17,3	28	302,1	13,9	28	0,000	2,005

Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима констатовано је да у оба случаја (таксационе границе 5 cm и 20 cm) нема статистички значајних разлика између дистрибуција добијених тоталним и дјелимичним премјером (табеле 75 и 76).

Тестирањем дистрибуције броја стабала по дебљинским степенима, добијене фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1), констатовано је да у оба случаја постоје статистички значајне разлике између ове дистрибуције и дистрибуција добијених тоталним и дјелимичним премјером (табеле 75 и 76).

Тестирањем дистрибуције броја стабала по дебљинским степенима, добијене фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 2), констатовано је да у случају таксационе границе од 20 cm нема статистички значајне разлике између ове дистрибуције и дистрибуција добијених терестричким премјером (табеле 75 и 76).

**Табела 75.** Тестирање дистрибуција броја стабала - ОП 5, модел 1

ТЕСТ	Таксациона граница: 5 cm			Таксациона граница: 20 cm		
	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност
дп - тп	5,08	15,51	0,749387	3,98	12,59	0,680016
фи - тп	43,46	15,51	0,000001	21,06	12,59	0,001792
фи - дп	47,69	15,51	0,000000	21,80	12,59	0,001318

**Табела 76.** Тестирање дистрибуција броја стабала - ОП 5, модел 2

ТЕСТ	Таксациона граница: 5 cm			Таксациона граница: 20 cm		
	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност
дп - тп	5,08	15,51	0,749387	3,98	15,51	0,680016
фи - тп	15,82	15,51	0,045054	6,68	15,51	0,351432
фи - дп	21,40	15,51	0,006170	9,80	15,51	0,133348

### Темељница састојине

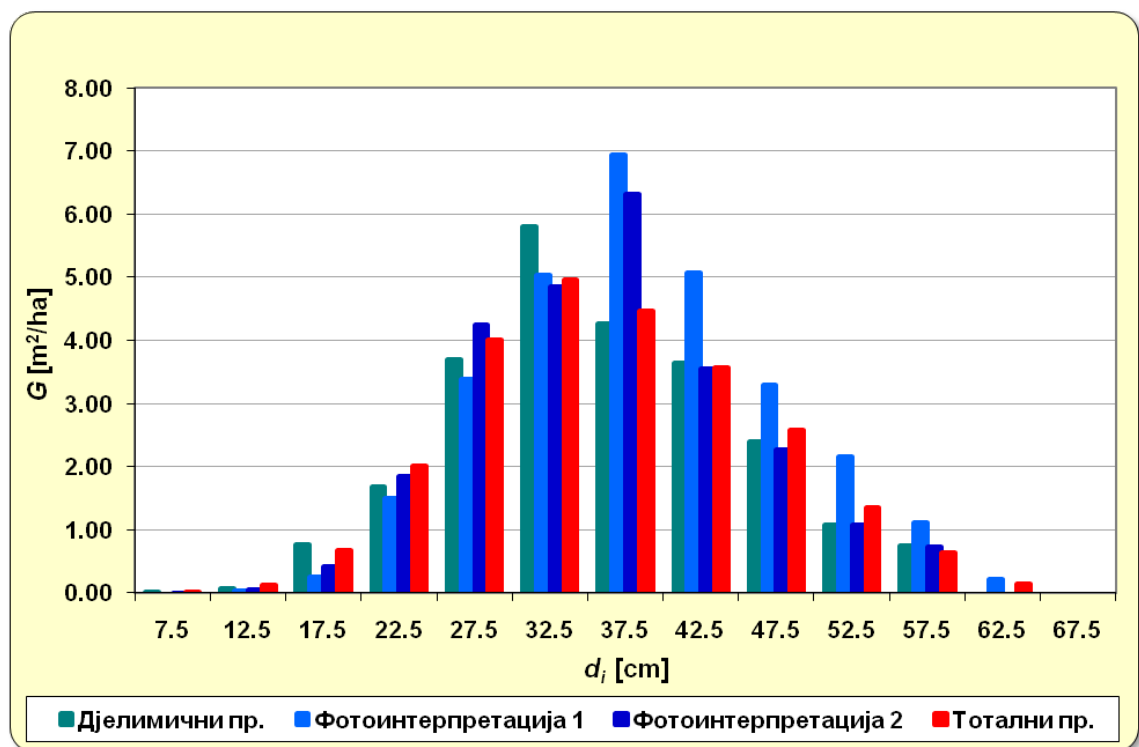
На основу података из табеле 77 и графикана 18 може се закључити да дистрибуција темељнице по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 36,21 cm и коефицијентом варијације од 26,64%. Ова дистрибуција има малу десну асиметрију ( $\alpha_3 = 0,22$ ) и средњу развученост ( $\alpha_4 = 2,64$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна темељница састојине добијена тоталним премјером је 24,50 m<sup>2</sup>/ha, дјелимичним премјером 24,18 m<sup>2</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 29,03 m<sup>2</sup>/ha (модел 1) и 25,39 m<sup>2</sup>/ha (модел 2). Двострука релативна

грешка процјене темељнице код дјелимичног премјера је 7,32%, а код фотоинтерпретације аероснимача 6,02% (модел 1), односно 5,90% (модел 2).

**Табела 77.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 5)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$G/ha$	$G/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	0,01	0,02	66,63			0,00	-66,67
12,5	0,12	0,08	-34,52	0,04	-63,62	0,05	-56,35
17,5	0,67	0,77	16,21	0,26	-61,26	0,43	-35,44
22,5	2,02	1,68	-16,87	1,51	-25,32	1,85	-8,41
27,5	4,01	3,69	-8,02	3,39	-15,42	4,24	5,72
32,5	4,95	5,81	17,33	5,04	1,77	4,86	-1,83
37,5	4,45	4,26	-4,35	6,94	55,87	6,31	41,70
42,5	3,56	3,65	2,45	5,07	42,29	3,55	-0,40
47,5	2,58	2,40	-6,86	3,29	27,46	2,28	-11,76
52,5	1,35	1,08	-20,05	2,16	59,90	1,08	-20,05
57,5	0,64	0,74	15,78	1,11	73,67	0,74	15,78
62,5	0,13			0,22	64,36		
$\Sigma$	24,50	24,18	-1,30	29,03	18,52	25,39	3,66



**Графикон 18.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 5)

Тестирањем разлика у темељници констатовано је да се темељница састојине добијена фотоинтерпретацијом аероснимача (модел 1) статистички



значајно разликује од темељница добијених тоталним и дјелимичним премјером (табеле 78 и 79).

**Табела 78.** Тестирање разлика темељница – ОП 5, модел 1

<b>ТЕСТ</b>	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	24,50	24,18	0,86	28				-0,368	2,052
<b>фи 1 - тп</b>	24,50				29,03	0,85	28	5,330	2,052
<b>фи 1 - дп</b>		24,18	0,86	28	29,03	0,85	28	4,005	2,005

**Табела 79.** Тестирање разлика темељница – ОП 5, модел 2

<b>ТЕСТ</b>	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	24,50	24,18	0,86	28				-0,368	2,052
<b>фи 2 - тп</b>	24,50				25,39	0,73	28	1,229	2,052
<b>фи 2 - дп</b>		24,18	0,86	28	25,39	0,73	28	1,075	2,005

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

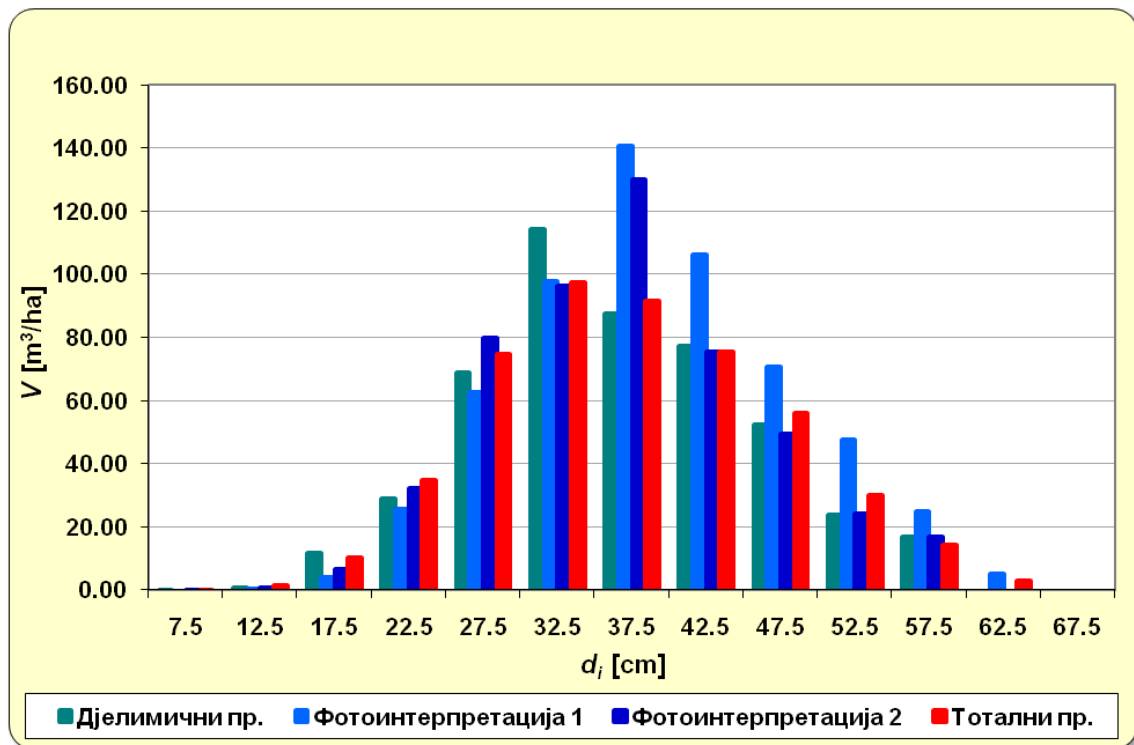
### Запремина састојине

На основу података из табеле 80 и графикана 19, може се закључити да дистрибуција запремине по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 37,00 см и коефицијентом варијације од 25,82%. Ова дистрибуција има малу десну асиметрију ( $\alpha_3 = 0,20$ ) и средњу развученост ( $\alpha_4 = 2,60$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна запремина састојине добијена тоталним премјером је 489,74  $m^3/ha$ , дјелимичним премјером 483,16  $m^3/ha$ , а фотоинтерпретацијом аероснимака 585,22 и 511,89  $m^3/ha$  (модел 1 и 2). Двострука релативна грешка процјене запремине код дјелимичног премјера је 7,18%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,21% (модел 1 и 2).

**Табела 80.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 5)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$V/ha$	$V/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	0,08	0,13	66,63			0,03	-64,77
12,5	1,50	0,98	-34,52	0,54	-64,34	0,68	-54,92
17,5	10,18	11,83	16,21	3,89	-61,79	6,71	-34,04
22,5	34,78	28,91	-16,87	25,59	-26,41	32,31	-7,08
27,5	74,86	68,85	-8,02	62,46	-16,57	79,86	6,67
32,5	97,55	114,45	17,33	97,93	0,40	96,35	-1,23
37,5	91,46	87,48	-4,35	140,67	53,81	130,11	42,26
42,5	75,50	77,35	2,45	106,07	40,49	75,38	-0,17
47,5	56,18	52,33	-6,86	70,70	25,84	49,63	-11,67
52,5	30,09	24,06	-20,05	47,52	57,91	24,06	-20,07
57,5	14,50	16,79	15,78	24,87	71,54	16,77	15,68
62,5	3,06			4,97	62,33		
$\Sigma$	489,74	483,16	-1,34	585,22	19,50	511,89	4,52



**Графикон 19.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 5)

Тестирањем разлика у запремини констатовано је да се запремина састојине добијена фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1) статистички значајно разликује од запремина добијених терестричким премјером (табеле 81 и 82).

**Табела 81.** Тестирање разлика запремина – ОП 5, модел 1

ТЕСТ	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	489,74	483,16	16,90	28				-0,389	2,052
фи 1 - тп	489,74				585,22	17,71	28	5,391	2,052
фи 1 - дп		483,16	16,90	28	585,22	17,71	28	4,168	2,005

**Табела 82.** Тестирање разлика запремина – ОП 5, модел 2

ТЕСТ	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	489,74	483,16	16,90	28				-0,389	2,052
фи 2 - тп	489,74				511,89	15,49	28	1,430	2,052
фи 2 - дп		483,16	16,90	28	511,89	15,49	28	1,253	2,005

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

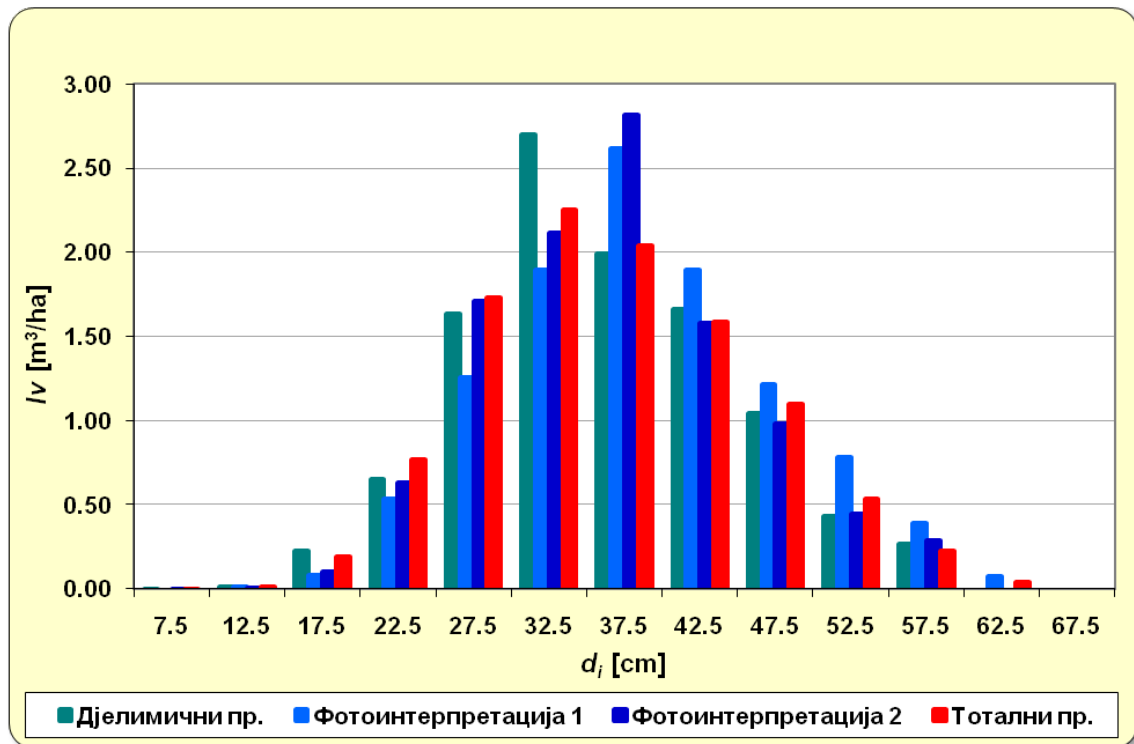
### Текући запремински прираст

На основу података из табеле 83 и графикана 20 може се закључити да дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 36,38 cm и коефицијентом варијације од 24,94%. Ова дистрибуција има средњу десну асиметрију ( $\alpha_3 = 0,27$ ) и средњу развученост ( $\alpha_4 = 2,67$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

**Табела 83.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 5)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$Iv/ha$	$Iv/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$Iv/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$Iv/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	0,00	0,00	66,67			0,00	-62,75
12,5	0,02	0,01	-33,82	0,01	-26,67	0,00	-73,77
17,5	0,19	0,23	18,42	0,08	-55,86	0,10	-45,98
22,5	0,77	0,65	-14,99	0,54	-30,38	0,63	-17,73
27,5	1,73	1,63	-5,84	1,26	-27,38	1,71	-1,52
32,5	2,25	2,70	20,10	1,89	-15,75	2,11	-6,10
37,5	2,04	1,99	-2,17	2,62	28,47	2,82	38,31
42,5	1,59	1,66	4,65	1,90	19,43	1,58	-0,85
47,5	1,10	1,04	-5,00	1,21	10,47	0,98	-10,32
52,5	0,53	0,43	-18,60	0,78	46,42	0,45	-16,72
57,5	0,23	0,27	17,65	0,39	70,95	0,29	24,32
62,5	0,04			0,08	77,43		
$\Sigma$	10,49	10,62	1,32	10,76	2,62	10,67	1,70

Просјечан текући запремински прираст састојине добијен тоталним премјером је  $10,49 \text{ m}^3/\text{ha}$ , дјелимичним премјером  $10,62 \text{ m}^3/\text{ha}$ , а фотоинтерпретацијом аероснимака  $10,76 \text{ m}^3/\text{ha}$  (модел 1) и  $10,67 \text{ m}^3/\text{ha}$  (модел 2). Двострука релативна грешка процјене текућег запреминског прираста код дјелимичног премјера је  $7,66\%$ , а код фотоинтерпретације аероснимака  $6,09\%$  (модел 1), односно  $6,39\%$  (модел 2).



Графикон 20. Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 5)

Тестирањем разлика у текућем запреминском прирасту констатовано је да нема статистички значајних разлика између прираста добијених по тестираним методама премјера (табеле 84 и 85).

Табела 84. Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 5, модел 1

ТЕСТ	$IV_{\text{ТП}}$	$IV_{\text{ДП}}$	$s_{\bar{x}} \text{ дп}$	$n_{\text{дп}}$	$IV_{\text{фи}}$	$s_{\bar{x}} \text{ фи}$	$n_{\text{фи}}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	10,49	10,62	0,40	28				0,350	2,052
фи 1 - тп	10,49				10,76	0,32	28	0,861	2,052
фи 1 - дп		10,62	0,40	28	10,76	0,32	28	0,268	2,005

**Табела 85.** Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 5, модел 2

ТЕСТ	$Iv_{тп}$	$Iv_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$Iv_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	10,49	10,62	0,40	28				0,350	2,052
фи 2 - тп	10,49				10,67	0,33	28	0,539	2,052
фи 2 - дп		10,62	0,40	28	10,67	0,33	28	0,078	2,005

Тестирањем дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

### 7.2.6. Висока разnodобна шума букве (ОП 6)

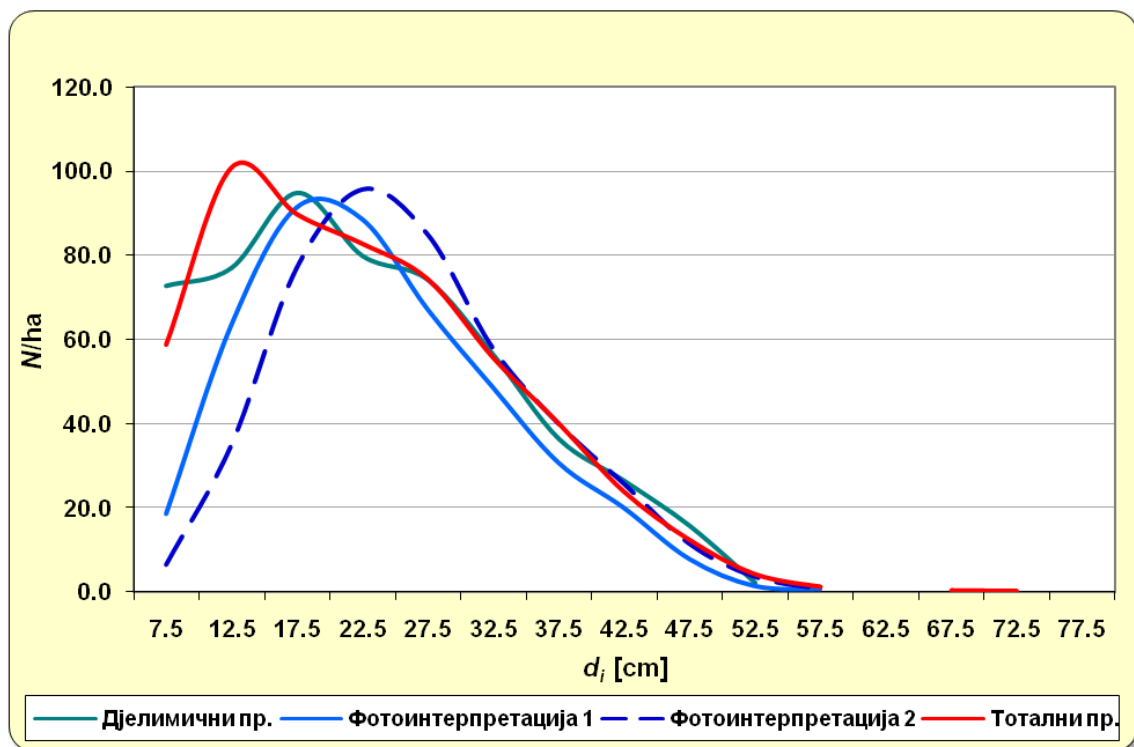
#### Број стабала

На основу података из табеле 86 и графика 21 може се закључити да дистрибуција стабала по дебљинским степенима има облик веома асиметричне ( $\alpha_3 = 0,59$ ) и мало развучене ( $\alpha_4 = 2,80$ ) прикривене Гаусове криве, која је карактеристична за једнодобне састојине. Прикривеност структуре посљедица је утврђене таксационе границе од 5 cm. Оваква дебљинска структура јавља се у разnodобним састојинама у којима се не спроводи прописани систем газдовања скупинасто-пребирним сјечама, него се врши стаблмично пребирање, при чему се дозначују првенствено стабла највећих димензија (пробирање). Усљед јачег дебљинског прирашћивања стабала која након спроведене сјече заузимају повољнији положај, десни крак дистрибуције се развлачи и аритметичка средина (22,79 cm) помјера се удесно, што доводи до повећања варијационе ширине и коефицијента варијације (48,04%). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечан број стабала добијен тоталним премјером је 543,6 стабала/ha, дјелимичним премјером 536,4 стабала/ha, а фотоинтерпретацијом аеросни-мака 438,6 стабала/ha (модел 1 и 2). Двострука релативна грешка процјене броја стабала код дјелимичног премјера је 11,28%, а код фотоинтерпретације аеросни-мака 12,79% (модел 1 и 2).

**Табела 86.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 6)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$N/ha$	$N/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	58,7	72,9	24,09	18,6	-68,37	6,4	-89,05
12,5	100,9	77,1	-23,51	63,6	-36,97	35,0	-65,30
17,5	89,7	95,0	5,89	91,4	1,91	77,1	-14,01
22,5	82,7	80,0	-3,28	88,6	7,08	95,7	15,72
27,5	74,3	74,3	0,00	67,1	-9,62	85,0	14,42
32,5	55,6	56,4	1,54	48,6	-12,60	57,9	4,11
37,5	40,0	36,4	-8,93	30,7	-23,21	40,0	0,00
42,5	23,7	26,4	11,45	20,0	-15,66	25,7	8,43
47,5	12,3	15,7	27,91	7,9	-36,05	11,4	-6,98
52,5	4,1	2,1	-48,28	1,4	-65,52	3,6	-13,79
57,5	1,1			0,7	-37,50	0,7	-37,50
62,5							
67,5	0,3						
72,5	0,1						
$\Sigma$	543,6	536,4	-1,31	438,6	-19,32	438,6	-19,32



**Графикон 21.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 6)

Тестирањем разлика у броју стабала констатовано је да се број стабала добијен фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1 и 2) статистички зна-

чајно разликује од броја стабала добијених тоталним и дјелимичним премјером (табеле 87 и 88).

**Табела 87.** Тестирање разлика броја стабала – ОП 6, модел 1

<b>ТЕСТ</b>	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	543,6	536,4	29,5	28				-0,242	2,052
<b>фи 1 - тп</b>	543,6				438,6	27,3	28	-3,842	2,052
<b>фи 1 - дп</b>		536,4	29,5	28	438,6	27,3	28	-2,434	2,005

**Табела 88.** Тестирање разлика броја стабала – ОП 6, модел 2

<b>ТЕСТ</b>	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	543,6	536,4	29,5	28				-0,242	2,052
<b>фи 2 - тп</b>	543,6				438,6	27,3	28	-3,842	2,052
<b>фи 2 - дп</b>		536,4	29,5	28	438,6	27,3	28	-2,434	2,005

Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима констатовано је да у оба случаја (таксационе границе 5 cm и 20 cm) нема статистички значајне разлике између дистрибуција добијених тоталним и дјелимичним премјером (табеле 89 и 90).

Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима, добијених фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1 и 2), констатовано је да у случају таксационе границе од 5 cm постоје статистички значајне разлике између ових дистрибуција и дистрибуција добијених тоталним и дјелимичним премјером. Статистички значајних разлика нема у случају таксационе границе од 20 cm (табеле 89 и 90).

**Табела 89.** Тестирање дистрибуција броја стабала - ОП 6, модел 1

<b>ТЕСТ</b>	Таксациона граница: 5 cm			Таксациона граница: 20 cm		
	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност
<b>дп - тп</b>	13,47	16,92	0,142365	3,97	12,59	0,680769
<b>фи - тп</b>	45,36	16,92	0,000001	6,95	12,59	0,325586
<b>фи - дп</b>	51,86	16,92	0,000000	8,17	12,59	0,225799

**Табела 90.** Тестирање дистрибуција броја стабала - ОП 6, модел 2

<b>ТЕСТ</b>	Таксациона граница: 5 cm			Таксациона граница: 20 cm		
	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност
<b>дп - тп</b>	13,47	16,92	0,142365	3,97	12,59	0,680769
<b>фи - тп</b>	115,69	16,92	0,000000	1,71	12,59	0,944388
<b>фи - дп</b>	117,40	16,92	0,000000	4,65	12,59	0,589840

## Темељница састојине

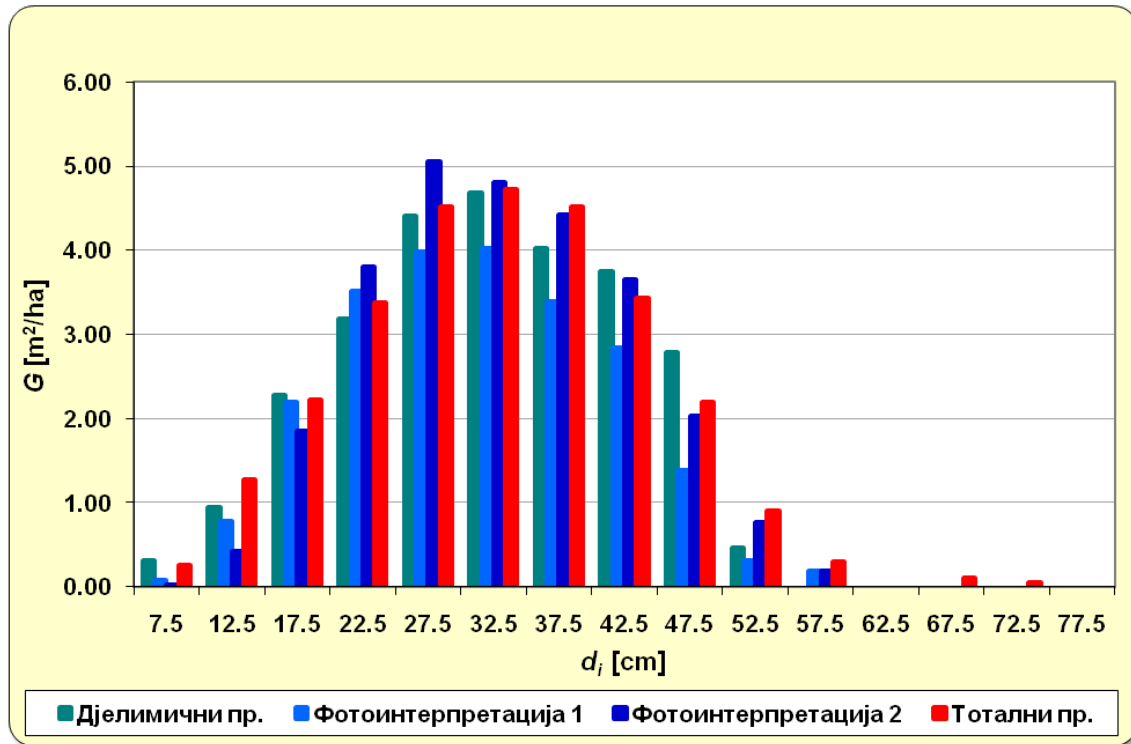
На основу података из табеле 91 и графикана 22 може се закључити да дистрибуција темељнице по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 32,49 cm и коефицијентом варијације од 33,75%. Ова дистрибуција има малу десну асиметрију ( $\alpha_3 = 0,16$ ) и нормалну спљоштеност ( $\alpha_4 = 2,92$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна темељница састојине добијена тоталним премјером је 27,89 m<sup>2</sup>/ha, дјелимичним премјером 26,85 m<sup>2</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 22,72 m<sup>2</sup>/ha (модел 1) и 27,02 m<sup>2</sup>/ha (модел 2). Двострука релативна грешка процјене темељнице код дјелимичног премјера је 8,43%, а код фотоинтерпретације аероснимака 7,72% (модел 1), односно 8,32% (модел 2).

**Табела 91.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 6)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$G/ha$	$G/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	0,27	0,32	20,57	0,08	-69,27	0,03	-89,36
12,5	1,28	0,95	-25,86	0,78	-38,90	0,43	-66,36
17,5	2,22	2,29	2,84	2,20	-1,03	1,86	-16,49
22,5	3,38	3,18	-5,87	3,52	4,21	3,81	12,62
27,5	4,51	4,41	-2,26	3,99	-11,66	5,05	11,83
32,5	4,72	4,68	-0,78	4,03	-14,60	4,80	1,73
37,5	4,51	4,02	-10,85	3,39	-24,84	4,42	-2,11
42,5	3,43	3,75	9,27	2,84	-17,31	3,65	6,32
47,5	2,19	2,78	27,08	1,39	-36,46	2,03	-7,58
52,5	0,91	0,46	-49,13	0,31	-66,09	0,77	-15,22
57,5	0,30			0,19	-38,52	0,19	-38,52
62,5							
67,5	0,10						
72,5	0,06						
$\Sigma$	27,89	26,85	-3,73	22,72	-18,55	27,02	-3,13





Графикон 22. Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 6)

Тестирањем разлика у темељници констатовано је да се темељница састојине добијена фотоинтерпретацијом аероснимача (модел 1) статистички значајно разликује од темељница добијених тоталним и дјелимичним пре-мјером, док код примјене модела 2 ове разлике нису значајне (табеле 92 и 93).

Табела 92. Тестирање разлика темељница – ОП 6, модел 1

ТЕСТ	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	27,89	26,85	1,10	28				-0,944	2,052
фи 1 - тп	27,89				22,72	0,85	28	-6,054	2,052
фи 1 - дп		26,85	1,10	28	22,72	0,85	28	-2,962	2,005

Табела 93. Тестирање разлика темељница – ОП 6, модел 2

ТЕСТ	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	27,89	26,85	1,10	28				-0,944	2,052
фи 2 - тп	27,89				27,02	1,10	28	-0,797	2,052
фи 2 - дп		26,85	1,10	28	27,02	1,10	28	0,108	2,005

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

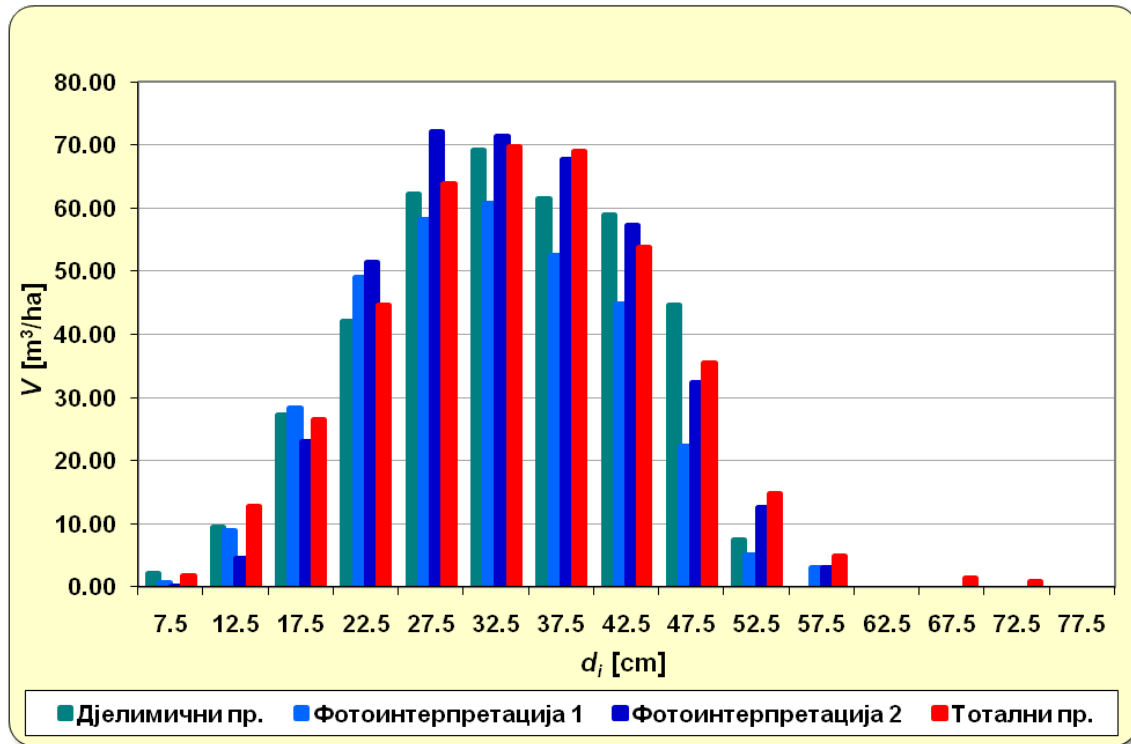
### Запремина састојине

На основу података из табеле 94 и графикана 23, може се закључити да дистрибуција запремине по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 33,64 cm и коефицијентом варијације од 31,56%. Ова дистрибуција има малу десну асиметрију ( $\alpha_3 = 0,14$ ) и нормалну спљоштеност ( $\alpha_4 = 2,95$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна запремина састојине добијена тоталним премјером је 400,09 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 385,29 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 334,03 m<sup>3</sup>/ha и 395,96 m<sup>3</sup>/ha (модел 1 и 2). Двострука релативна грешка процјене запремине код дјелимичног премјера је 8,60%, а код фотоинтерпретације аероснимака 7,52% (модел 1), односно 8,10% (модел 2).

**Табела 94.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 6)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$V/ha$	$V/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	1,83	2,26	23,25	0,71	-61,49	0,22	-88,07
12,5	12,86	9,43	-26,70	8,90	-30,80	4,59	-64,35
17,5	26,54	27,23	2,60	28,43	7,14	22,99	-13,38
22,5	44,63	42,05	-5,78	48,98	9,75	51,40	15,17
27,5	63,86	62,33	-2,41	58,15	-8,96	72,17	13,00
32,5	69,74	69,24	-0,72	60,86	-12,74	71,45	2,45
37,5	69,06	61,56	-10,85	52,58	-23,86	67,76	-1,88
42,5	53,91	58,91	9,27	44,90	-16,72	57,32	6,32
47,5	35,53	44,71	25,84	22,41	-36,93	32,43	-8,71
52,5	14,90	7,58	-49,13	5,05	-66,13	12,58	-15,56
57,5	4,90			3,06	-37,47	3,06	-37,55
62,5							
67,5	1,47						
72,5	0,85						
$\Sigma$	400,09	385,29	-3,70	334,03	-16,51	395,96	-1,03



Графикон 23. Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 6)

Тестирањем разлика у запремини констатовано је да се запремина састојине добијена фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1) статистички значајно разликује од запремина добијених тоталним и дјелимичним премјером. Када је у питању модел 2, разлике у запреминама добијеним тестираним методама премјера нису статистички значајне (табеле 95 и 96).

Табела 95. Тестирање разлика запремина – ОП 6, модел 1

ТЕСТ	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	400,09	385,29	16,15	28				-0,917	2,052
фи 1 - тп	400,09				334,03	12,24	28	-5,399	2,052
фи 1 - дп		385,29	16,15	28	334,03	12,24	28	-2,530	2,005

Табела 96. Тестирање разлика запремина – ОП 6, модел 2

ТЕСТ	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	400,09	385,29	16,15	28				-0,917	2,052
фи 2 - тп	400,09				395,96	15,62	28	-0,264	2,052
фи 2 - дп		385,29	16,15	28	395,96	15,62	28	0,475	2,005

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 3).

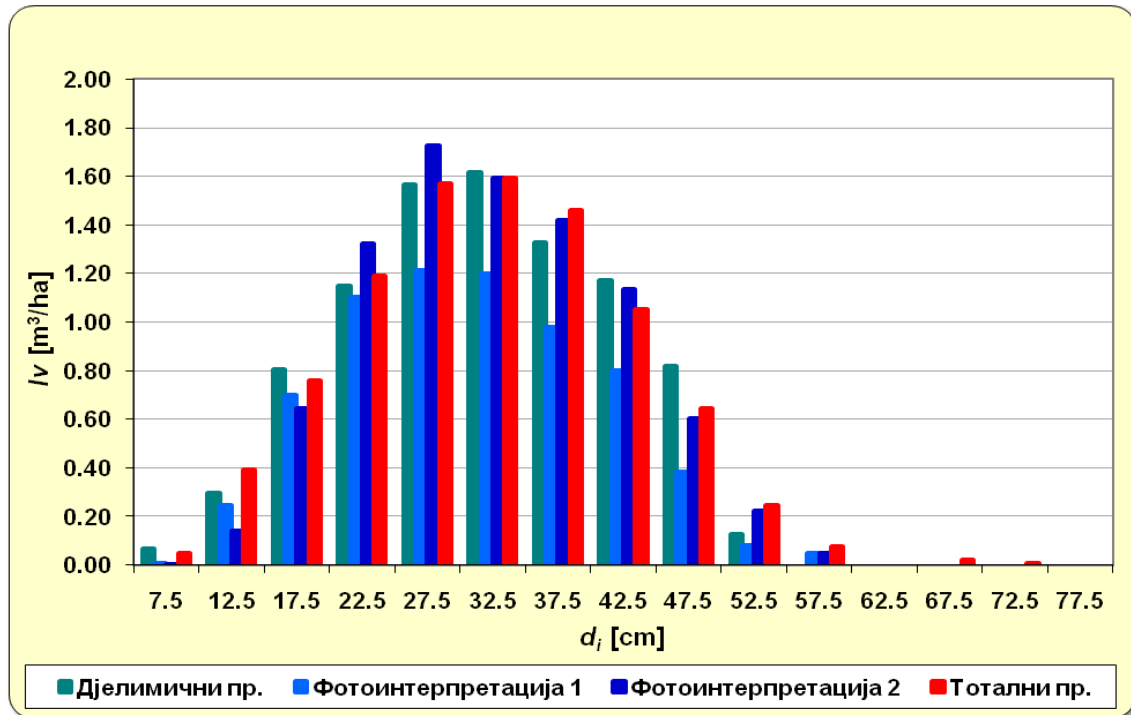
### Текући запремински прираст састојине

На основу података из табеле 97 и графикана 24 може се закључити да дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 31,97 cm и коефицијентом варијације од 32,69%. Ова дистрибуција има малу десну асиметрију ( $\alpha_3 = 0,17$ ) и малу развученост ( $\alpha_4 = 2,80$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечан текући запремински прираст састојине добијен тоталним премјером је 9,08 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 8,96 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 6,77 m<sup>3</sup>/ha (модел 1) и 8,86 m<sup>3</sup>/ha (модел 2). Двострука релативна грешка процјене текућег запреминског прираста код дјелимичног премјера је 8,53%, а код фотоинтерпретације аероснимака 7,96% (модел 1), односно 8,64% (модел 2).

**Табела 97.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 6)

<i>d</i> [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	<i>Iv</i> /ha	<i>Iv</i> /ha	$\Delta_{d-t}$ [%]	<i>Iv</i> /ha	$\Delta_{f1-t}$ [%]	<i>Iv</i> /ha	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	0,05	0,07	27,61	0,01	-79,40	0,00	-93,20
12,5	0,39	0,30	-23,97	0,25	-37,50	0,14	-63,98
17,5	0,76	0,81	6,03	0,70	-8,04	0,64	-15,43
22,5	1,19	1,15	-3,42	1,10	-7,56	1,32	10,94
27,5	1,57	1,57	-0,12	1,21	-22,56	1,72	9,89
32,5	1,59	1,62	1,37	1,20	-24,77	1,59	0,03
37,5	1,46	1,33	-8,93	0,98	-32,77	1,42	-2,88
42,5	1,05	1,17	11,45	0,80	-24,09	1,13	7,63
47,5	0,65	0,82	27,03	0,38	-40,81	0,60	-6,51
52,5	0,25	0,13	-48,28	0,08	-66,54	0,22	-10,31
57,5	0,08			0,05	-39,15	0,05	-35,73
62,5							
67,5	0,02						
72,5	0,01						
$\Sigma$	9,08	8,96	-1,29	6,77	-25,44	8,86	-2,40



Графикон 24. Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 6)

Тестирањем разлика у текућем запреминском прирасту констатовано је да се текући запремински прираст састојине добијен фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1) статистички значајно разликује од текућих запреминских прираста добијених терестричким премјером, док код модела 2 разлике нису статистички значајне (табеле 98 и 99).

Табела 98. Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 6, модел 1

ТЕСТ	$Iv_{тп}$	$Iv_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$Iv_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	9,08	8,96	0,37	28				-0,315	2,052
фи 1 - тп	9,08				6,77	0,26	28	-8,793	2,052
фи 1 - дп		8,96	0,37	28	6,77	0,26	28	-4,809	2,005

Табела 99. Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 6, модел 2

ТЕСТ	$Iv_{тп}$	$Iv_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$Iv_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	9,08	8,96	0,37	28				-0,315	2,052
фи 2 - тп	9,08				8,86	0,37	28	-0,584	2,052
фи 2 - дп		8,96	0,37	28	8,86	0,37	28	-0,191	2,005

Тестирањем дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

### 7.2.7. Висока разнодобна шума букве и јеле (ОП 7)

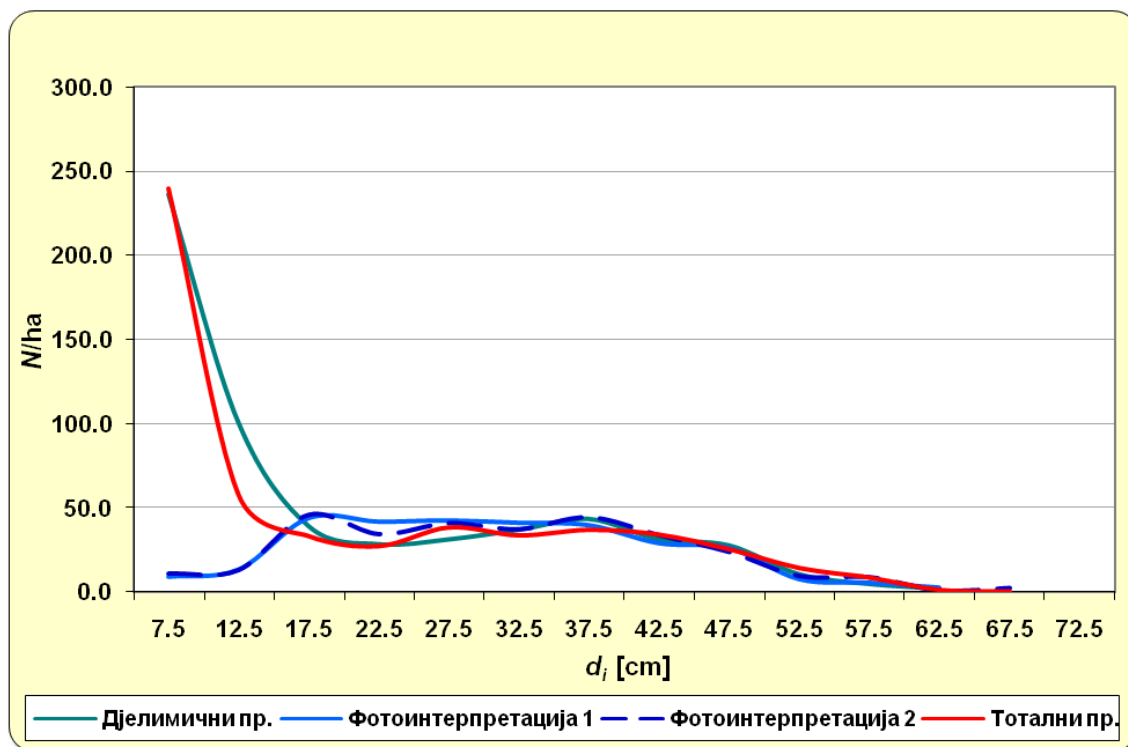
#### Број стабала

На основу података из табеле 100 и графикана 25 може се закључити да дистрибуција стабала по дебљинским степенима има облик карактеристичан за разнодобне двоспратне састојине. Десни дио дистрибуције, почев од дебљинског степена 22,5 cm, има облик средње асиметричне ( $\alpha_3 = 0,34$ ) и веома развучене ( $\alpha_4 = 2,33$ ) Гаусове криве. Усљед јачег дебљинског прирашћивања стабала која заузимају повољнији положај аритметичка средина (37,02 cm) помјера се удесно, што доводи до повећања варијационе ширине и коефицијента варијације (26,98%). Лијеви дио дистрибуције има облик хиперболе, која је карактеристична за пребирне састојине. Ова стабла (60,01% од укупног броја стабала) углавном су скупинасто распоређена по огледној површини. У овом спрату доминирају стабла јеле. Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечан број стабала добијен тоталним премјером је 551,6 стабала/ha, дјелимичним премјером 594,3 стабала/ha, а фотоинтерпретацијом аеросни-мака 305,7 и 303,6 стабала/ha (модел 1 и 2). Двострука релативна грешка процјене броја стабала код дјелимичног премјера је 19,14%, а код фотоинтерпретације аеросника 14,32% (модел 1), односно 14,39% (модел 2).

**Табела 100.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 7)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$N/ha$	$N/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	240,0	236,4	-1,49	9,3	-96,13	10,7	-95,54
12,5	57,7	100,7	74,50	13,6	-76,49	12,9	-77,72
17,5	33,3	39,3	18,03	44,3	33,05	45,7	37,34
22,5	27,3	28,6	4,71	42,1	54,45	34,3	25,65
27,5	38,4	31,4	-18,22	42,9	11,52	40,7	5,95
32,5	33,7	37,1	10,17	41,4	22,88	37,1	10,17
37,5	37,0	43,6	17,76	40,0	8,11	44,3	19,69
42,5	34,1	31,4	-7,95	29,3	-14,23	33,6	-1,67
47,5	25,4	27,9	9,55	26,4	3,93	23,6	-7,30
52,5	14,3	10,7	-25,00	7,9	-45,00	9,3	-35,00
57,5	8,6	5,0	-41,67	5,7	-33,33	8,6	0,00
62,5	1,3	2,1	66,67	2,9	122,22	0,7	-44,44
67,5	0,4					2,1	400,00
$\Sigma$	551,6	594,3	7,74	305,7	-44,57	303,6	-44,96



Графикон 25. Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 7)

Тестирањем разлика у броју стабала констатовано је да се број стабала, добијен фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1 и 2), статистички значајно разликује од броја стабала добијених тоталним и дјелимичним премјером (табеле 101 и 102).

Табела 101. Тестирање разлика броја стабала – ОП 7, модел 1

ТЕСТ	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	551,6	594,3	55,4	28				0,771	2,052
фи 1 - тп	551,6				305,7	21,3	28	-11,528	2,052
фи 1 - дп		594,3	55,4	28	305,7	21,3	28	-4,859	2,005

Табела 102. Тестирање разлика броја стабала – ОП 7, модел 2

ТЕСТ	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	551,6	594,3	55,4	28				0,771	2,052
фи 2 - тп	551,6				303,6	21,3	28	-11,652	2,052
фи 2 - дп		594,3	55,4	28	303,6	21,3	28	-4,897	2,005

Омјер смјесе броју стабала прсног пречника већег од 20 cm приказан је у табели 103. Разлика између јеле и горског јавора настала је као посљедица исказивања омјера смјесе у стотим дијеловима цијелог броја. Дакле, иденти-

фикација наведених врста дрвећа приликом фотоинтерпретације аеросни-мака у стереомоделу није упитна.

**Табела 103.** Омјер смјесе ( $d > 20$  cm)

Врста дрвећа	Тотални премјер	Дјелимични премјер	Фото-интерпретација 1	Фото-интерпретација 2
Буква	0,92	0,92	0,92	0,92
Јела	0,01	0,01	0,00	0,00
Горски јавор	0,07	0,07	0,08	0,08

Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима констатовано је да у случају таксационе границе од 5 cm постоје статистички значајне разлике између дистрибуција добијених по тестираним методама премјера. Тестирањем дистрибуција са таксационом границом од 20 cm нису констатоване статистички значајне разлике између дистрибуција (табеле 104 и 105).

**Табела 104.** Тестирање дистрибуција броја стабала – ОП 7, модел 1

ТЕСТ	Таксациона граница: 5 cm			Таксациона граница: 20 cm		
	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност
дп - тп	30,16	18,31	0,000806	5,25	14,07	0,629811
фи - тп	534,22	18,31	0,000000	11,15	14,07	0,132057
фи - дп	584,98	18,31	0,000000	9,02	14,07	0,251033

**Табела 105.** Тестирање дистрибуција броја стабала – ОП 7, модел 2

ТЕСТ	Таксациона граница: 5 cm			Таксациона граница: 20 cm		
	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност
дп - тп	30,16	18,31	0,000806	5,25	14,07	0,629811
фи - тп	504,39	18,31	0,000000	4,33	14,07	0,741146
фи - дп	563,53	18,31	0,000000	5,45	14,07	0,605100

### Темељница састојине

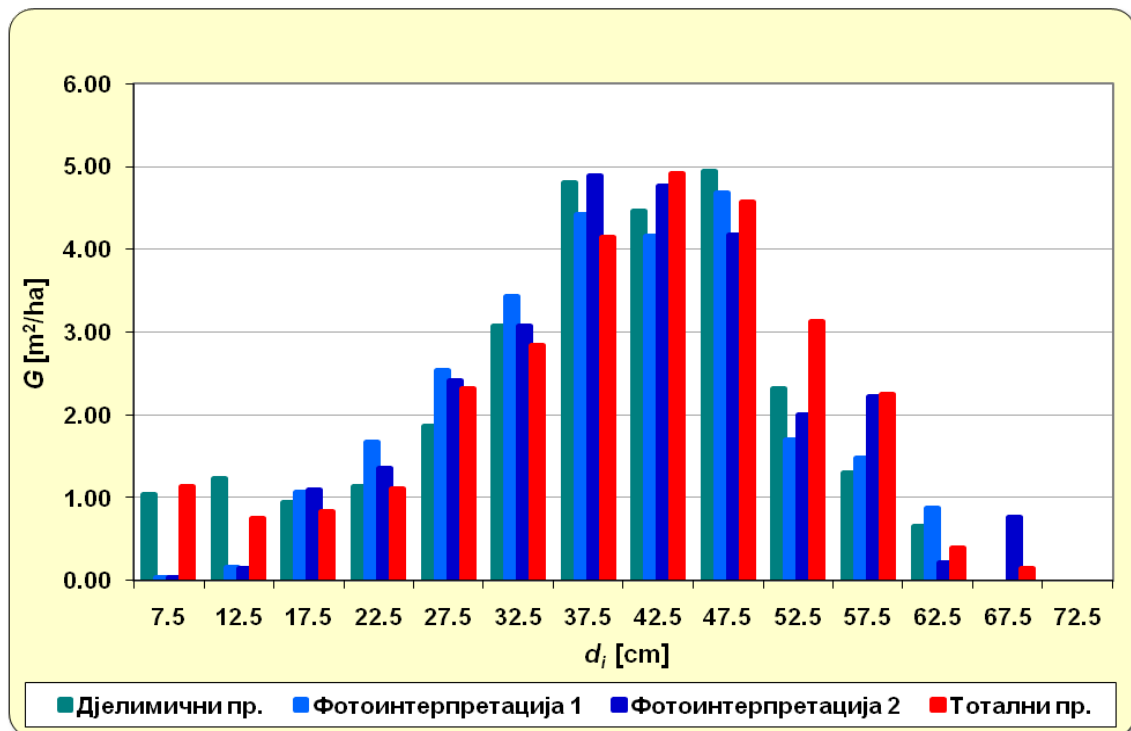
На основу података из табеле 106 и графикана 26 може се закључити да дистрибуција темељнице по дебљинским степенима у основи има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 39,36 cm и коефицијентом варијације од 33,14%. Ова дистрибуција има јаку лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,61$ ) и нормалну спљоштеност ( $\alpha_4 = 2,98$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.



Просјечна темељница састојине добијена тоталним премјером је 28,59 m<sup>2</sup>/ha, дјелимичним премјером 27,79 m<sup>2</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 26,25 m<sup>2</sup>/ha (модел 1) и 27,22 m<sup>2</sup>/ha (модел 2). Двострука релативна грешка процјене темељнице код дјелимичног премјера је 8,22%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,54% (модел 1), односно 7,62% (модел 2).

**Табела 106.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 7)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$G/ha$	$G/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	1,14	1,04	-8,14	0,04	-96,39	0,05	-95,84
12,5	0,76	1,24	62,53	0,17	-78,10	0,16	-79,25
17,5	0,83	0,94	13,37	1,07	27,80	1,10	31,93
22,5	1,11	1,14	1,99	1,68	50,44	1,36	22,39
27,5	2,33	1,87	-19,73	2,55	9,46	2,42	3,99
32,5	2,84	3,08	8,31	3,44	20,81	3,08	8,31
37,5	4,15	4,81	16,00	4,42	6,49	4,89	17,90
42,5	4,91	4,46	-9,26	4,15	-15,44	4,76	-3,07
47,5	4,57	4,94	8,04	4,68	2,50	4,18	-8,58
52,5	3,14	2,32	-26,02	1,70	-45,75	2,01	-35,88
57,5	2,26	1,30	-42,46	1,48	-34,25	2,23	-1,37
62,5	0,40	0,66	64,36	0,88	119,14	0,22	-45,21
67,5	0,16					0,77	392,92
$\Sigma$	28,59	27,79	-2,80	26,25	-8,20	27,22	-4,80



**Графикон 26.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 7)

Тестирањем разлика у темељници констатовано је да се темељница састојине добијена фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1) статистички значајно разликује од темељнице добијене тоталним премјером. Разлике између осталих тестираних темељница нису статистички значајне (табеле 107 и 108).

**Табела 107.** Тестирање разлика темељница – ОП 7, модел 1

<b>ТЕСТ</b>	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	28,59	27,79	1,11	28				-0,720	2,052
<b>фи 1 - тп</b>	28,59				26,25	0,84	28	-2,805	2,052
<b>фи 1 - дп</b>		27,79	1,11	28	26,25	0,84	28	-1,109	2,005

**Табела 108.** Тестирање разлика темељница – ОП 7, модел 2

<b>ТЕСТ</b>	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	28,59	27,79	1,11	28				-0,720	2,052
<b>фи 2 - тп</b>	28,59				27,22	1,01	28	-1,359	2,052
<b>фи 2 - дп</b>		27,79	1,11	28	27,22	1,01	28	-0,380	2,005

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

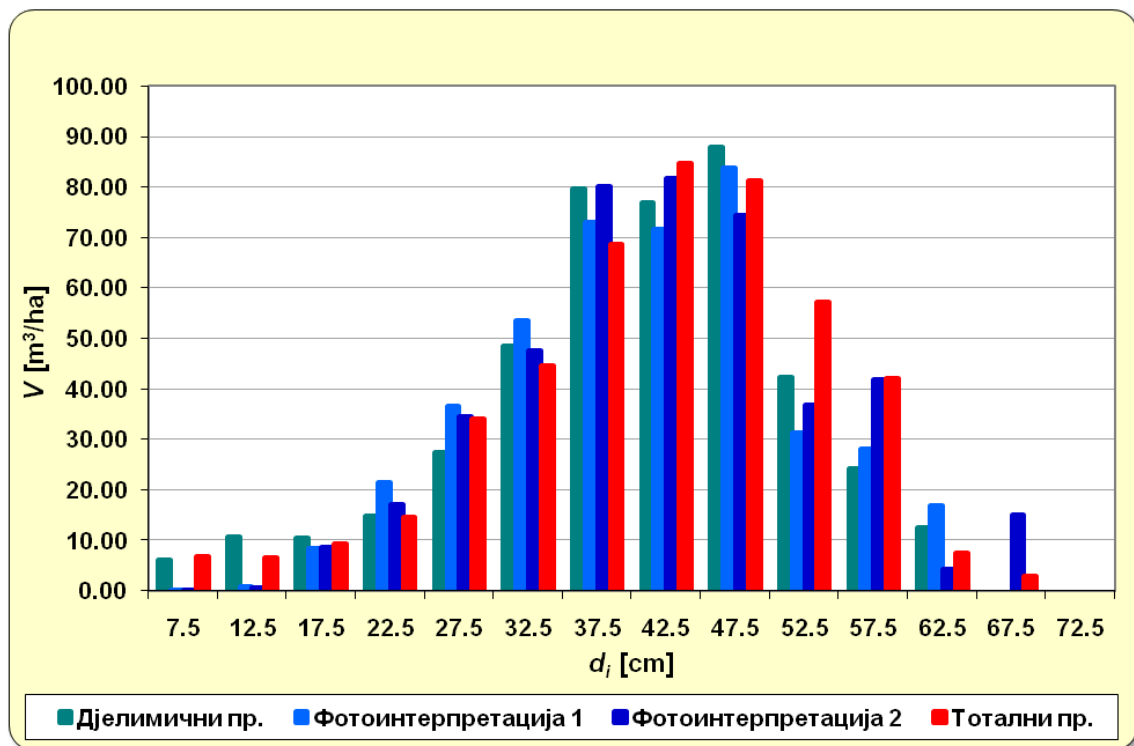
### Запремина састојине

На основу података из табеле 109 и графикана 27 може се закључити да дистрибуција запремине по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 41,56 cm и коефицијентом варијације од 27,84%. Ова дистрибуција има јаку лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,58$ ) и средњу издуженост ( $\alpha_4 = 3,29$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна запремина састојине добијена тоталним премјером је 461,04 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 441,90 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 425,67 m<sup>3</sup>/ha и 443,21 m<sup>3</sup>/ha (модел 1 и 2). Двострука релативна грешка процјене запремине код дјелимичног премјера је 8,86%, а код фотоинтерпретације аероснимака 7,16% (модел 1), односно 8,45% (модел 2).

**Табела 109.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 7)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$V/ha$	$V/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	6,84	6,26	-8,48	0,18	-97,42	0,19	-97,18
12,5	6,68	10,84	62,40	0,82	-87,77	0,73	-89,02
17,5	9,34	10,51	12,58	8,38	-10,22	8,65	-7,39
22,5	14,68	14,88	1,34	21,39	45,66	17,16	16,89
27,5	34,15	27,44	-19,66	36,64	7,30	34,49	0,98
32,5	44,68	48,51	8,56	53,48	19,70	47,58	6,48
37,5	68,70	79,69	16,00	72,88	6,09	80,16	16,68
42,5	84,68	76,84	-9,26	71,72	-15,31	81,75	-3,47
47,5	81,30	87,83	8,04	83,83	3,12	74,42	-8,46
52,5	57,25	42,35	-26,02	31,37	-45,21	36,91	-35,53
57,5	42,12	24,24	-42,46	28,06	-33,39	41,92	-0,47
62,5	7,61	12,50	64,36	16,93	122,52	4,22	-44,55
67,5	3,01					15,04	400,12
$\Sigma$	461,04	441,90	-4,15	425,67	-7,67	443,21	-3,87



**Графикон 27.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 7)

Тестирањем разлика у запремини констатовано је да се запремина састојине добијена фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1) статистички значајно разликује од запремине добијене тоталним премјером. Остале тестиране разлике нису статистички значајне (табеле 110 и 111).

**Табела 110.** Тестирање разлика запремина – ОП 7, модел 1

ТЕСТ	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	461,04	441,90	19,08	28				-1,003	2,052
фи 1 - тп	461,04				425,67	14,85	28	-2,382	2,052
фи 1 - дп		441,90	19,08	28	425,67	14,85	28	-0,671	2,005

**Табела 111.** Тестирање разлика запремина – ОП 7, модел 2

ТЕСТ	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	461,04	441,90	19,08	28				-1,003	2,052
фи 2 - тп	461,04				443,21	18,24	28	-0,977	2,052
фи 2 - дп		441,90	19,08	28	443,21	18,24	28	0,050	2,005

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

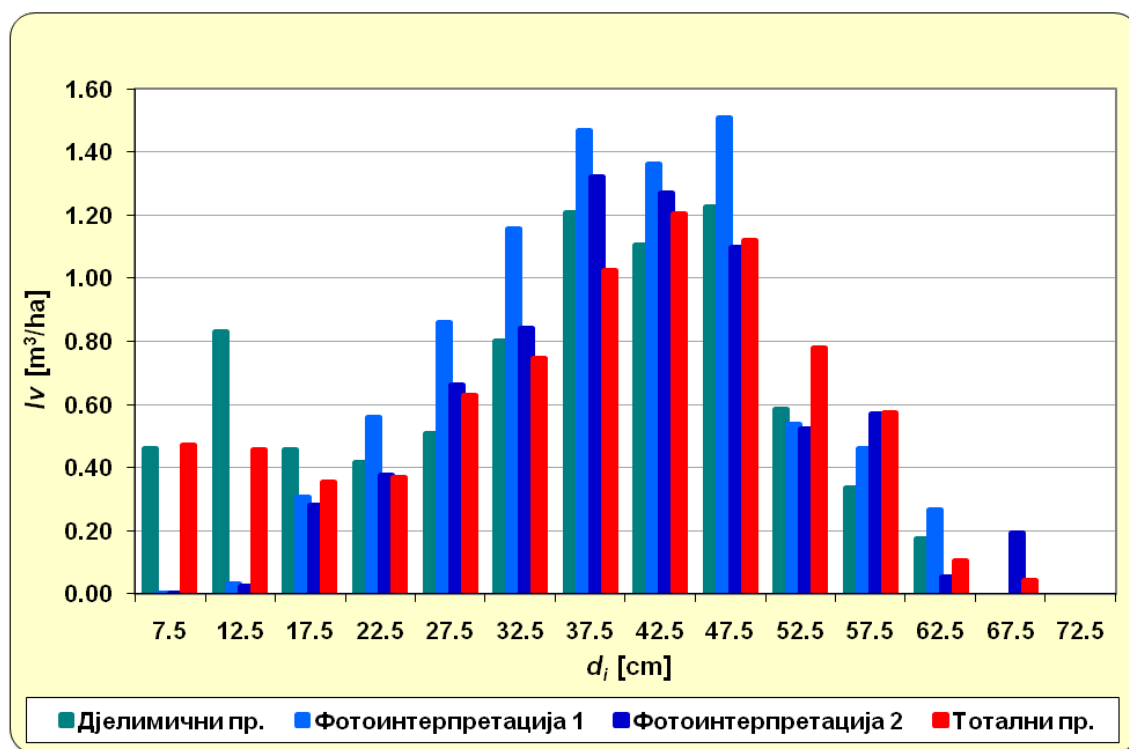
### Текући запремински прираст састојине

На основу података из табеле 112 и графикана 28 може се закључити да дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима у основи има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 37,01 cm и коефицијентом варијације од 39,29%. Ова дистрибуција има средњу лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,45$ ) и велику развученост ( $\alpha_4 = 2,38$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

**Табела 112.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 7)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$Iv/ha$	$Iv/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$Iv/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$Iv/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	0,47	0,46	-2,14	0,00	-99,35	0,00	-99,38
12,5	0,46	0,83	82,36	0,03	-93,26	0,02	-94,52
17,5	0,36	0,46	28,61	0,31	-13,58	0,28	-20,77
22,5	0,37	0,42	13,25	0,56	51,30	0,37	1,38
27,5	0,63	0,51	-19,11	0,86	36,31	0,66	5,37
32,5	0,75	0,80	7,20	1,16	54,73	0,84	12,63
37,5	1,03	1,21	17,76	1,47	43,31	1,32	28,83
42,5	1,20	1,11	-7,95	1,36	13,25	1,27	5,69
47,5	1,12	1,23	9,55	1,51	34,80	1,10	-1,82
52,5	0,78	0,58	-25,00	0,54	-31,06	0,52	-32,95
57,5	0,58	0,34	-41,67	0,46	-20,07	0,57	-1,08
62,5	0,11	0,18	66,67	0,27	153,05	0,06	-47,33
67,5	0,04					0,19	350,05
$\Sigma$	7,88	8,12	3,00	8,52	8,12	7,22	-8,38

Просјечан текући запремински прираст састојине добијен тоталним премјером је  $7,88 \text{ m}^3/\text{ha}$ , дјелимичним премјером  $8,12 \text{ m}^3/\text{ha}$ , а фотоинтерпретацијом аероснимака  $8,52 \text{ m}^3/\text{ha}$  (модел 1) и  $7,22 \text{ m}^3/\text{ha}$  (модел 2). Двострука релативна грешка процјене текућег запреминског прираста код дјелимичног премјера је  $11,96\%$ , а код фотоинтерпретације аероснимака  $6,75\%$  (модел 1), односно  $7,73\%$  (модел 2).



Графикон 28. Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 7)

Тестирањем разлика у текућем запреминском прирасту констатовано је да се текући запремински прираст састојине добијен фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1 и 2) статистички значајно разликује од текућег запреминског прираста добијеног тоталним премјером. Остале тестиране разлике нису статистички значајне (табеле 113 и 114).

Табела 113. Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 7, модел 1

ТЕСТ	$IV_{\text{ТП}}$	$IV_{\text{ДП}}$	$s_{\bar{x}} \text{ дп}$	$n_{\text{дп}}$	$IV_{\text{фи}}$	$s_{\bar{x}} \text{ фи}$	$n_{\text{фи}}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	7,88	8,12	0,47	28				0,499	2,052
фи 1 - тп	7,88				8,52	0,28	28	2,282	2,052
фи 1 - дп		8,12	0,47	28	8,52	0,28	28	0,734	2,005

**Табела 114.** Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 7, модел 2

<b>ТЕСТ</b>	$Iv_{тп}$	$Iv_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$Iv_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	7,88	8,12	0,47	28				0,499	2,052
<b>фи 2 - тп</b>	7,88				7,22	0,27	28	-2,428	2,052
<b>фи 2 - дп</b>		8,12	0,47	28	7,22	0,27	28	-1,643	2,005

Тестирањем дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

### 7.2.8. Висока разнодобна шума букве и горског јавора (ОП 8)

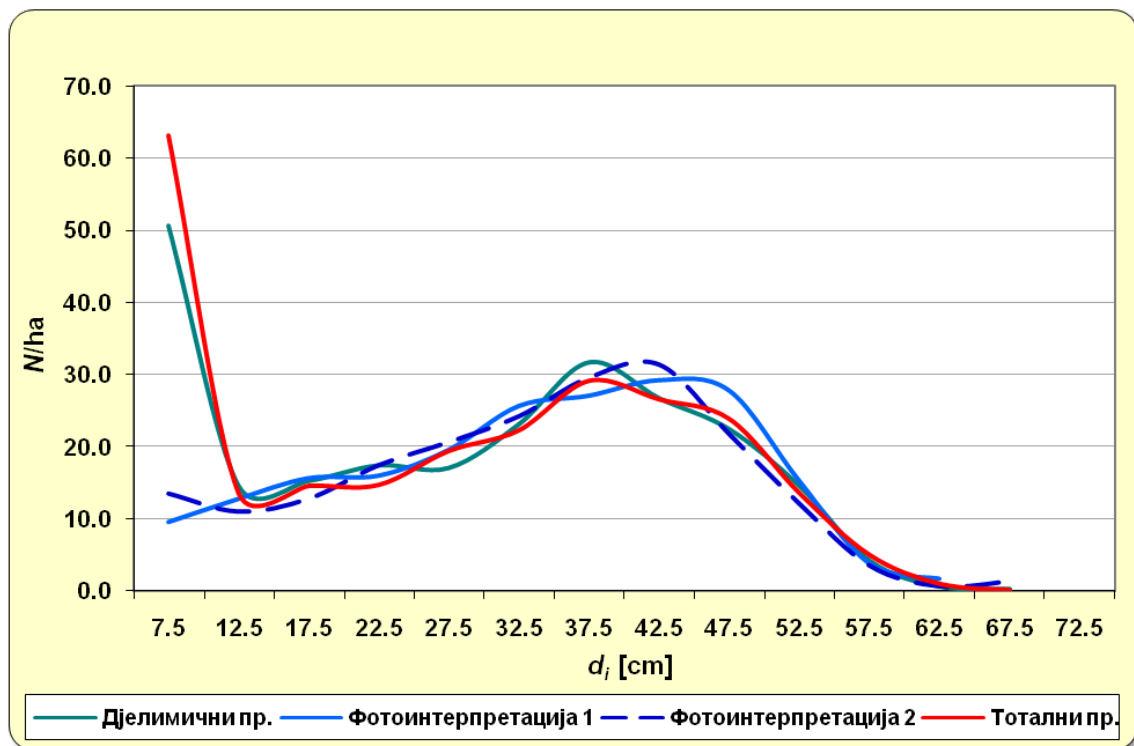
#### Број стабала

На основу података из табеле 115 и графикана 29 може се закључити да дистрибуција стабала по дебљинским степенима одговара дистрибуцији стабала разнодобне двоспратне састојине. Десни дио дистрибуције, почев од дебљинског степена 12,5 cm има облик мало асиметричне ( $\alpha_3 = -0,17$ ) и врло развучене ( $\alpha_4 = 2,19$ ) Гаусове криве. Аритметичка средина ове дистрибуције је 35,04 cm, а коефицијент варијације 35,14%. С обзиром на ових 183,9 стабала/ha (74,45%) може се рећи да се ради о разријеђеној састојини. Лијеви дио дистрибуције има облик хиперболе, која је карактеристична за пребирне састојине. Ова стабла (25,55% од укупног броја стабала) скупинасто су распоређена по огледној површини. На скупинама доминирају стабла горског јавора. Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечан број стабала добијен тоталним премјером је 247,0 стабала/ha, дјелимичним премјером 239,6 стабала/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимка 205,0 и 200,7 стабала/ha (модел 1 и 2). Двострука релативна грешка процјене броја стабала код дјелимичног премјера је 15,70%, а код фотоинтерпретације аероснимка 8,21% (модел 1), односно 9,65% (модел 2).

**Табела 115.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 8)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$N/ha$	$N/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	63,1	50,7	-19,68	9,6	-84,73	13,6	-78,51
12,5	13,6	14,6	7,89	12,9	-5,26	11,1	-18,42
17,5	14,6	15,4	5,39	15,7	7,84	12,9	-11,76
22,5	14,7	17,5	18,93	16,1	9,22	17,5	18,93
27,5	19,4	17,1	-11,76	19,6	1,10	20,7	6,62
32,5	22,3	23,2	4,17	25,7	15,38	24,3	8,97
37,5	29,1	31,8	9,07	27,1	-6,86	29,6	1,72
42,5	26,6	26,8	0,81	29,3	10,22	31,4	18,28
47,5	23,9	22,5	-5,69	27,9	16,77	21,8	-8,68
52,5	13,6	14,6	7,89	15,4	13,16	12,1	-10,53
57,5	5,0	4,3	-14,29	3,9	-21,43	3,6	-28,57
62,5	1,0	0,7	-28,57	1,8	78,57	0,7	-28,57
67,5	0,1	0,4	150,00			1,4	900,00
$\Sigma$	247,0	239,6	-2,98	205,0	-17,00	200,7	-18,74



**Графикон 29.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 8)

Тестирањем разлика у броју стабала констатовано је да се број стабала добијен фотоинтерпретацијом аероснимака (модели 1 и 2) статистички значајно разликује од броја стабала добијеног тоталним премјером, али не и од броја стабала добијеног дјелимичним премјером (табеле 116 и 117).

**Табела 116.** Тестирање разлика броја стабала – ОП 8, модел 1

<b>ТЕСТ</b>	$N_{\text{тп}}$	$N_{\text{дп}}$	$s_{\bar{x}} \text{ дп}$	$n_{\text{дп}}$	$N_{\text{фи}}$	$s_{\bar{x}} \text{ фи}$	$n_{\text{фи}}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	247,0	239,6	18,3	28				-0,401	2,052
<b>фи 1 - тп</b>	247,0				205,0	8,2	28	-5,119	2,052
<b>фи 1 - дп</b>		239,6	18,3	28	205,0	8,2	28	-1,725	2,005

**Табела 117.** Тестирање разлика броја стабала – ОП 8, модел 2

<b>ТЕСТ</b>	$N_{\text{тп}}$	$N_{\text{дп}}$	$s_{\bar{x}} \text{ дп}$	$n_{\text{дп}}$	$N_{\text{фи}}$	$s_{\bar{x}} \text{ фи}$	$n_{\text{фи}}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	247,0	239,6	18,3	28				-0,401	2,052
<b>фи 2 - тп</b>	247,0				200,7	9,4	28	-4,903	2,052
<b>фи 2 - дп</b>		239,6	18,3	28	200,7	9,4	28	-1,888	2,005

Омјер смјесе броју стабала није приказан зато што је приликом тоталног премјера на цијелој огледној површини регистровано само 5 стабала горског јавора који су имали прсни пречник већи од 20 см.

Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима констатовано је да у оба случаја (таксационе границе 5 см и 20 см) нема статистички значајне разлике између дистрибуција добијених тоталним и дјелимичним премјером (табеле 118 и 119). Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима, добијених фотоинтерпретацијом аероснимача (модел 1 и 2), констатовано је да у случају таксационе границе од 5 см постоје статистички значајне разлике између ових дистрибуција и дистрибуција добијених тоталним и дјелимичним премјером. Статистички значајне разлике нису констатоване у случају таксационе границе од 20 см (табеле 118 и 119).

**Табела 118.** Тестирање дистрибуција броја стабала – ОП 8, модел 1

<b>ТЕСТ</b>	Таксациона граница: 5 см			Таксациона граница: 20 см		
	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност
<b>дп - тп</b>	3,92	18,31	0,950750	1,22	14,07	0,990426
<b>фи - тп</b>	58,53	18,31	0,000000	1,06	14,07	0,993774
<b>фи - дп</b>	44,33	18,31	0,000003	2,32	14,07	0,940039

**Табела 119.** Тестирање дистрибуција броја стабала – ОП 8, модел 2

<b>ТЕСТ</b>	Таксациона граница: 5 см			Таксациона граница: 20 см		
	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност
<b>дп - тп</b>	3,92	18,31	0,950750	1,22	14,07	0,990426
<b>фи - тп</b>	49,91	18,31	0,000000	1,54	14,07	0,981044
<b>фи - дп</b>	35,81	18,31	0,000091	1,95	14,07	0,962485



## Темељница састојине

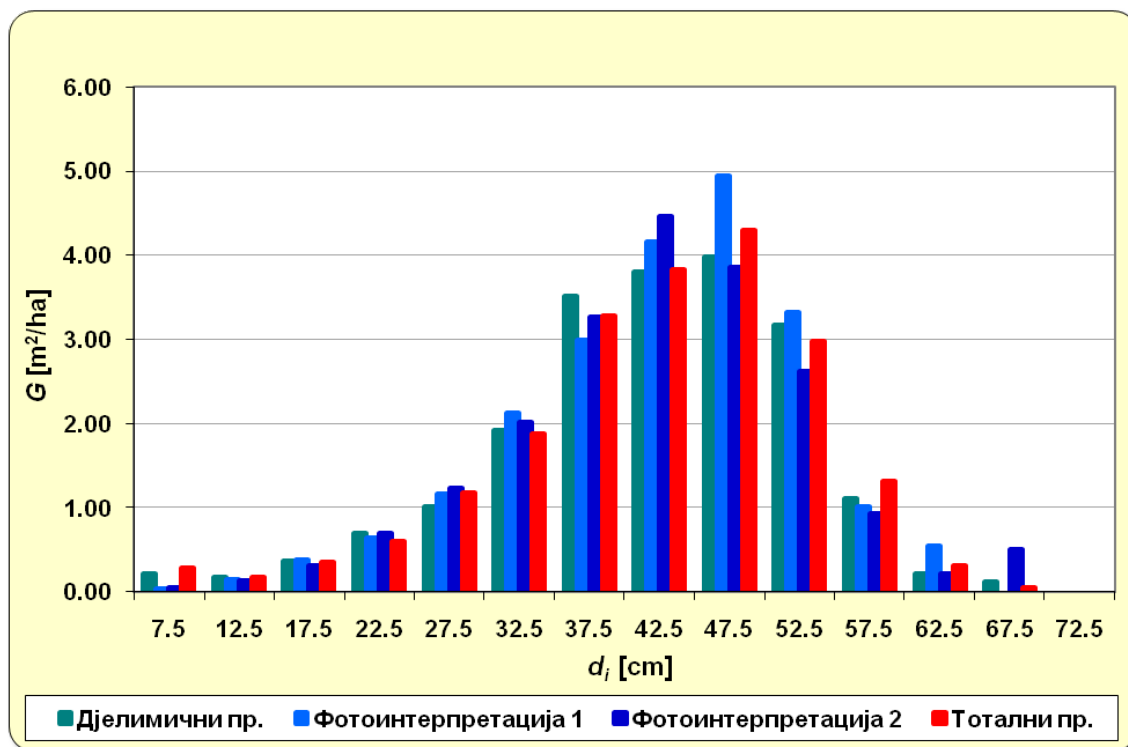
На основу података из табеле 120 и графикана 30 може се закључити да дистрибуција темељнице по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 41,99 cm и коефицијентом варијације од 25,52%. Ова дистрибуција има јаку лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,74$ ) и велику издуженост ( $\alpha_4 = 3,74$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна темељница састојине добијена тоталним премјером је 20,57 m<sup>2</sup>/ha, дјелимичним премјером 20,34 m<sup>2</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 21,50 m<sup>2</sup>/ha (модел 1) и 20,33 m<sup>2</sup>/ha (модел 2). Двострука релативна грешка процјене темељнице код дјелимичног премјера је 6,75%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,56% (модел 1), односно 7,74% (модел 2).

**Табела 120.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 8)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$G/ha$	$G/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	0,29	0,22	-22,25	0,04	-85,22	0,06	-79,19
12,5	0,17	0,18	4,62	0,16	-8,14	0,14	-20,90
17,5	0,36	0,37	2,64	0,38	5,02	0,31	-14,07
22,5	0,60	0,70	16,17	0,64	6,68	0,70	16,17
27,5	1,18	1,02	-13,63	1,17	-1,03	1,23	4,37
32,5	1,89	1,93	2,13	2,13	13,13	2,01	6,84
37,5	3,28	3,51	7,05	3,00	-8,58	3,27	-0,16
42,5	3,84	3,80	-0,96	4,15	8,28	4,46	16,21
47,5	4,30	3,99	-7,27	4,94	14,81	3,86	-10,22
52,5	2,99	3,17	6,15	3,32	11,32	2,63	-11,98
57,5	1,32	1,11	-15,63	1,02	-22,66	0,93	-29,69
62,5	0,31	0,22	-29,66	0,55	75,84	0,22	-29,66
67,5	0,05	0,13	146,27			0,51	885,10
$\Sigma$	20,57	20,34	-1,11	21,50	4,52	20,33	-1,18

Тестирањем разлика у темељници констатовано је да нема статистички значајних разлика између темељница добијених по тестираним методама премјера (табеле 121 и 122).



Графикон 30. Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 8)

Табела 121. Тестирање разлика темељница – ОП 8, модел 1

ТЕСТ	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	20,57	20,34	0,67	28				-0,340	2,052
фи 1 - тп	20,57				21,50	0,69	28	1,355	2,052
фи 1 - дп		20,34	0,67	28	21,50	0,69	28	1,208	2,005

Табела 122. Тестирање разлика темељница – ОП 8, модел 2

ТЕСТ	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	20,57	20,34	0,67	28				-0,340	2,052
фи 2 - тп	20,57				20,33	0,77	28	-0,317	2,052
фи 2 - дп		20,34	0,67	28	20,33	0,77	28	-0,015	2,005

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

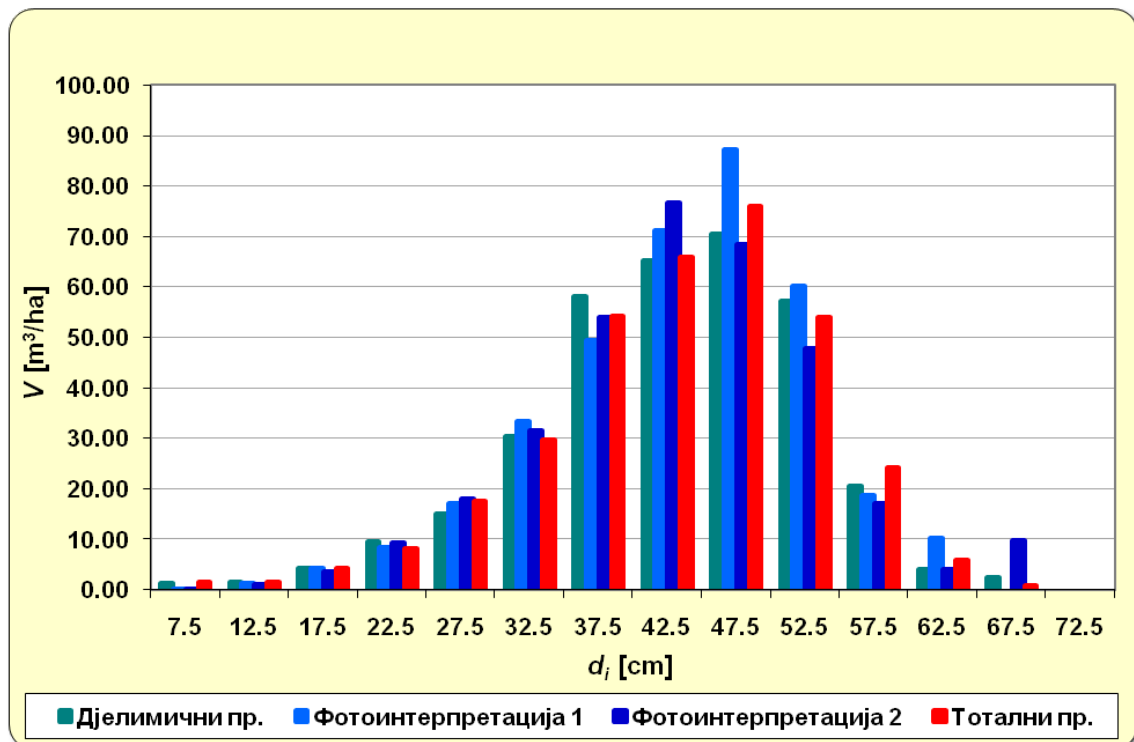
### Запремина састојине

На основу података из табеле 123 и графикана 31 може се закључити да дистрибуција запремина по дебљинским степенима има облик Гаусове криве

са аритметичком средином од 43,12 cm и коефицијентом варијације од 22,81%. Ова дистрибуција има јаку лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,60$ ) и велику издуженост ( $\alpha_4 = 3,58$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

**Табела 123.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 8)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$V/ha$	$V/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	1,63	1,27	-22,25	0,22	-86,40	0,31	-80,86
12,5	1,64	1,71	4,62	1,41	-13,63	1,23	-24,95
17,5	4,31	4,42	2,64	4,35	1,01	3,60	-16,46
22,5	8,20	9,52	16,17	8,52	3,94	9,35	14,03
27,5	17,57	15,17	-13,63	17,09	-2,71	18,13	3,19
32,5	29,84	30,48	2,13	33,40	11,92	31,69	6,19
37,5	54,33	58,17	7,05	49,32	-9,23	54,10	-0,44
42,5	65,86	65,22	-0,96	71,08	7,93	76,56	16,25
47,5	75,92	70,40	-7,27	87,11	14,73	68,36	-9,96
52,5	53,98	57,30	6,15	60,18	11,50	47,73	-11,57
57,5	24,32	20,52	-15,63	18,87	-22,40	17,20	-29,27
62,5	5,84	4,11	-29,66	10,32	76,73	4,14	-29,14
67,5	0,99	2,43	146,27			9,81	893,64
$\Sigma$	344,42	340,72	-1,07	361,88	5,07	342,21	-0,64



**Графикон 31.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 8)

Просјечна запремина састојине добијена тоталним премјером је 344,42 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 340,72 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 361,88 m<sup>3</sup>/ha и 342,21 m<sup>3</sup>/ha (модел 1 и 2). Двострука релативна грешка процјене запремине код дјелимичног премјера је 7,15%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,55% (модел 1), односно 7,90% (модел 2).

Тестирањем разлика у запремини констатовано је да нема статистички значајних разлика између запремина добијених по тестираним методама премјера (табеле 124 и 125).

**Табела 124.** Тестирање разлика запремина – ОП 8, модел 1

<b>ТЕСТ</b>	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	344,42	340,72	11,87	28				-0,312	2,052
<b>фи 1 - тп</b>	344,42				361,88	11,55	28	1,511	2,052
<b>фи 1 - дп</b>		340,72	11,87	28	361,88	11,55	28	1,278	2,005

**Табела 125.** Тестирање разлика запремина – ОП 8, модел 2

<b>ТЕСТ</b>	$V_{тп}$	$V_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$V_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	344,42	340,72	11,87	28				-0,312	2,052
<b>фи 2 - тп</b>	344,42				342,21	13,17	28	-0,168	2,052
<b>фи 2 - дп</b>		340,72	11,87	28	342,21	13,17	28	0,084	2,005

Тестирањем дистрибуција запремине по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

### Текући запремински прираст састојине

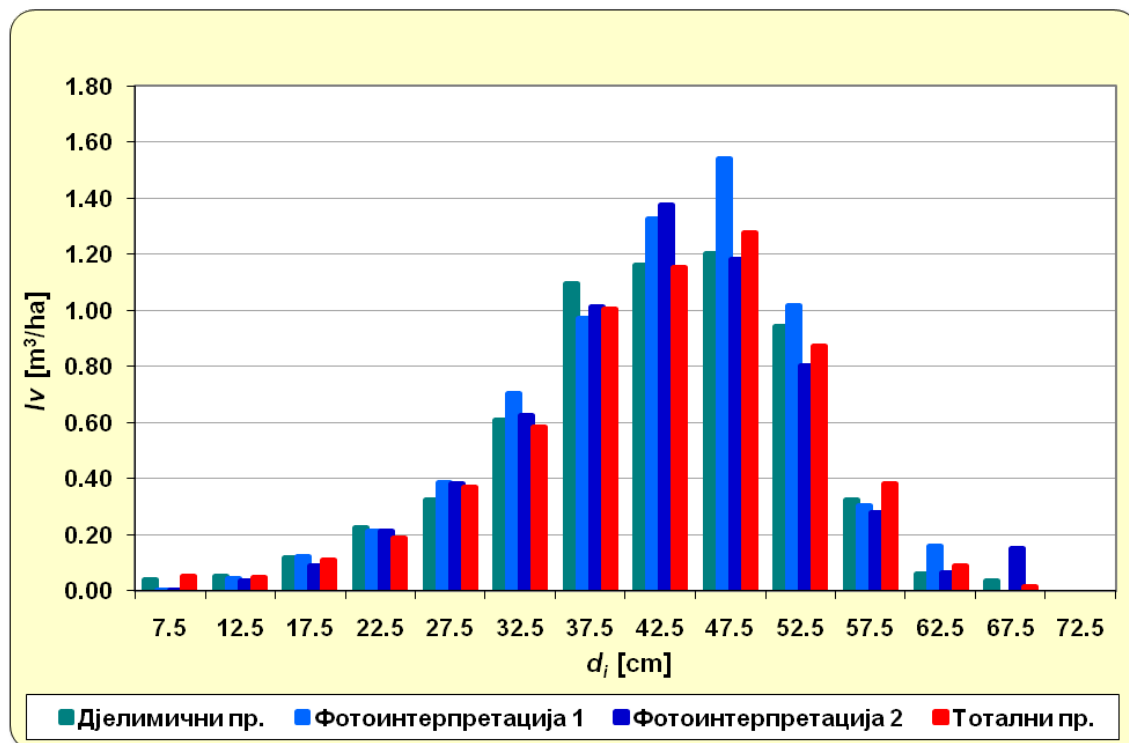
На основу података из табеле 126 и графикана 32 може се закључити да дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 41,95 cm и коефицијентом варијације од 24,88%. Ова дистрибуција има јаку лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,64$ ) и средњу до велику издуженост ( $\alpha_4 = 3,51$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечан текући запремински прираст састојине добијен тоталним премјером је 6,15 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 6,21 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 6,80 m<sup>3</sup>/ha (модел 1) и 6,23 m<sup>3</sup>/ha (модел 2). Дво-

струка релативна грешка процјене текућег запреминског прираста код дјелимичног премјера је 6,80%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,68% (модел 1), односно 7,78% (модел 2).

**Табела 126.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 8)

$d$ [cm]	Тотални премјер	Дјелимични премјер		Фото- интерпретација 1		Фото- интерпретација 2	
	$Iv/ha$	$Iv/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$Iv/ha$	$\Delta_{f1-t}$ [%]	$Iv/ha$	$\Delta_{f2-t}$ [%]
7,5	0,05	0,04	-19,68	0,00	-92,94	0,00	-90,78
12,5	0,05	0,05	7,89	0,04	-10,41	0,04	-28,24
17,5	0,11	0,12	5,39	0,12	7,65	0,09	-18,20
22,5	0,19	0,23	18,93	0,21	11,78	0,21	12,41
27,5	0,37	0,33	-11,76	0,39	4,77	0,38	3,19
32,5	0,58	0,61	4,17	0,70	20,57	0,63	7,34
37,5	1,00	1,09	9,07	0,97	-3,04	1,01	1,08
42,5	1,15	1,16	0,81	1,33	14,84	1,37	19,12
47,5	1,27	1,20	-5,69	1,54	20,84	1,18	-7,15
52,5	0,87	0,94	7,89	1,02	16,26	0,80	-8,40
57,5	0,38	0,33	-14,29	0,31	-19,98	0,28	-26,18
62,5	0,09	0,06	-28,57	0,16	79,81	0,07	-25,66
67,5	0,01	0,04	150,00			0,15	948,45
$\Sigma$	6,15	6,21	0,90	6,80	10,47	6,23	1,30



**Графикон 32.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 8)

Тестирањем разлика у текућем запреминском прирасту констатовано је да се текући запремински прираст састојине добијен фотоинтерпретацијом аероснимака (модел 1) статистички значајно разликује од текућег запреминског прираста добијеног тоталним премјером. Остале тестиране разлике нису статистички значајне (табеле 127 и 128).

**Табела 127.** Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 8, модел 1

<i>ТЕСТ</i>	$Iv_{тп}$	$Iv_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$Iv_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	6,15	6,21	0,21	28				0,269	2,052
фи 1 - тп	6,15				6,80	0,22	28	2,911	2,052
фи 1 - дп		6,21	0,21	28	6,80	0,22	28	1,949	2,005

**Табела 128.** Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 8, модел 2

<i>ТЕСТ</i>	$Iv_{тп}$	$Iv_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$Iv_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	6,15	6,21	0,21	28				0,269	2,052
фи 2 - тп	6,15				6,23	0,24	28	0,338	2,052
фи 2 - дп		6,21	0,21	28	6,23	0,24	28	0,079	2,005

Тестирањем дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

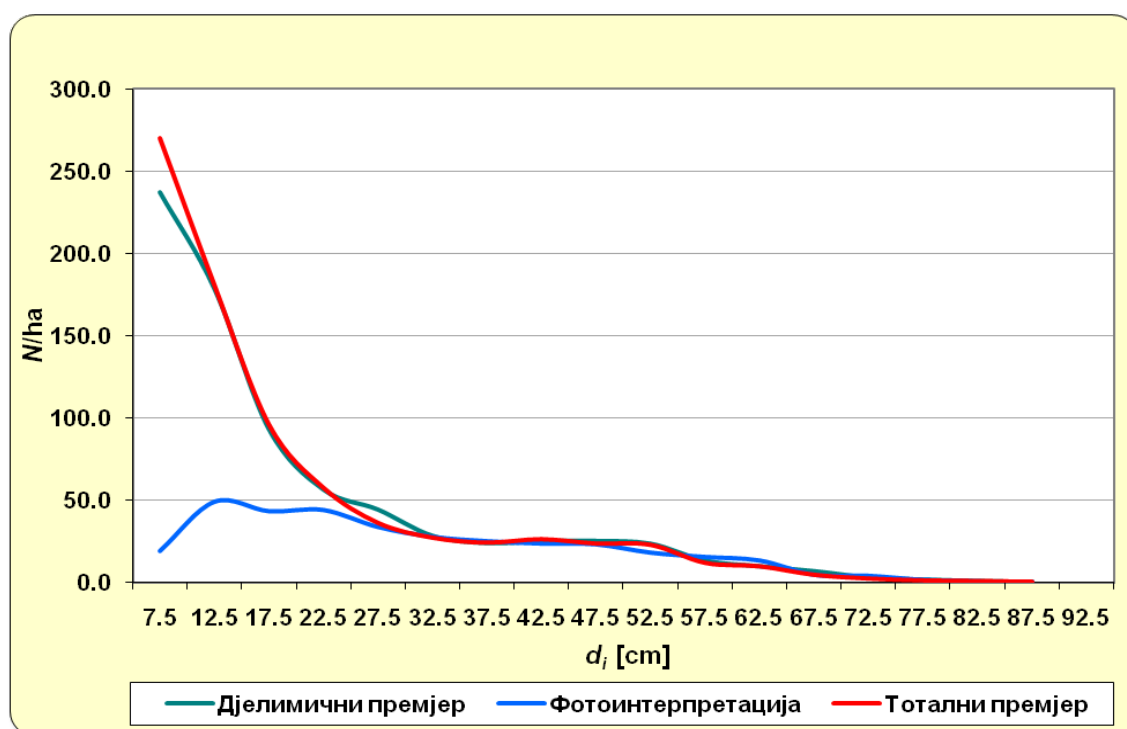
### 7.2.9. Пребирна шума букве и јеле са смрчком (ОП 9)

#### Број стабала

На основу података из табеле 129 и графикана 33 може се закључити да се ради о састојини са структуром која је „блиска пребирним шумама”. Основна карактеристика дистрибуција стабала по дебљинским степенима у овим састојинама је да са повећањем пречника опада број стабала у виду хиперболичне криве линије. Опадање броја стабала доста је правилно, тако да нема локалних екстрема. Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

**Табела 129.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 9)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$N/ha$	$N/ha$	$N/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	269,9	237,1	-12,14	19,0	-92,94	
12,5	180,6	178,5	-1,15	48,8	-72,97	
17,5	95,9	93,0	-2,98	43,1	-55,06	
22,5	57,4	56,3	-1,98	43,8	-23,71	
27,5	36,1	44,1	22,16	33,6	-6,99	
32,5	27,1	28,1	3,63	27,6	1,75	
37,5	24,1	23,7	-1,59	25,0	3,75	
42,5	26,2	24,8	-5,16	23,6	-10,00	
47,5	23,5	25,0	6,24	23,1	-1,82	
52,5	22,8	23,3	2,44	18,1	-20,50	
57,5	11,8	13,0	10,25	15,5	31,05	
62,5	9,7	9,6	-0,94	13,3	37,25	
67,5	4,6	6,7	45,55	4,8	4,17	
72,5	2,3	2,8	21,12	4,0	77,08	
77,5	1,1	1,5	32,49	1,7	45,83	
82,5	0,8	0,6	-18,16	0,7	-6,25	
87,5	0,3	0,2	-44,57	0,5	66,67	
$\Sigma$	794,2	768,4	-3,25	346,2	-56,41	



**Графикон 33.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 9)

Просјечан број стабала добијен тоталним премјером је 794,2 стабала/ха, дјелимичним премјером 768,4 стабала/ха, а фотоинтерпретацијом аеросни-мака 346,2 стабала/ха. Разлог овако великог одступања броја стабала доби-

јеног фотоинтерпретацијом лежи у чињеници да се танка стабла, која у пребирној структури имају значајно учешће, не могу видјети у стереомоделу јер су прекривена крошњама стабала већих пречника, првенствено крошњама букве. Други разлог је постојање степенастог склопа због чега се нижа стабла налазе у сјени виших стабала, те се не могу регистровати у стереомоделу. Двострука релативна грешка процјене броја стабала код дјелимичног премјера је 22,35%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,52%.

Тестирањем разлика у броја стабала констатовано је да нема статистички значајне разлике између броја стабала добијених тоталним и дјелимичним премјером, али да су статистички значајна одступања овог елемента добијеног на бази фотоинтерпретације аероснимака у односу на терестричке методе премјера (табела 130).

**Табела 130.** Тестирање разлика броја стабала – ОП 9

<b>ТЕСТ</b>	$N_{тп}$	$N_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$N_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>дп - тп</b>	794,2	768,4	85,0	42				-0,303	2,019
<b>фи - тп</b>	794,2				346,2	11,2	42	-40,113	2,019
<b>фи - дп</b>		768,4	85,0	42	346,2	11,2	42	-4,923	1,990

Омјер смјесе броју стабала прсног пречника већег од 20 cm приказан је у табели 131. Уочене разлике могу се третирати као грешке узорка, а не као грешка приликом идентификација наведених врста дрвећа приликом фотоинтерпретације аероснимака у стереомоделу.

**Табела 131.** Омјер смјесе ( $d > 20$  cm)

Врста дрвећа	Тотални премјер	Дјелимични премјер	Фотоинтерпретација
Јела	0,23	0,24	0,22
Смрча	0,34	0,34	0,34
Буква	0,38	0,38	0,40
Горски јавор	0,05	0,04	0,04

Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима констатовано је да у случају таксационе границе од 5 cm постоје статистички значајне разлике између дистрибуције добијене фотоинтерпретацијом аероснимака и дистрибуција добијених тоталним и дјелимичним премјером. Статистички значајних разлика нема у случају таксационе границе од 20 cm (табела 132).



**Табела 132.** Тестирање дистрибуција броја стабала – ОП 9

ТЕСТ	Таксациона граница: 5 cm			Таксациона граница: 20 cm		
	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ – изр.	$\chi^2$ – крит.	$p$ - вриједност
дп - тп	6,60	21,03	0,883002	2,14	16,92	0,989046
фи - тп	597,77	21,03	0,000000	8,08	16,92	0,525983
фи - дп	500,24	21,03	0,000000	7,35	16,92	0,600738

### Темељница састојине

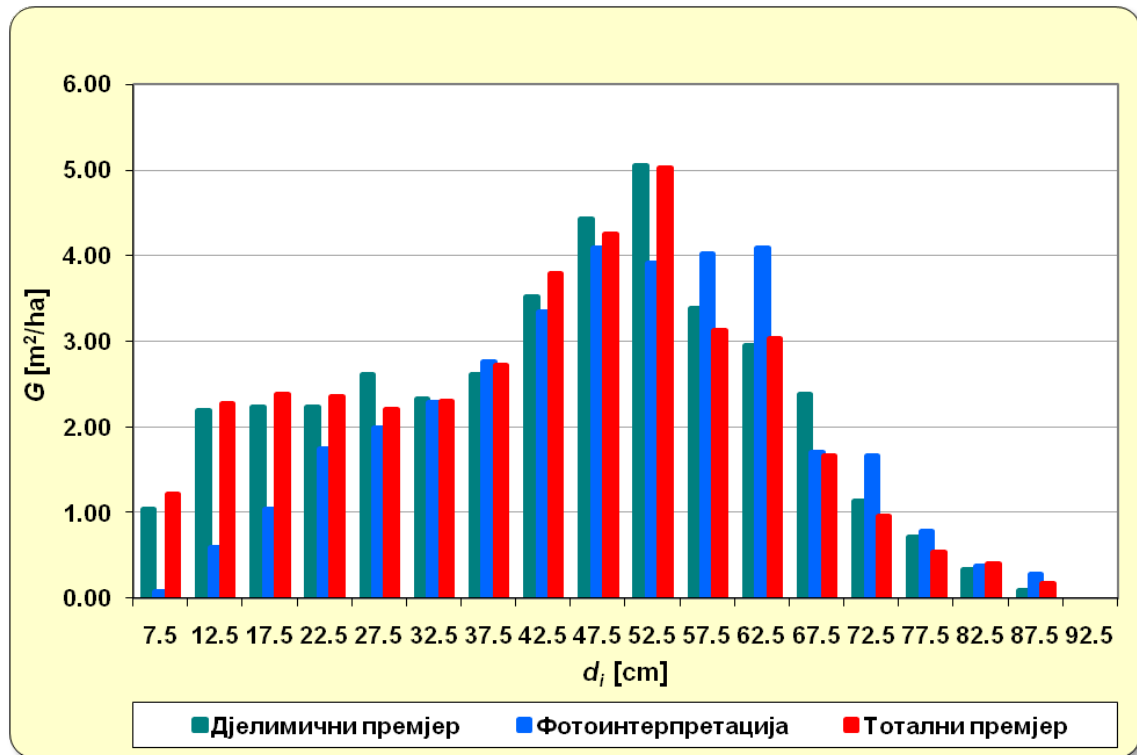
На основу података из табеле 133 и графикана 34 може се закључити да дистрибуција темељнице по дебљинским степенима у основи има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 42,64 cm и коефицијентом варијације од 42,92%. Ова дистрибуција има врло малу лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,12$ ) и јако велику развученост ( $\alpha_4 = 2,28$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна темељница састојине добијена тоталним премјером је 38,45 m<sup>2</sup>/ha, дјелимичним премјером 39,29 m<sup>2</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 34,80 m<sup>2</sup>/ha. Двострука релативна грешка процјене темељнице код дјелимичног премјера и фотоинтерпретације аероснимака је 6,92%.

**Табела 133.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 9)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$G$ /ha	$G$ /ha	$G$ /ha	$\Delta_{d-t}$ [%]	$G$ /ha	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	1,22	1,05	1,05	-14,27	0,08	-93,11
12,5	2,28	2,19	2,19	-4,01	0,60	-73,75
17,5	2,38	2,24	2,24	-5,91	1,04	-56,42
22,5	2,35	2,24	2,24	-4,81	1,74	-25,91
27,5	2,20	2,62	2,62	18,88	1,99	-9,49
32,5	2,31	2,33	2,33	1,07	2,29	-0,75
37,5	2,72	2,62	2,62	-3,87	2,76	1,35
42,5	3,80	3,52	3,52	-7,23	3,34	-11,97
47,5	4,25	4,43	4,43	4,10	4,09	-3,79
52,5	5,02	5,05	5,05	0,56	3,92	-21,96
57,5	3,12	3,38	3,38	8,29	4,02	28,72
62,5	3,03	2,95	2,95	-2,71	4,09	34,79
67,5	1,66	2,38	2,38	43,08	1,70	2,40
72,5	0,96	1,14	1,14	19,24	1,67	74,34
77,5	0,55	0,71	0,71	30,61	0,79	43,76
82,5	0,41	0,33	0,33	-19,20	0,38	-7,45
87,5	0,17	0,10	0,10	-45,18	0,29	64,84
$\Sigma$	38,45	39,29	39,29	2,16	34,80	-9,50

Овакав однос темељница потврђује констатацију да у стереомоделу пребирне састојине нису видљива стабла доњих етажа, што је резултирало знатно мањим бројем стабала на хектару у односу на терестричке методе премјера, али су „ухваћена” стабла јаким димензија, која су и носиоци темељнице састојине, те су разлике овог елемента знатно мање изражене.



Графикон 34. Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 9)

Тестирањем разлика у темељници констатовано је да нема статистички значајне разлике између темељница добијених тоталним и дјелимичним премјером, али да су статистички значајна одступања овог таксационог елемента добијеног на бази фотоинтерпретације аероснимака у односу на терестричке методе премјера (табела 134).

Табела 134. Тестирање разлика темељница – ОП 9

ТЕСТ	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	38,45	39,29	1,35	42				0,617	2,019
фи - тп	38,45				34,80	1,19	42	-3,067	2,019
фи - дп		39,29	1,35	42	34,80	1,19	42	-2,494	1,990

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

### Запремина састојине

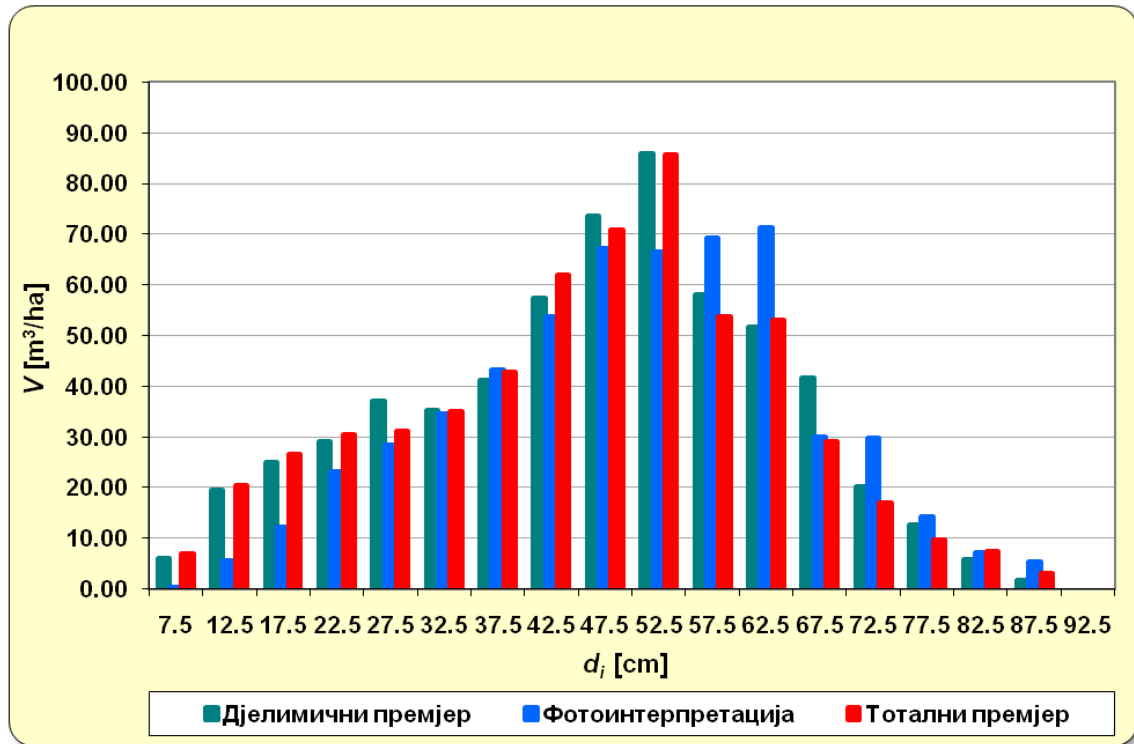
На основу података из табеле 135 и графикана 35 може се закључити да дистрибуција запремине по дебљинским степенима има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 45,80 cm и коефицијентом варијације од 37,10%. Ова дистрибуција има малу лијеву асиметрију ( $\alpha_3 = -0,19$ ) и велику развученост ( $\alpha_4 = 2,57$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна запремина састојине добијена тоталним премјером је 585,86 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 602,90 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 562,94 m<sup>3</sup>/ha. Двострука релативна грешка процјене запремине код дјелимичног премјера је 6,88%, а код фотоинтерпретације аероснимака 7,51%.

Добра идентификација стабала јаких димензија у стереомоделу, који су носиоци запремине, утицала је да су разлике овог елемента знатно мање него када је у питању број стабала добијен различитим методама премјера.

**Табела 135.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 9)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$V/ha$	$V/ha$	$V/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	7,09	6,12	-13,70	0,51	-92,75	
12,5	20,55	19,70	-4,15	5,69	-72,33	
17,5	26,73	25,06	-6,24	12,23	-54,25	
22,5	30,48	29,05	-4,70	23,22	-23,84	
27,5	31,15	37,09	19,09	28,49	-8,52	
32,5	34,97	35,35	1,08	34,59	-1,11	
37,5	42,84	41,18	-3,89	43,30	1,07	
42,5	61,93	57,39	-7,32	53,71	-13,27	
47,5	70,78	73,64	4,03	67,24	-5,01	
52,5	85,74	85,98	0,28	66,53	-22,41	
57,5	53,76	58,18	8,22	69,19	28,70	
62,5	52,99	51,63	-2,56	71,35	34,65	
67,5	29,25	41,76	42,81	30,14	3,04	
72,5	17,00	20,20	18,79	29,87	75,65	
77,5	9,77	12,78	30,80	14,24	45,69	
82,5	7,54	5,98	-20,67	7,21	-4,38	
87,5	3,28	1,80	-45,18	5,45	66,52	
$\Sigma$	585,86	602,90	2,91	562,94	-3,91	



Графикон 35. Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 9)

Тестирањем разлика у запремини констатовано је да нема статистички значајних разлика између запремина добијених по тестираним методама премјера (табела 136).

Табела 136. Тестирање разлика запремина – ОП 9

ТЕСТ	$V_{\text{тп}}$	$V_{\text{дп}}$	$s_{\bar{x}} \text{ дп}$	$n_{\text{дп}}$	$V_{\text{фи}}$	$s_{\bar{x}} \text{ фи}$	$n_{\text{фи}}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	585,86	602,90	20,54	42				0,830	2,019
фи - тп	585,86				562,94	20,94	42	-1,094	2,019
фи - дп		602,90	20,54	42	562,94	20,94	42	-1,362	1,990

Тестирањем дистрибуција запремине по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

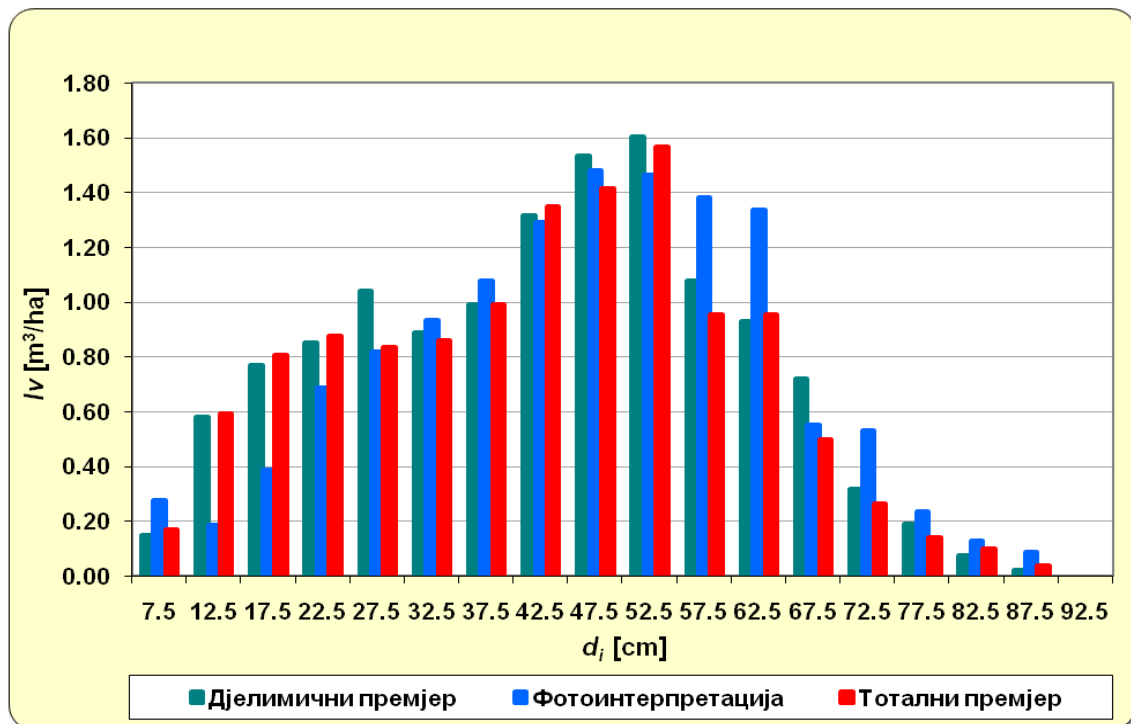
### Текући запремински прираст састојине

На основу података из табеле 137 и графикана 36 може се закључити да дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима у основи има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 42,47 cm и

коефицијентом варијације од 40,27%. Ова дистрибуција нема асиметрију ( $\alpha_3 = -0,05$ ), али има велику развученост ( $\alpha_4 = 2,33$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

**Табела 137.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 9)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$Iv/ha$	$Iv/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$Iv/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]	
7,5	0,17	0,15	-11,78	0,27	63,72	
12,5	0,59	0,58	-1,78	0,18	-68,89	
17,5	0,80	0,77	-4,56	0,39	-51,91	
22,5	0,88	0,85	-2,67	0,69	-21,52	
27,5	0,83	1,04	24,68	0,82	-1,93	
32,5	0,86	0,89	3,51	0,93	8,61	
37,5	0,99	0,99	0,05	1,08	8,78	
42,5	1,35	1,31	-2,56	1,29	-4,44	
47,5	1,42	1,53	8,38	1,48	4,39	
52,5	1,57	1,60	2,40	1,46	-6,45	
57,5	0,95	1,07	12,96	1,38	44,93	
62,5	0,95	0,93	-2,46	1,34	40,24	
67,5	0,50	0,72	44,40	0,55	10,22	
72,5	0,26	0,31	18,78	0,53	100,61	
77,5	0,14	0,19	33,46	0,23	67,18	
82,5	0,10	0,07	-23,80	0,13	32,04	
87,5	0,04	0,02	-44,57	0,09	136,90	
$\Sigma$	12,39	13,04	5,22	12,83	3,58	



**Графикон 36.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 9)

Просјечан текући запремински прираст састојине добијен тоталним премјером је 12,39 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 13,04 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 12,83 m<sup>3</sup>/ha. Двострука релативна грешка процјене текућег запреминског прираста код дјелимичног премјера је 7,64%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,33%.

Тестирањем разлика у текућем запреминском прирасту констатовано је да нема статистички значајних разлика између текућих запреминских прираста добијених по тестираним методама премјера (табела 138).

**Табела 138.** Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 9

<b>ТЕСТ</b>	$Iv_{ТП}$	$Iv_{ДП}$	$s_{\bar{x}} ДП$	$n_{ДП}$	$Iv_{ФИ}$	$s_{\bar{x}} ФИ$	$n_{ФИ}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>ДП - ТП</b>	12,39	13,04	0,49	42				1,312	2,019
<b>ФИ - ТП</b>	12,39				12,83	0,40	42	1,102	2,019
<b>ФИ - ДП</b>		13,04	0,49	42	12,83	0,40	42	-0,320	1,990

Тестирањем дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

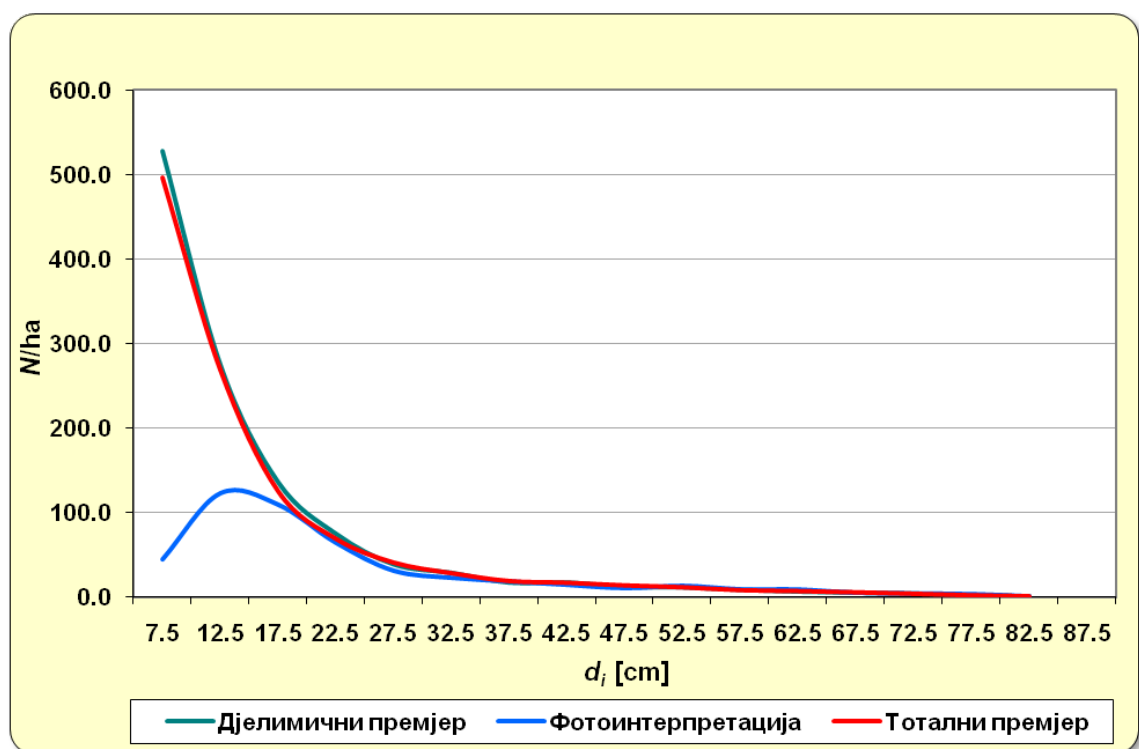
### 7.2.10. Пребирна шума букве и јеле са смрчком (ОП 10)

#### Број стабала

На основу података из табеле 139 и графикана 37 може се закључити да се ради о састојини са структуром која је карактеристична за пребирне шуме. Може се рећи да је опадање броја стабала готово правилно. Највећи број стабала је у дебљинским степенима 7,5 cm (497,1 стабала по хектару, односно 44,24%) и 12,5 cm (269,7 стабала по хектару, односно 24,00% од укупног броја стабала). С обзиром на велики број стабала по јединици површине, од чега више од двије трећине стабала има прсне пречнике до 15 cm, може се рећи да се ради о састојини са веома густим доњим спратом у којем доминира буква. Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

**Табела 139.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 10)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$N/ha$	$N/ha$	$N/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$N/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	497,1	528,2	6,25	44,5	-91,04	
12,5	269,7	275,5	2,15	122,6	-54,54	
17,5	125,8	136,6	8,59	109,3	-13,13	
22,5	69,3	75,5	8,82	64,3	-7,29	
27,5	41,1	39,3	-4,43	31,2	-24,12	
32,5	28,6	29,3	2,32	22,9	-20,11	
37,5	19,3	17,7	-8,25	18,6	-3,60	
42,5	17,2	17,8	3,63	14,5	-15,40	
47,5	14,1	12,6	-10,52	10,7	-24,10	
52,5	11,9	12,1	1,48	13,3	11,84	
57,5	8,5	9,2	8,02	9,3	9,39	
62,5	7,3	7,0	-4,89	9,0	23,20	
67,5	5,9	5,7	-3,23	5,2	-11,42	
72,5	4,2	4,7	12,70	4,3	2,13	
77,5	2,4	2,8	18,54	3,6	49,79	
82,5	1,1	1,4	24,53	1,0	-16,79	
$\Sigma$	1123,6	1175,3	4,60	484,3	-56,90	



**Графикон 37.** Дебљинска структура састојине – упоредни приказ (ОП 10)

Просјечан број стабала добијен тоталним премјером је 1.123,6 стабала/ха, дјелимичним премјером 1.175,3 стабала/ха, а фотоинтерпретацијом аеро-снимака 484,3 стабала/ха. Разлог овако великог одступања броја стабала

добијеног фотоинтерпретацијом лежи у чињеницама описаним код огледне површине број 9. Двострука релативна грешка процјене броја стабала код дјелимичног премјера је 20,89%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,28%.

Тестирањем разлика у броја стабала констатовано је да нема статистички значајне разлике између броја стабала добијеног тоталним и дјелимичним премјером, али да су статистички значајна одступања овог елемента добијеног на бази фотоинтерпретације аероснимака у односу на терестричке методе премјера (табела 140).

**Табела 140.** Тестирање разлика броја стабала – ОП 10

<i>ТЕСТ</i>	$N_{\text{ТП}}$	$N_{\text{ДП}}$	$s_{\bar{x}} \text{ ДП}$	$n_{\text{ДП}}$	$N_{\text{ФИ}}$	$s_{\bar{x}} \text{ ФИ}$	$n_{\text{ФИ}}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
<b>ДП - ТП</b>	1123,6	1175,3	121,5	42				0,426	2,019
<b>ФИ - ТП</b>	1123,6				484,3	15,0	42	-42,480	2,019
<b>ФИ - ДП</b>		1175,3	121,5	42	484,3	15,0	42	-5,643	1,990

Омјер смјесе броју стабала прсног пречника већег од 20 cm приказан је у табели 141. И код ове огледне површине уочене разлике могу се третирати као грешке узорка, а не као грешке идентификације наведених врста дрвећа приликом фотоинтерпретације аероснимака у стереомоделу. Дакле, идентификација наведених врста дрвећа приликом фотоинтерпретације аероснимака у стереомоделу није упитна.

**Табела 141.** Омјер смјесе ( $d > 20 \text{ cm}$ )

Врста дрвећа	Тотални премјер	Дјелимични премјер	Фотоинтерпретација
Јела	0,41	0,41	0,41
Смрча	0,10	0,09	0,09
Буква	0,41	0,42	0,43
Горски јавор	0,08	0,08	0,07

Тестирањем дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима констатовано је да у случају таксационе границе од 5 cm постоје статистички значајне разлике између дистрибуције добијене фотоинтерпретацијом аероснимака и дистрибуција добијених тоталним и дјелимичним премјером. Статистички значајних разлика нема у случају таксационе границе од 20 cm (табела 142).



**Табела 142.** Тестирање дистрибуција броја стабала - ОП 10

ТЕСТ	Таксациона граница: 5 cm			Таксациона граница: 20 cm		
	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност	$\chi^2$ - изр.	$\chi^2$ - крит.	$p$ - вриједност
дп - тп	1,68	22,36	0,999915	1,12	18,31	0,999713
фи - тп	735,82	22,36	0,000000	4,59	18,31	0,916737
фи - дп	750,62	22,36	0,000000	4,14	18,31	0,940777

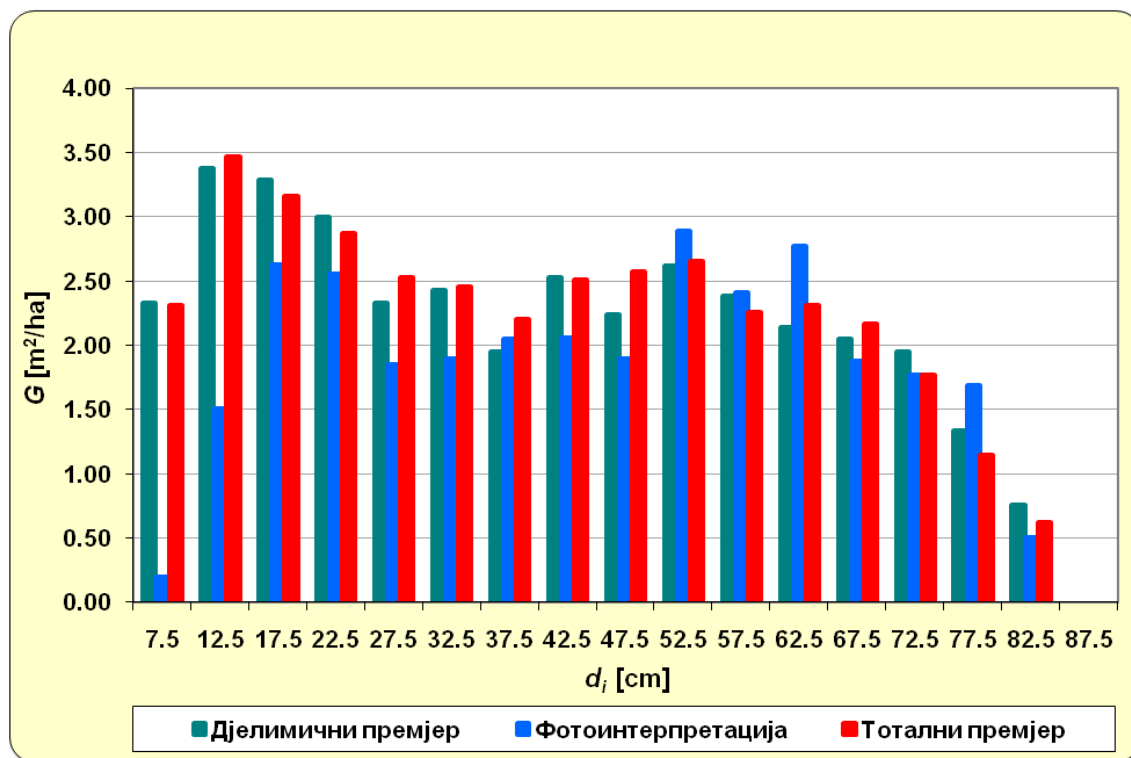
### Темељница састојине

На основу података из табеле 143 и графика 38 може се закључити да је дистрибуција темељнице по дебљинским степенима бимодална, што је директна посљедица екстремно великог броја стабала прсног пречника до 15 cm. Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна темељница састојине добијена тоталним премјером је 37,03 m<sup>2</sup>/ha, дјелимичним премјером 36,71 m<sup>2</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимача 30,56 m<sup>2</sup>/ha. Разлог ових одступања описан је код огледне површине број 9. Двострука релативна грешка процјене темељнице код дјелимичног премјера је 6,02%, а код фотоинтерпретације аероснимача 5,12%.

**Табела 143.** Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 10)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$G/ha$	$G/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$G/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]	
7,5	2,32	2,33	0,78	0,20	-91,50	
12,5	3,47	3,38	-2,49	1,50	-56,60	
17,5	3,16	3,29	3,97	2,63	-16,82	
22,5	2,87	3,00	4,57	2,56	-10,91	
27,5	2,53	2,33	-7,81	1,85	-26,81	
32,5	2,46	2,43	-1,15	1,90	-22,82	
37,5	2,20	1,95	-11,21	2,05	-6,72	
42,5	2,51	2,52	0,44	2,06	-18,00	
47,5	2,57	2,24	-13,04	1,90	-26,23	
52,5	2,65	2,62	-1,24	2,89	8,84	
57,5	2,26	2,38	5,27	2,41	6,61	
62,5	2,31	2,14	-7,24	2,78	20,16	
67,5	2,17	2,05	-5,50	1,87	-13,50	
72,5	1,77	1,95	10,09	1,77	-0,24	
77,5	1,15	1,33	15,82	1,68	46,35	
82,5	0,63	0,76	21,68	0,51	-18,69	
$\Sigma$	37,03	36,71	-0,84	30,56	-17,48	



Графикон 38. Дистрибуција темељнице – упоредни приказ (ОП 10)

Тестирањем разлика у темељници констатовано је да нема статистички значајних разлика између темељница добијених тоталним и дјелимичним премјером, али да су статистички значајна одступања овог елемента добијеног на бази фотоинтерпретације аероснимака у односу на терестричке методе прикупљања података (табела 144).

Табела 144. Тестирање разлика темељница – ОП 10

ТЕСТ	$G_{тп}$	$G_{дп}$	$s_{\bar{x}} дп$	$n_{дп}$	$G_{фи}$	$s_{\bar{x}} фи$	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	37,03	36,71	1,09	42				-0,285	2,019
фи - тп	37,03				30,56	0,77	42	-8,351	2,019
фи - дп		36,71	1,09	42	30,56	0,77	42	-4,591	1,990

Тестирањем дистрибуција темељнице по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да постоји статистички значајна разлика између дистрибуција добијених фотоинтерпретацијом аероснимака и тоталним премјером. У осталим случајевима статистички значајне разлике нису констатоване (прилог 5).

## Запремина састојине

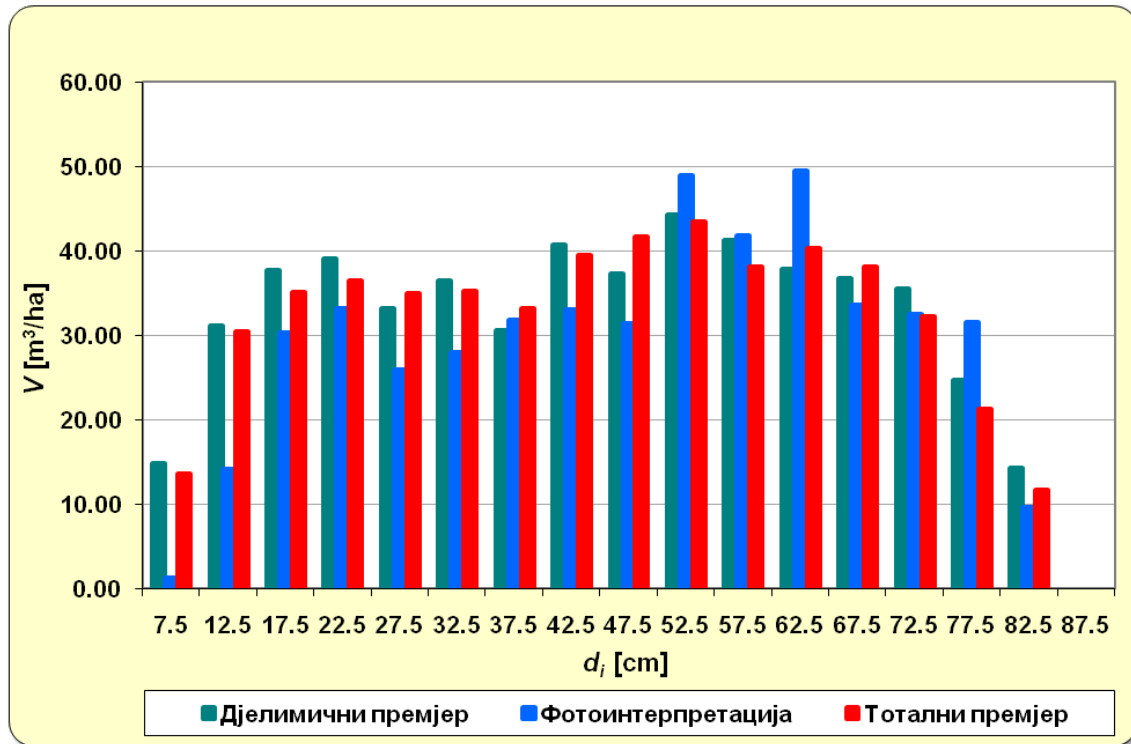
На основу података из табеле 145 и графикана 39 може се закључити да дистрибуција запремине по дебљинским степенима у основи има облик Гаусове криве са аритметичком средином од 44,63 cm и коефицијентом варијације од 45,65%. Ова дистрибуција нема асиметрију ( $\alpha_3 = -0,04$ ), али има екстремно велику разновученост ( $\alpha_4 = 1,92$ ). Наведене констатације односе се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечна запремина састојине добијена тоталним премјером је 524,71 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 535,29 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 476,24 m<sup>3</sup>/ha. Двострука релативна грешка процјене запремине код дјелимичног премјера је 5,51%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,30%.

Добра идентификација стабала јаким димензија у стереомоделу утицала је да су разлике знатно мање него када је у питању број стабала добијен различитим методама премјера.

**Табела 145.** Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 10)

$d$ [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	$V/ha$	$V/ha$	$V/ha$	$\Delta_{d-t}$ [%]	$V/ha$	$\Delta_{f-t}$ [%]
7,5	13,50	14,80	9,60	1,25	-90,77	
12,5	30,36	31,15	2,61	14,10	-53,57	
17,5	35,08	37,70	7,48	30,22	-13,86	
22,5	36,43	39,06	7,23	33,09	-9,18	
27,5	34,93	33,09	-5,25	25,88	-25,90	
32,5	35,25	36,45	3,41	27,97	-20,63	
37,5	33,10	30,57	-7,63	31,81	-3,90	
42,5	39,44	40,74	3,30	33,03	-16,25	
47,5	41,61	37,27	-10,41	31,41	-24,51	
52,5	43,36	44,27	2,09	48,86	12,67	
57,5	38,12	41,25	8,22	41,84	9,76	
62,5	40,22	37,83	-5,93	49,51	23,10	
67,5	38,13	36,72	-3,71	33,63	-11,81	
72,5	32,24	35,52	10,18	32,52	0,86	
77,5	21,27	24,64	15,82	31,51	48,16	
82,5	11,69	14,22	21,68	9,63	-17,59	
$\Sigma$	524,71	535,29	2,02	476,24	-9,24	



Графикон 39. Дистрибуција запремине – упоредни приказ (ОП 10)

Тестирањем разлика у запремини констатовано је да нема статистички значајних разлика између запремина добијених тоталним и дјелимичним премјером али да су статистички значајна одступања овог елемента добијеног на бази фотоинтерпретације аероснимака у односу на терестричке методе премјера (табела 146).

Тестирањем дистрибуција запремине по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

Табела 146. Тестирање разлика запремина – ОП 10

ТЕСТ	$V_{\text{тп}}$	$V_{\text{дп}}$	$s_{\bar{x}} \text{ дп}$	$n_{\text{дп}}$	$V_{\text{фи}}$	$s_{\bar{x}} \text{ фи}$	$n_{\text{фи}}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	524,71	535,29	14,61	42				0,724	2,019
фи - тп	524,71				476,24	14,85	42	-3,265	2,019
фи - дп		535,29	14,61	42	476,24	14,85	42	-2,835	1,990

### Текући запремински прираст састојине

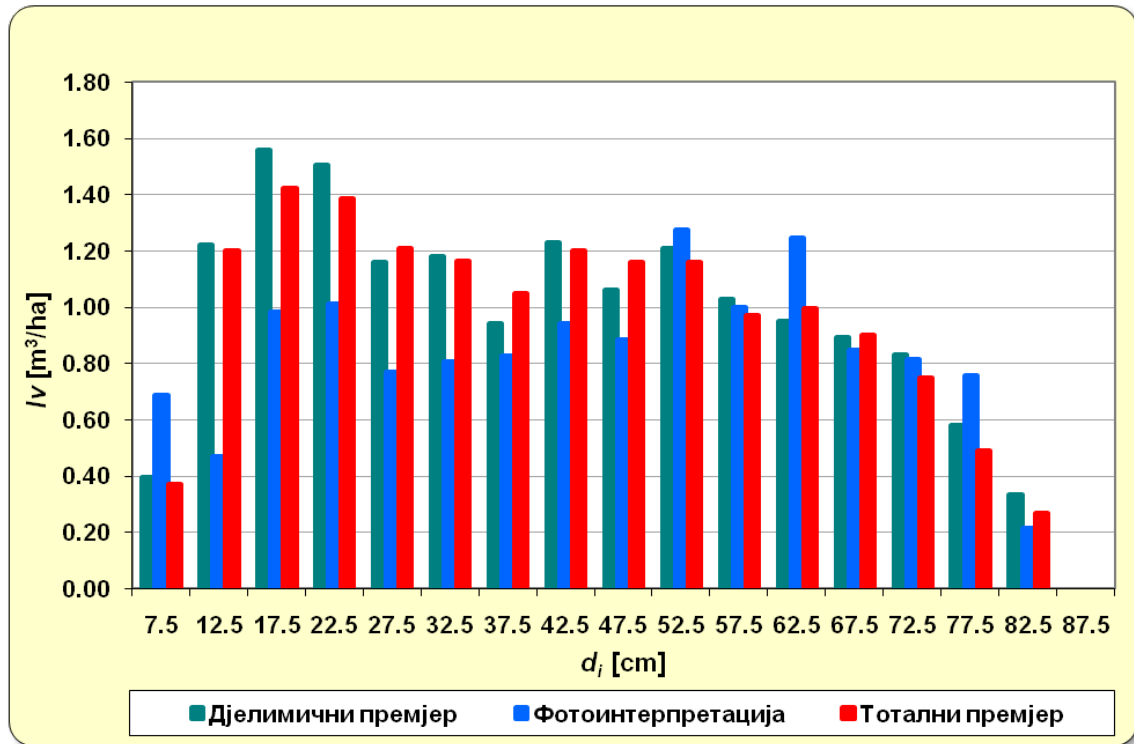
На основу података из табеле 147 и графикана 40 може се закључити да је и дистрибуција текућег запреминског прираста по дебљинским степенима бимодална. Наведена констатација односи се на податке добијене тоталним премјером.

Просјечан текући запремински прираст састојине добијен тоталним премјером је 15,69 m<sup>3</sup>/ha, дјелимичним премјером 16,06 m<sup>3</sup>/ha, а фотоинтерпретацијом аероснимака 13,52 m<sup>3</sup>/ha. Двострука релативна грешка процјене текућег запреминског прираста код дјелимичног премјера је 6,23%, а код фотоинтерпретације аероснимака 6,14%.

**Табела 147.** Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 10)

<i>d</i> [cm]	Тотални премјер		Дјелимични премјер		Фотоинтерпретација	
	<i>I<sub>v</sub></i> /ha	<i>I<sub>v</sub></i> /ha	<i>I<sub>v</sub></i> /ha	Δ <sub>d-t</sub> [%]	<i>I<sub>v</sub></i> /ha	Δ <sub>f-t</sub> [%]
7,5	0,37	0,40	6,47	0,69	84,60	
12,5	1,20	1,22	1,54	0,47	-61,13	
17,5	1,42	1,56	9,42	0,98	-30,97	
22,5	1,38	1,51	8,81	1,01	-27,00	
27,5	1,21	1,16	-4,01	0,77	-36,48	
32,5	1,16	1,18	1,54	0,81	-30,68	
37,5	1,05	0,94	-10,08	0,83	-21,11	
42,5	1,20	1,23	2,24	0,94	-21,60	
47,5	1,16	1,06	-8,61	0,89	-23,64	
52,5	1,16	1,21	4,17	1,27	9,82	
57,5	0,97	1,03	5,77	1,00	2,87	
62,5	1,00	0,95	-4,56	1,25	25,08	
67,5	0,90	0,89	-1,25	0,85	-6,00	
72,5	0,75	0,83	11,05	0,81	8,56	
77,5	0,49	0,58	18,54	0,76	55,03	
82,5	0,27	0,33	24,53	0,22	-19,62	
Σ	15,69	16,06	2,40	13,52	-13,82	

Тестирањем разлика у текућем запреминском прирасту констатовано је да нема статистички значајних разлика између текућег запреминског прираста добијеног тоталним и дјелимичним премјером, али да су статистички значајна одступања овог елемента добијеног на бази фотоинтерпретације аероснимака у односу на терестричке методе премјера (табела 148).



Графикон 40. Дистрибуција текућег запреминског прираста – упоредни приказ (ОП 10)

Табела 148. Тестирање разлика текућег запреминског прираста – ОП 10

ТЕСТ	$Iv_{тп}$	$Iv_{дп}$	$s_{\bar{x}}$ дп	$n_{дп}$	$Iv_{фи}$	$s_{\bar{x}}$ фи	$n_{фи}$	$t$ - изр.	$t$ - крит.
дп - тп	15,69	16,06	0,50	42				0,760	2,019
фи - тп	15,69				13,52	0,41	42	-5,272	2,019
фи - дп		16,06	0,50	42	13,52	0,41	42	-3,952	1,990

Тестирањем дистрибуција запремине по дебљинским степенима (тест Колмогоров-Смирнов) констатовано је да нема статистички значајних разлика између тестираних дистрибуција (прилог 5).

### **7.3. Компаративна анализа економичности тестираних метода премјера**

#### **7.3.1. Анализа времена**

##### **7.3.1.1. Структура радног времена**

Укупно радно вријеме може се подијелити на саставне елементе (Таборшак, 1977; Јовишевић, 2005):

1. Припремно-завршно вријеме,
2. Вријеме израде.

Припремно-завршно вријеме је вријеме потребно за припремање радног мјеста за неки посао и његово уређење након завршеног рада. Односи се на цијелу серију производа.

Вријеме израде је вријеме које се троши на стварни рад. Састоји се од сљедећих времена:

- 2.1. Главно (технолошко) вријеме,
- 2.2. Помоћно вријеме,
- 2.3. Додатно вријеме.

Главно (технолошко) вријеме је вријеме ефективног рада потребно да се изврши промјена облика, димензија или особина предмета рада. Ово вријеме је једино директно корисно па треба настојати да његово учешће у укупном времену буде што веће.

Помоћно вријеме је вријеме потребно за обављање помоћних послова који омогућавају извршење главног (технолошког) времена. Помоћно вријеме треба свести на минимум јер не утиче директно на промјену самог производа у току процеса рада.

Додатно вријеме је вријеме које се троши због дјеловања фактора на које радник не може да утиче. Оно се исказује у процентима од времена израде, а чине га сљедећи коефицијенти (додатна времена): коефицијент замора,

коэффициент дјеловања околине и допунски коэффициент (прописани одмор, физиолошке потребе, организациони губици).

Основне категорије радног времена на пословима прикупљања података приликом инвентуре шума биле би сљедеће:

1. Припремно-завршно вријеме, које обухвата вријеме утрошено на све припремне послове које је потребно обавити како би се рад могао несметано одвијати, као и вријеме утрошено на крају радног дана како би се све вратило у првобитно стање. Припремно вријеме обухвата вријеме од изласка из возила па до почетка самог рада на почетној тачки или центру круга (пут, припрема и контрола исправности инструмената који ће се користити током цијелог радног дана). Завршно вријеме обухвата вријеме спремања инструмената на посљедњем кругу и вријеме потребно за повратак до возила.
2. Главно (технолошко) вријеме, које обухвата вријеме непосредних активности на кругу: премјер пречника, мјерење висина и бушење стабала).
3. Помоћно вријеме, које обухвата времена без којих се главно (технолошко) вријеме не би могло обављати. Оно обухвата: вријеме прелаза са круга на круг, вријеме обиљежавања центра круга, вријеме утрошено на прелаз од стабла до стабла, вријеме потребно за контролу премјера граничних стабала, вријеме лоцирања мјеста са кога ће се мјерити висине стабала итд. У ово вријеме сврстава се и вријеме послуживања радног мјеста, које обухвата вријеме потребно за припрему и контролу исправности инструмената који ће се користити на датом кругу, спремање истих, припремање кесица за извртке и сл.).
4. Додатно вријеме, које обухвата вријеме за предахе, ужину, физиолошке потребе, организационе губитке, као и низ других временских губитака изазваних замором или дјеловањем фактора околине.



Наведена структура радног времена може се у посебне сврхе подијелити и на покрете. Спроведено истраживање не захтијева детаљно рашчлањивање појединих радних операција како би се детаљно приказала структура утрошеног радног времена. Чак су се и поједине радне операције, које припадају различитим категоријама времена, груписале како би се што лакше снимило вријеме за њихово обављање. На примјер, прелаз од стабла до стабла на примјерној површини спада у помоћно, а сам премјер пречника спада у технолошко вријеме. Зато је радна операција избрајање стабала сврстана у главно (технолошко) вријеме, иако у себи садржи елементе помоћног времена.

За потребе овог истраживања регистровано је само оперативно вријеме које чине главно (технолошко) вријеме и помоћно вријеме.

Код дјелимичног премјера главно (технолошко) вријеме обухвата вријеме потребно за обављање сљедећих радних операција: избрајање стабала, мјерење висина и бушење стабала. Помоћно вријеме обухвата вријеме потребно за обављање радних операција: прелаз са круга на круг, обиљежавање центра круга и вријеме послуживања радног мјеста.

Приликом рада у стереомоделу главно (технолошко) вријеме чине времена обављања радних операција векторизације крошњи и пунктирања врхова стабала. Помоћно вријеме чине времена обављања операција:

- Постављање и обројчавање кругова,
- Обројчавање стабала на кругу (њихових врхова),
- Прелаз са круга на круг,
- Експортовање података: *PHOTOMOD* ↔ *AutoCAD Map 3D*.

### **7.3.1.2. Оперативно вријеме**

Утрошак овог времена је у функционалној зависности од станишних и састојинских карактеристика одређеног шумског простора. Добијени резултати морају бити објективан показатељ могућности извршења радних операција на пословима инвентуре шума, јер ће само као такви дати могућност квалитетног планирања ових послова (Ћукović, 2005).

**Табела 149.** Укупно оперативно вријеме [h:m:s]

Огледна површ.	Број кругова	Дјелимични премјер			Фотоинтерпретација			Разлика [%]
		Помоћно вријеме	Главно вријеме	Укупно вријеме	Помоћно вријеме	Главно вријеме	Укупно вријеме	
ОП 1	15	1:18:41	3:47:54	5:06:35	0:31:36	2:44:46	3:16:22	-35,95
ОП 2	16	1:30:57	3:03:43	4:34:40	0:25:20	2:05:48	2:31:08	-44,98
ОП 3	16	1:25:07	2:48:51	4:13:58	0:23:37	1:56:04	2:19:41	-45,00
ОП 4	24	1:43:57	3:34:10	5:18:07	0:32:03	3:47:20	4:19:23	-18,46
ОП 5	28	2:36:32	4:45:40	7:22:12	0:38:38	3:48:12	4:26:50	-39,66
ОП 6	28	2:02:00	5:29:03	7:31:03	0:52:28	4:47:25	5:39:53	-24,65
ОП 7	28	2:33:36	8:51:23	11:24:59	0:40:58	3:50:28	4:31:26	-60,37
ОП 8	28	2:39:46	7:33:33	10:13:19	0:51:36	5:05:16	5:56:52	-41,81

У табели 149 приказани су утрошци оперативног времена приликом дјелимичног премјера и фотоинтерпретације аероснимака огледних површина ОП 1 – ОП 8, као и процентуалне разлике исказане у дијеловима времена потребног за дјелимични премјер. Из табела се види да је утрошак оперативног времена приликом фотоинтерпретације аероснимака за око 20 до 60% мањи него код терестричког (дјелимичног) премјера.

**Табела 150.** Оперативно вријеме потребно за фотоинтерпретацију аероснимака при различитим величинама примјерних површина на ОП 9 и ОП 10 [h:m:s]

Огледна површина	Величина круга		Број стабала на кругу	Помоћно вријеме	Главно вријеме	Укупно вријеме
	r [m]	P [ar]				
ОП 9	17,84	10	34,6	1:55:29	11:18:35	13:14:04
ОП 9	15,00	7,0686	24,5	1:27:13	7:59:40	9:26:53
ОП 9	12,62	5	17,3	1:07:16	5:39:18	6:46:34
ОП 10	17,84	10	48,5	2:32:31	14:14:11	16:46:42
ОП 10	15,00	7,0686	34,3	1:53:20	10:03:47	11:57:07
ОП 10	12,62	5	24,2	1:25:41	7:07:05	8:32:46

Прије саме векторизације крошњи у стереомоделу, одлучено је да на ОП 9 и ОП 10 примјерне аероповршине буду кругови од 10 ари. Ово је изгледало као логична одлука јер се знало да велики број стабала неће бити видљив у стереомоделу. Није се могло ни претпоставити да ће просјечан број стабала на примјерним површинама, видљив у стереомоделу, бити далеко већи од оптималног броја (15 – 25 стабала). На огледној површини 9 просјечно је било 34,6 стабала, а на огледној површини 10 чак 48,5 стабала на примјерној површини (табела 150). Зато је одлучено да се прерачуна утрошак оперативног времена на мање примјерне површине. Одабрани су кругови полупре-

чника 15 m (око 7 ари) и 12,62 m (5 ари). Прерачунавање је извршено уз претпоставку о пропорционалности броја стабала и утрошка оперативног времена на примјерним површинама различите величине. Добијени резултати приказани су у табели 151. Из табеле се види да је утрошак оперативног времена приликом фотоинтерпретације аероснимача и у пребирним састојинама за око 20 до 60% мањи него код терестричког (дјелимичног) премјера.

**Табела 151.** Оперативно вријеме [h:m:s]

Огледна површ.	Дјелимични премјер			Фотоинтерпретација				Разлика [%]
	Помоћно вријеме	Главно вријеме	Укупно вријеме	Круг [m]	Помоћно вријеме	Главно вријеме	Укупно вријеме	
ОП 9	3:11:51	13:00:43	16:12:34	17,84	1:55:29	11:18:35	13:14:04	-18,35
ОП 9	3:11:51	13:00:43	16:12:34	15,00	1:27:13	7:59:40	9:26:53	-41,71
ОП 9	3:11:51	13:00:43	16:12:34	12,62	1:07:16	5:39:18	6:46:34	-58,20
ОП 10	3:10:20	12:29:32	15:39:52	17,84	2:32:31	14:14:11	16:46:42	7,11
ОП 10	3:10:20	12:29:32	15:39:52	15,00	1:53:20	10:03:47	11:57:07	-23,70
ОП 10	3:10:20	12:29:32	15:39:52	12,62	1:25:41	7:07:05	8:32:46	-45,44

У табели 152 дат је приказ утрошка главног (технолошког) времена, исказаног по једном стаблу, код фотоинтерпретације аероснимача. Из табеле се види да је просјечно вријеме векторизације крошњи од 22 до 30 секунде. Због неповољних услова векторизација крошњи на огледној површини 4 трајала је просјечно 37,03 секунде по стаблу. Вријеме које се троши на векторизацију зависи од структурних карактеристика састојине и површине крошњи. Код једнодобних састојина крошње се налазе у једној равни па се много времена не троши на подизање и спуштање маркице у стереомоделу. Крошње веће површине треба векторизовати са више преломних тачака 3D полигона па се на векторизацију троши и више времена.

На пунктирање врхова стабала троши се просјечно 2,20 до 3,60 секунди по стаблу. Из табеле је видљиво да утрошак овог времена зависи од структурних карактеристика састојине. Најмање времена је потребно за пунктирање врхова стабала букве у једнодобним састојинама на огледним површинама 4 и 5 (2,23 и 2,39 секунде по стаблу). Разлог је исти као и код векторизације површина крошњи.

**Табела 152.** Главно вријеме исказано по стаблу код фотоинтерпретације снимака

Огледна површина	Број кругова	Просјечан број стабала на кругу	Векторизација крошњи [s/стабло]	Пунктирање врхова стабала [s/стабло]
ОП 1	15	24,7	23,09	3,56
ОП 2	16	16,6	25,43	3,06
ОП 3	16	15,1	26,16	2,73
ОП 4	24	14,4	37,03	2,39
ОП 5	28	15,1	30,13	2,23
ОП 6	28	22,1	25,14	2,72
ОП 7	28	15,3	29,13	3,10
ОП 8	28	21,6	27,27	3,00
ОП 9	42	34,6	24,76	3,22
ОП 10	42	48,5	22,21	2,96

### 7.3.2. Употребљивост тестираних метода премјера

Да би се утврдила употребљивост дјелимичног премјера и фотоинтерпретације аероснимака, потребно је одредити величине узорка код којих се остварује тражена прецизност процјене. Најједноставнији начин за одређивање минимално потребне величине узорка је помоћу формуле за планирање једноставног случајног узорка:

$$n = \frac{t^2 \cdot (CV)^2}{(p_{m\bar{x}})^2}, \quad (9)$$

гдје је:

$n$  – минимално потребан број примјерних површина,

$t$  – коефицијент поузданости ( $t = 2$ ),

$CV$  – коефицијент варијације таксационог елемента, најчешће запремине,

$p_{m\bar{x}}$  – тражена прецизност процјене таксационог елемента ( $\pm 10\%$ ).

Вријеме потребно за премјер овог узорка одређено је уз претпоставку о пропорционалности величине узорка и утрошка оперативног времена за премјер.

На основу резултата из табеле 153 може се закључити да је само на огледним површинама 4 и 10 већа употребљивост дјелимичног премјера у односу на фотоинтерпретацију аероснимака. Овај закључак треба узети са резервом јер се огледна површина 4 у стереомоделу налази на врло неповољном мјесту, тако да су упитни добијени резултати фотоинтерпретације

аероснимака ове огледне површине. Употребљивост фотоинтерпретације аероснимака огледних површина у пребирним састојинама исто тако није најмјеродавнија, јер су употријебљене примјерне површине од 10 ари на којима је било и преко 60 стабала. Да су коришћени мањи кругови (кругови од 7 или 5 ари), утрошак времена био би значајно мањи, што се не би могло рећи и за потребну величину узорка код кога се остварује тражена прецизност процјене. Вјероватно би и на огледним површинама у пребирним шумама употребљивост фотоинтерпретације била већа од употребљивости дјелимичног премјера. У прилог овој констатацији иде и чињеница да је и са примјерним површинама од 10 ари на огледној површини 9 већа употребљивост фотоинтерпретације него терестричког (дјелимичног) премјера.

**Табела 153.** Релативна употребљивост тестираних метода премјера

Огледна површина	Дјелимични премјер			Фотоинтерпретација			U <sub>r</sub>
	CV <sub>1</sub> [%]	n <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> [h:m:s]	CV <sub>2</sub> [%]	n <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> [h:m:s]	
ОП 1	16,87	12	4:05:16	16,68	12	2:37:06	1,5970
ОП 2	25,76	27	7:43:30	19,23	15	2:21:41	3,2613
ОП 3	20,25	17	4:29:50	22,87	21	3:03:20	1,4254
ОП 4	18,18	14	3:05:34	21,15	18	3:14:32	0,9062
ОП 5	18,51	14	3:41:06	16,01	11	1:44:50	2,2151
ОП 6	22,17	20	5:22:11	20,88	18	3:38:30	1,4961
ОП 7	22,85	21	8:33:44	21,78	19	3:04:11	2,7777
ОП 8	18,43	14	5:06:40	20,36	17	3:36:40	1,4083
ОП 9	22,08	20	7:43:08	24,11	23	7:14:51	1,0272
ОП 10	17,69	13	4:50:55	20,20	17	6:47:28	0,7160

## 8. ДИСКУСИЈА

Већина нумеричких елемената стабла и састојине не може се измјерити на аероснимцима (Van Laar, Акса, 2007). Да би се добиле информације о њима, потребно је израдити моделе помоћу којих би се, на основу елемената видљивих у стереомоделу, могли довољно прецизно процијенити. Постоји више методолошких приступа у изради ових модела. Најчешће се користе статистички регресиони модели, непараметарски k-NN и k-MSN модели, модели засновани на вјештачким неуронским мрежама итд. У овим истраживањима за процјену елемената који се не могу прецизно мјерити у стереомоделима, а који су неопходни за даља израчунавања и анализе у инвентури шума, коришћени су вишеструки регресиони модели.

Улазне, независно промјењиве величине у регресионим моделима (величине које се могу дешифровати на снимку), могу бити елементи стабла (висина и пречник, односно површина крошње) или састојинске карактеристике (склоп или број стабала по јединици површине). Као корекциони фактори добијених величина могу послужити елементи станишта (експозиција и нагиб терена) и елементи који се односе на аероснимке (дио снимка на коме се налази посматрани објекат и његова изложеност према линији лета летјелице која је обавила аероснимање).

Поједини аутори сматрају да склоп састојине није пожељно користити као улаз у регресионе моделе јер се мијења током развоја састојине (Томашеговић, 1986; Јанић, 1989). Боље је говорити о склопљености састојина као основи за стратификацију. Проучавајући динамике ширења крошњи Нрен (1968, 1980) закључује да су крошње лишћарских врста дрвећа много експанзивније од крошњи четинарских врста.

Процент моделних стабала видљивих у стереомоделу, чије су нумеричке карактеристике коришћене за израду регресионих модела, кретао се између 85,12 и 98,89% у једнодобним састојинама, између 82,19 и 93,33% у разнодобним састојинама и између 75,41 и 92,22% код пребирних састојина. Моделна стабла тањих дебљинских класа знатно су слабије идентификована од

стабала дебљих класа (процент идентификације стабала јеле, која се налазе у доњем спрату двоспратне мјешовите састојине букве и јеле, био је само 5,41%).

Тачност одређивања броја стабала у стереомоделу већа од 50% утврђена је само на огледним површинама у вјештачки подигнутим састојинама и на огледној површини разријеђене састојине. На огледним површинама у пребирним састојинама, с обзиром на њихову вертикалну слојевитост, ова тачност није ни одређивана. Низак проценат тачности одређивања броја стабала у стереомоделима искључује овај елемент као независно промјењиву величину у регресионим моделима. Ову констатацију потврђују и истраживања других аутора.

Kušan (1991) сматра да се број стабала може поуздано одредити једино у средњедобним, старијим и у ријетким састојинама. Тачност одређивања броја стабала, према овом аутору, зависи од неколико параметара:

- Елемената састојине (старост, структура, просторни распоред стабала),
- Топографских елемената простора,
- Елемената везаних за саме аероснимке.

Најнесигурнији елемент који се може утврдити на аероснимцима је управо број стабала. Kostijal (1986) и Naeset (1996) фотоинтерпретацијом аероснимака закључују да се разлика између видљивог и укупног (стварног) броја стабала налази у интервалу од 5 до 38%, односно да је број стабала потцијењен за 5 до 47%, што је у границама резултата добијених овим истраживањима.

Препознавање стабала главни је фокус на пољу аутоматске или полу-аутоматске обраде података аероснимања или ласерског скенирања. Многи алгоритми векторизације (делинеације) крошњи стабала захтијевају скуп пиксела за покретање процеса сегментације слике. Аутоматизација може да се постигне и слагањем пиксела дигиталног модела површине (DSM), добијеног стереометријским преклапањем аероснимака и до 90%, при чему се формирају блокови (поклапање пиксела истих просторних координата на

свим аероснимцима у блоку). Идентификација стабала била је на нивоу од 70%, што је релативно висок проценат који знатно надилази резултате ових истраживања (Hirschmugl et al., 2007).

Maltamo et al. (2004), на основу ласерског скенирања мјешовитих борелних шума смрче, бијелог бора и брезе, идентификовали су 39,5% стабала, односно 83% доминантних стабала.

Ласерским скенирањем са густином од око 25 тачака/ $m^2$ , у Националном парку „Баварска шума”, проценат детекције четинара био је 61%, а лишћара 44% (Reitberger, 2007).

На основу статистичке обраде података добијених ласерским скенирањем мјешовитих монтаних шума Националног парка „Баварска шума” добијена је грешка процјене броја стабала по хектару од 60% (Heurich, Thoma, 2008).

Ако се изузму резултати истраживања Hirschmugl et al. (2007), у већини случајева проценат детекције броја стабала, на основу података добијених ласерским скенирањем, био је у границама ових истраживања.

Тестирање разлика између површина хоризонталних пројекција крошњи моделних стабала, добијених терестричким премјером и векторизацијом у стереомоделима, показало је да су разлике статистички значајне. Површине хоризонталних пројекција крошњи моделних стабала, измјерене у стереомоделу, у највећем броју случаја мање су од оних које су утврђене терестричким премјером. Ову констатацију потврђују резултати ранијих истраживања (Janić, 1989; Venko, 1995). Да би се површине крошњи могле користити као улаз у регресионе моделе, извршена је њихова корекција. Множењем површине крошње, измерене у стереомоделу, са корективним фактором добијена је површина много ближа површини мјереној на терену, односно вјероватније тачној вриједности.

Тестирање разлика између висина моделних стабала, добијених терестричким премјером и пунктирањем у стереомоделима, показало је да су разлике статистички случајне. Тестирање је извршено при вјероватноћи од 95% и  $(n - 1)$  степена слободe. Дакле, висине стабала, измјерене у стерео-



моделу, могу се директно користити као улази у регресионе моделе. Мјерење висина у стереомоделу извршено је након израде дигиталних модела терена који су направљени прикупљањем података у стереомоделу као и додатним мјерењима на терену. DTM-ови су уређени помоћу неправилне мреже троуглова: TIN – модел (Pernar, 1996). Мјерење висина стабала у стереомоделу своди се на пунктирање врхова стабала. Висинска разлика двије тачке истих координата (x, y), које представљају врх и подножје стабла, даје висину стабла.

Просјечне разлике у висинама моделних стабала, мјерених у стереомоделу и на терену, биле су у интервалу од -0,52 до +0,55%. Максималне разлике налазе се у интервалу од -5,00 до +4,87% за четинарске и од -6,96 до +6,91% за лишћарске врсте дрвећа.

Kalafadžić i Horvatić (1976) сматрају да се максимална грешка приликом мјерења висине у стереомоделима налази у интервалу од  $\pm 2$  m, просјечно  $\pm 1,6$  m.

Фотограметријски мјерене висине моделних стабала ниже су за 0,29 m од висина мјерених терестрички (Janić, 1989).

Све висине стабала мјерене у стереомоделу веће су за око 1 m (5%) од висина мјерених на терену (Benko, 1995).

Seletković et al. (2016) испитују тачност фотограметријске процјене средње састојинске висине, одвојено по врстама дрвећа, у мјешовитим састојинама храста китњака, букве и обичног граба. У раду су коришћени дигитални стереоснимци просторне резолуције 30 cm и израђени дигитални модели терена (DTM). За посматране врсте дрвећа добијена су веома слична одступања фотограметријски процијењених висина у односу на вриједности добијене терестричким премјером. Најтачнији резултати добијени су за граб ( $\Delta = -1,97\%$ ), а нешто слабији за букву ( $\Delta = 2,16\%$ ) и храст китњак ( $\Delta = 3,06\%$ ).

Magnusson et al. (2007) мјерењем висине у стереомоделу аероснимака просторне резолуције 0,48 m констатују да су висине процијењене са просјечном грешком од 1,4 m.

Разлике у висинама стабала измјерених на терену и у стереомоделу, до којих су дошли наведени аутори, налазе се унутар варијационе ширине мјерених висина у овим истраживањима. Као што се и очекивало, утврђивање висине стабала много је тачније од утврђивања ширине, односно површине крошње (Popescu et al., 2003).

Резултати првих ласерских скенирања на простору Пенсилваније показали су да гушћи склоп утиче на пенетрацијске способности ласерског импулса. Висине стабала добијене фотоинтерпретацијом аероснимача разликовале су се за мање од 1 m од висина добијених ласерским скенирањем (Nelson et al., 1984).

Систематско потцјењивање висине стабала приликом ласерског скенирања констатовали су многи аутори: Naeset (1997, 2004, 2007), Neurich et al. (2004), Holmgren (2004), Maltamo et al. (2004). Величина ових одступања, у највећем броју случаја, варира између -0,30 и -1,30 m, односно до -5%. Основни разлог за систематско потцјењивање висина је мала густина ласерских зрака, тако да је и мала вјероватноћа да ће се емитовани ласерски зрак одбити од самог врха терминалног избојка. Hirata (2004), према Neurich et al. (2008), наводи да густина ласерских зрака мања од 5 тачака/m<sup>2</sup> доводи до значајног потцјењивања мјерених висина.

Kobler i Zafran, (2006) на основу својих истраживања закључују да су резултати мјерења висина ласерским скенирањем оптерећени систематском грешком. Код лишћара висине су за 0,81 m, а код четинара за 0,61 m мање од стварних висина.

Да би се у овим истраживањима одредили структурни елементи састојине (темељница, запремина, запремински прираст) направљени су регресиони модели у којима се као независно промјењиве величине користе површина крошње и висина стабла. Иако је пречник крошње погоднији елемент за ове моделе (Томашеговић, 1956; Pranjić, 1963, 1965; Benko, 1995; Dubravac, 1999, 2003), изабрана је површина крошње зато што се она директно одређује векторизацијом у стереомоделу.

Вишеструки регресиони модели израђени су на основу података добијених премјером моделних стабала на терену. Кориговани коефицијенти вишеструке детерминације модела за процјену прских пречника имају вриједности од 0,86 до 0,97, са стандардним грешкама од 2,57 до 5,30 см.

Могућност процјене структурних елемената састојине, на основу статистичке обраде података добијених ласерским скенирањем, истраживана је у мјешовитим монтаним шумама Националног парка „Баварска шума”. Стратификацијом на лишћарске, четинарске и мјешовите стратуме могу се добити задовољавајући резултати на нивоу састојине. Најмања грешка добијена је за процјену висина (5%), затим прских пречника (10%), запремине (11%) и темељнице састојине (15%) (Heurich, Thoma, 2008).

Код двоулазних регресионих модела најбољу процјену нумеричких елемената даје модел који као улазе користи висину стабла у комбинацији са пречником или површином крошње (Benko, 1995).

Поредећи прсне пречнике добијене на основу регресионих модела, на бази ширине крошњи и висина стабала, са прским пречницима добијеним терестричким премјером, Јанић (1989) констатује да разлике нису статистички значајне. Коефицијент детерминације овог регресионог модела био је 0,98, са стандардном грешком регресије од 3,9 см. Подаци су прикупљени у смрчевим шумама на Копаонику.

Balenović et al. (2012) истражују односе прских пречника (зависно промјенљиве) и ширина крошњи, површина крошњи и висина стабала (независно промјенљивих) већег броја врста дрвећа. Коефицијенти детерминације добијених модела били су већи од 0,76.

Kušan i Pernar, (2001/b), процјењујући прсни пречник на основу ширине крошње и висине стабла, добијају сљедеће вриједности коефицијената детерминације: буква 0,70 – 0,96; јела 0,86 – 0,96 и смрча 0,79 – 0,97.

Zagalikis et al. (2005) истражују моделе за процјену прских пречника стабала у вјештачки подигнутим састојинама ситканске смрче. Користећи функцију  $d = a_0 + a_1 \cdot P_k + a_2 \cdot h$  добијен је коефицијент детерминације од 0,787 са стандардном грешком регресије од 2,67 см.

Као што се види, разлике у коефицијентима детерминације регресионих модела зависности прских пречника од ширине крошњи и висине стабала, до којих су дошли наведени аутори, не разликују се много од коригованих коефицијената вишеструке детерминације до којих се дошло у овим истраживањима.

Кориговани коефицијенти вишеструке детерминације регресионих модела за процјену текућег дебљинског прираста имају вриједности од 0,20 до 0,72, са стандардним грешкама регресије од 0,96 до 1,97 mm. Из доступне литературе нису пронађена истраживања статистичке зависности текућег дебљинског прираста појединачних стабала од елемената мјерљивих на аероснимцима. Један од могућих разлога је што се знало да је однос текућег дебљинског прираста и прских пречника много варијабилнији од односа прских пречника и висина стабала па се није очекивала већа апликативна вриједност од добијених регресионих модела. На основу ових истраживања заиста је утврђено да регресиони модели овог типа објашњавају веома мало варијабилности текућег дебљинског прираста. У том смислу, свакако је боље запремински прираст састојине одређивати на бази два узастопна аеро-премјера, него по методама који се базирају на дебљинском прирасту.

Омјер смјесе, изражен преко учешћа броја стабала различитих врста дрвећа, добијен на бази аероснимака, веома је сличан омјеру смјесе добијеном терестричким премјером. Максимална разлика износи 2%. Ово упућује на закључак да идентификација врста дрвећа у истраживаним типовима шума не представља проблем приликом фотоинтерпретације аероснимака. Ипак, у инвентури шума ову констатацију не треба посматрати изоловано од мале успјешности идентификације броја стабала на снимцима, посебно у доњим етажама структурно хетерогених састојинских форми, какве су разнодобне и пребирне шуме.

Алгоритми за аутоматско одређивање врсте дрвећа младих биљака старости 6 година, код просторне резолуције од 5 cm, имају тачност и до 91%. Код резолуције од 30 cm резултати нису задовољавајући. Алгоритми за аутоматску векторизацију крошњи дају знатно слабије резултате. Тачност де-

терминације старијих стабала четинарских врста дрвећа, идеално позиционираних на аероснимцима, може бити и до 89%. Мануелна детерминација врста дрвећа незнатно превазилази аутоматску. Најбољи приступ може бити њихова комбинација, јер би се оптимизовало утрошено вријеме и постигла највећа могућа тачност. Код пет различитих четинара тачност идентификације врста дрвећа била је просјечно 72%. Тачност се може повећати на 76% ако се претходно уради канонска корелациона анализа (Gougeon, 1995; Pouliot et al., 2002).

До сличних резултата дошли су и Leckie et al. (2003, 2005), Erikson (2004), Holmgren & Persson (2004), Heurich (2008), Ørka et al. (2009), Vauhkonen et al. (2010), Waser et al. (2011), Ørka et al. (2014), Akerblom et al. (2017).

Нешто лошије резултате детерминације врста дрвећа у хетерогеним бореалним шумама, на основу података ласерског скенирања, забиљежили су Ene et al. (2012).

Прво експериментално коришћење ласерског скенирања у Скандинавији било је 1991. године. С обзиром да се показало као бољи метод у односу на тадашња аерофотограметријска рјешења, ласерско скенирање је почетком овог миленијума уведено у оперативну употребу (Naesset, 2004). Оперативна употреба LiDAR-а у централној Европи остаје у фази експерименталних истраживања (Latifi et al., 2015).

„Иако постоји доста истраживања о упораби LiDAR-а за одређивање 'шумарских параметара', она као објекат истраживања већином имају старије састојине, шуме или плантаже, односно подручја с једноличнијом састојинском структуром. Исто тако, много је више истраживања спроведено на четињачама него на листачама, а особито нису проведена на мјешовитим састојинама листача. Примарни разлог је што у овим истраживањима предњаче скандинавске земље, сјеверни дио САД и Канада, чији шумски екосустави имају једноличније структуре и већих су површина чиме су прикладније за упорабу метода даљинских истраживања” (Berta, 2017).

Ово су основни разлози зашто нису поређене структурне карактеристике састојина добијене овим истраживањима са подацима добијеним на основу ласерског скенирања.

Основне предности ласерског скенирања су што оно не зависи од временских прилика, не смета му магла, сјена, вегетација и што може да се спроводи 365 дана у години. У средњој Европи у току једне године за аероснимања на располагању се има око 300 сати. То је око 120 летова годишње по авиону (Kraus, 2005).

Kangas, Maltamo (2006) сматрају да је ласерско скенирање једини метод даљинске детекције који задовољава услове високе тачности информација у састојинској инвентури шума.

Међутим, подаци добијени ласерским скенирањем не могу пружити задовољавајуће податке о врстама дрвећа и здравственом стању, а анализа мултиспектралних слика у то вријеме није давала довољно квалитетне податке о висини стабала и површини крошњи. Стога комбинација ласерског скенирања и мултиспектралних снимака може пружити веома корисна рјешења примјењива у инвентури шума.

Моделовање структурних елемената на основу хиперспектралних *НуМар* и ласерским скенирањем добијених података показује да су најквалитетније информације добијене ласерским скенирањем и да мјерни подаци *НуМар* јако мало заостају за њима. Комбинована употреба ових извора података представља најквалитетније рјешење (Latifi et al., 2012).

Процјене запремине на основу ласерског скенирања и стерео-аерофотограметријских снимака показале су да ласерско скенирање даје нешто прецизније резултате и да вишеструка регресија даје најбољу процјену параметара у поређењу са непараметарским методом *k*-најближих сусједа (*k*-NN) и методом векторске подршке (Ullah et al., 2015).

Ласерско скенирање је најбољи избор за процјену структурних елемената. Међутим, његово ажурурање је доста скупо, па комбиновање стерео-аерофотограметријских снимака са постојећим ДТМ-ом пружа довољно

квалитетну опцију за процјену висина и осталих структурних елемената (Ulah et al., 2017).

Поређењем резултата добијених ласерским скенирањем (LiDAR), радаром са синтетичком апертуром (SAR) и радаром са интерферометријском синтетичком апертуром (InSAR) показало је да се најпрецизнији резултати добијају са ласерским скенирањем и да увођење InSAR радарског снимања незнатно повећава прецизност ласерског снимања (Hyde et al., 2007; Nelson et al., 2007).

Комбиновање више метода даљинске детекције у оперативној употреби мора позитивно да одговори на питање економичности те одлуке. Ако би се поред ласерског скенирања користили и мултиспектрални аероснимци или радарско снимање, што би највјероватније довело до повећања коефицијента детерминације, али и до значајног повећања трошкова, добијени резултати морали би оправдати доношење такве одлуке.

Развој дигиталних фотоапарата и фотограметријских софтвера уводи аерофотограметријска мјерења као нови извор података у планирање газдовања и управљање шумама. Поређења резултата фотоинтерпретације панхроматских стерео-аерофотограметријских снимака, просторне резолуције 17 cm, и ласерског скенирања густоће 7,4 тачака/m<sup>2</sup> извршено је премјером 63 огледне површине у бореалној шуми југоисточне Норвешке. Коришћен је DTM израђен из података ласерског скенирања. Прецизнији резултати премјера висина у младим и зрелим састојинама на лошијим стаништима добијени су на основу фотоинтерпретације аероснимака. За све остале структурне елементa прецизнији резултати добијени су ласерским скенирањем. Разлике нису биле статистички значајне (Gobakken et al., 2015).

Ласерско скенирање из ваздуха (ALS) је главна метода прикупљања података за планирање газдовања и управљање шумама у скандинавским земљама већ више од 15 година. Поређењем укупне цијене коштања процјене структурних елемената на основу фотоинтерпретације аероснимака и ласерског скенирања, помоћу анализе цијена и губитака, закључено је да фотоинтерпретација аероснимака изискује дупло веће трошкове од ласерског скенирања. Истраживањем на двије локације у Норвешкој утврђено је да

цијена инвентуре и губици у нето садашњој вриједности за фотоинтерпретацију износе 56,40 и 51,80 €/ha, а за ласерско скенирање 24,80 и 24,70 €/ha. Цијена фотограметријског аеропремјера била је релативно ниска (5,53 €/ha), а ласерског скенирања релативно висока (11,39 €/ha). Губици настали доношењем лоших одлука приликом управљања шумама на основу погрешних података били су релативно високи за фотоинтерпретацију аероснимака (46,30 – 50,90 €/ha), а релативно ниски за ласерско скенирање (13,30 – 13,40 €/ha) (Eid et al., 2004).

Ово су основни разлози зашто је почетком овог миленијума ласерско скенирање било перспективније од других метода даљинске детекције.

На основу посљедњих истраживања дошло се до сазнања да су резултати добијени помоћу дигиталне аерофотограметрије (DAP) незнатно лошији од резултата ласерског скенирања, уз знатно ниже трошкове аероснимања. Дакле, треба утврдити јесу ли тачнији и прецизнији подаци ласерског скенирања вриједни виших трошкова које носи овакво прикупљања података. У анализи **цијена-плус-губитак** обрачунава се квалитет добијених података, исказан у новцу, утврђивањем губитака због погрешних одлука у планирању газдовања и управљању шумама насталих на основу недовољно тачних информација. Ови трошкови се додају цијени инвентуре. Ако би се подаци премјера користили само у првих пет година, укупни трошкови аерофотограметријског премјера (33,31 €/ha) били би за 1,26 €/ha нижи од трошкова ласерског скенирања (34,57 €/ha). Ако би се подаци користили 10 година, укупни трошкови DAP (52,15 €/ha) били би за 1,13 €/ha виши од ALS (51,02 €/ha). На темељу ове анализе, ако се подаци користе до 10 година, нема разлога за коришћење скупљих ALS података јер су подаци DAP једнако употребљиви. Ако се подаци користе 15 и више година ALS се показао као боље рјешење (Kangas et al. 2018).

У овим истраживањима утрошак оперативног времена у једнодобним и разнодобним састојинама приликом фотоинтерпретације аероснимака је за 20 до 60% мањи него код терестричког дјелимичног премера. Да су у пребирним састојинама постављени мањи кругови (5 или 7 ари), утрошак



оперативног времена код њихове фотоинтерпретације био би мањи за исти проценат као и у једнодобним и разnodобним састојинама.

На основу спроведених анализа може се закључити да је само на огледним површинама 4 и 10 већа употребљивост терестричког дјелимичног премјера у односу на фотоинтерпретацију аероснимака. Овај закључак треба узети са резервом јер се огледна површина 4 налази на неповољном мјесту у стереомоделу, тако да су упитни резултати фотоинтерпретације аероснимака ове огледне површине.

Употребом панхроматских аероснимака са просторном резолуцијом од 30 cm резултати се значајно поправљају ако се користи централни дио снимка између 6,28 и 11,38° (Leboeuf, Fournier, 2013).

Да су на огледној површини 10 коришћени мањи кругови за фотоинтерпретацију (5 или 7 ари) вјероватно би и на њој већу употребљивост имала фотоинтерпретација аероснимака.

Када је у питању однос аеро и терестричког премјера, Јанић (1989), Корговица и Јовић (2009), Рантић et al. (2012) сматрају да је јефтинији аеропремјер од терестричког премјера.

Фотоинтерпретацијска истраживања, у односу на стандардна терестричка истраживања, остварују приближно 60% уштеде у времену и новцу (Vukelić, 1985) према (Benko, 1995). На основу властитих истраживања Benko (1995) закључује да утрошак времена на фотопремјер износи 44% од времена утрошеног на терестрички премјер.

Као што се види, ови утрошци времена одговарају утрошку оперативног времена у овим истраживањима.

Анализирајући поузданост фотоинтерпретације појединих елемената стабала, карактер и квалитет регресионих модела за процјену елемената стабла који се не могу читати са снимка, величину и значајност разлика између структурних елемената и њихових дистрибуција добијених по тестираним методама премјера, као и њихову економичност, намеће се закључак да је комбинована инвентура оптимално рјешење за састојинску инвентуру шума Републике Српске. На терену би се прикупили само они подаци који се

не могу квалитетно интерпретирати на аероснимцима (поријекло, квалитет стабала, бројност и стање подмлатка, премјер стабала тањих дебљинских класа итд). На тај начин би се спојиле добре особине дјелимичног премјера (прецизност) и фотоинтерпретације аероснимака (економичност).

До истих закључака о значају и могућности примјене комбиноване инвентуре у обезбјеђивању података за оперативно планирање у шумарству Србије дошли су у својим истраживањима и Banković, Pantić (2006), Borota (2011), Pantić et al. (2012).

## 9. ЗАКЉУЧЦИ

Закључци до којих се дошло анализирањем резултата истраживања су бројни и имају неспоран научни и практични значај, а гласе:

1. Површине хоризонталних пројекција крошњи моделних стабала, утврђене у стереомоделу, у највећем броју случаја су мање од оних које су добијене на основу терестричких мјерења (разлике су статистички значајне). Да би се површине крошњи могле употријебити као независно промјењива величина у моделима за процјену прсног пречника и дебљинског прираста стабала, нужна је корекција величина утврђених у стереомоделу, након чега се добијају вриједности знатно ближе терестричким подацима, односно вјероватније тачним величинама.
2. Разлике у висинама моделних стабала измјерених на терену и у стереомоделу крећу се у интервалу  $\pm 5\%$  за четинаре и  $\pm 7\%$  за лишћаре, са аритметичким срединама између  $-0,52$  и  $+0,55\%$ . Статистички су случајног карактера, те се висине стабала могу директно користити као независно промјењива величина у регресионим моделима.
3. Тачност одређивања броја стабала у чијем окружењу су расла и развијала се моделна стабла био је између  $19$  и  $62\%$ . Овако мали проценат утврђивања броја стабала у стереомоделу искључује овај елемент као могућу независно промјењиву величину у регресионим моделима.
4. Разлике у броју стабала добијеног дјелимичним и тоталним премјером огледних површина (мјера тачности) крећу се у интервалу од  $-3,25$  до  $+11,08\%$ , а добијеног фотоинтерпретацијом аероснимака и тоталним премјером од  $0,67$  до  $10,80\%$  за једнодобне састојине, од  $-44,96$  до  $-18,74\%$  за разnodобне састојине и од  $-56,90$  до  $-56,41\%$  за пребирне састојине.
5. Двострука релативна грешка процјене броја стабала код дјелимичног премјера (мјера прецизности) је између  $9,49$  и  $22,67\%$ , а код фотоинтерпретације аероснимака од  $8,36$  до  $19,05\%$  (једнодобне састојине), од  $8,21$  до  $14,39\%$  (разnodобне састојине) и од  $6,28$  до  $6,52\%$  (пребирне састојине). Разлог зашто је код фотоинтерпретације аероснимака у пребирним састојинама прецизнија процјена броја стабала него у једнодобним и разnodобним састојинама налази се у величини узорка. У једнодобним састојинама налази се у величини узорка. У једнодобним састојинама налази се у величини узорка.

- јинама постављено је од 15 до 24 примјерних аероповршина, у разнодобним по 28, а у пребирним састојинама по 42 примјерне аероповршине. Дакле, ради се о прецизној инвентури која није тачна (Pranjić, 1987).
6. Разлике између темељница састојина, добијених дјелимичним и тоталним премјером огледних површина, налазе се у интервалу од -3,73 до +8,63%, а добијених фотоинтерпретацијом аероснимака и тоталним премјером у интервалу од -6,59 до +10,96% (једнодобне састојине), од -4,80 до -1,18% (разнодобне састојине) и од -17,48 до -9,50% (пребирне састојине).
  7. Разлике у запремини састојина, добијених терестричким методама премјера огледних површина, налазе се у интервалу од -4,15 до +8,52%, док су разлике између запремина добијених фотоинтерпретацијом аероснимака и тоталним премјером у интервалу од -6,74 до +12,20% код једнодобних састојине, од -3,87 до -0,64% код разнодобних састојина и од -9,24 до -3,91% код пребирних састојина.
  8. Двострука релативна грешка процјене запремине дјелимичним премјером је између 5,51 и 13,73%, а фотоинтерпретацијом аероснимака од 6,21 до 12,18% (једнодобне састојине), од 7,90 до 8,45% (разнодобне састојине) и од 6,30 до 7,51% (пребирне састојине).
  9. Разлике у текућем запреминском прирасту, који је утврђен дјелимичним и тоталним премјером огледних површина, налазе се у интервалу од -1,29 до +11,53%, а између фотоинтерпретације аероснимака и тоталног премера од -4,00 до +11,27% (једнодобне састојине), од -8,38% до +1,30% (разнодобне састојине) и од -13,82 до +3,58% (пребирне састојине).
  10. Велике разлике у броју стабала код разнодобних а посебно пребирних састојина, добијене на основу аероснимака и терестричким методама премјера састојина, нису се рефлектовале у истом износу на остале елементе (темељницу, запремину и прираст запремине). За разлику од стабала мањих димензија, која заузимају доње етаже ових састојина и која су невидљива на аероснимцима, стабла јаким димензија су добро идентификована. Управо ова стабла су носиоци запремине, темељнице и прираста у састојинама наведених структурних облика, што је за посљедицу имало мање разлике ових елемената добијених на снимцима у односу на терестричке вриједности.
  11. У једнодобним и разнодобним састојинама утрошак оперативног времена приликом фотоинтерпретације аероснимака је за 20 до 60% мањи него код

дјелимичног премјера. Да су у пребирним састојинама постављени мањи аерокругови (5 или 7 ари), утрошак оперативног времена код фотоинтерпретације био би мањи за исти проценат као и у једнодобним и разnodобним састојинама. Како су постављени кругови од 10 ари, утрошак оперативног времена приликом фотоинтерпретације био је мањи за 18% (ОП 9), и већи за 7% (ОП 10) него код дјелимичног премјера.

12. Само на огледним површинама 4 и 10 економичнији је дјелимични премјер у односу на фотоинтерпретацију аероснимака. Овај закључак треба узети с резервом јер се огледна површина 4 налази на неповољном мјесту у стереомоделу, тако да су упитни резултати фотоинтерпретације аероснимака ове огледне површине. Да су на огледној површини 10 коришћени мањи аерокругови за фотоинтерпретацију (5 или 7 ари) вјероватно би и на њој већу употребљивост имала фотоинтерпретација аероснимака.
13. Приликом планирања аероснимања потребна је сарадња стручњака геодетске и шумарске струке како би се избјегли проблеми који могу настати погрешним дефинисањем плана лета.
14. Проучавања могућности примјене метода даљинске детекције треба наставити јер се само на тај начин могу остварити постављени циљеви овог истраживања.

## LITERATURA

1. Akerblom, M., Raunonen, P., Mäkipää, R., Kaasalainen, M. (2017): *Automatic tree species recognition with quantitative structure models*. Remote Sensing of Environment, 191: 1-12.
2. Balenović, I., Marjanović, H., Benko, M. (2010): *Primjena aerosnimaka u uređivanju šuma u Hrvatskoj*. Šumarski list, CXXXIV (11-12): 623-631, Zagreb.
3. Balenović, I. (2011): *Mogućnost primjene digitalnih aerofotogrametrijskih snimaka različitih prostornih rezolucija u uređivanju šuma (doktorska disertacija)*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
4. Balenović, I., Seletković, A., Pernar, R., Marjanović, H. (2011): *Digital Photogrammetry – State of the Art and Potential for Application in Forest Management in Croatia*. SEEFOR, 2 (2): 81-93.
5. Balenović, I., Seletković, A., Pernar, R., Ostrogović, M. Z., Jazbec, A. (2012): *Regresijski modeli procjene prsnih promjera za potrebe fotogrametrijske izmjere*. Šumarski list, CXXXVI (3-4): 129-139, Zagreb.
6. Balenović, I., Alberti, G., Marjanović, H. (2013): *Airborne Laser Scanning – the Status and Perspectives for the Application in the South-East European Forestry*. SEEFOR, 4 (2): 59-79.
7. Balenović, I., Marjanović, H. (2016): *Odabir optimalne prostorne rezolucije fotogrametrijskih digitalnih modela površine za primjenu u šumarstvu – primjer s područja nizinskih šuma hrasta lužnjaka*. Nova mehanizacija šumarstva, broj 37: 1-13, Zagreb.
8. Balenović, I., Seletković, A., Pernar, R. (2017/a): *Usporedba točnosti procjene strukturnih elemenata sastojina fotogrametrijskom izmjerom aerosnimaka različitih prostornih rezolucija*. Šumarski list, CXLI (1-2): 15-28, Zagreb.
9. Balenović, I., Šimić-Milas, A., Marjanović, H. (2017/b): *A Comparison of Stand-Level Volume Estimates from Image-Based Canopy Height Models of Different Spatial Resolutions*. Remote Sensing, 9, 205.
10. Banković, S., Pantić, D. (2006): *Dendrometrija*. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
11. Benko, M. (1993): *Procjena taksacijskih elemenata sastojina na infracrvenim kolornim aerosnimcima*. Glasnik za šumske pokuse, broj 29: 199-274, Zagreb.
12. Benko, M. (1995): *Procjena drvne zalihe sastojine multivarijatnom analizom čimbenika mjerljivih na aerofotosnimkama (doktorska disertacija)*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
13. Benko, M. (1997): *Procjena drvne zalihe sastojine metodama mjerne fotointerpretacije*. Radovi Šumarskog instituta, 32 (1): 1-29, Jastrebarsko.

14. Berta, A. (2017): *Procjena šumske biomase pomoću LIDAR tehnologije u degradiranim šumama brežuljkastoga i nizinskoga vegetacijskoga pojasa u središnjoj Hrvatskoj (doktorska disertacija)*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
15. Borota, D. (2011): *Daljinska detekcija i aerofotogrametrija – osnovni principi i mogućnosti primene u inventuri šuma Srbije (master rad)*. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
16. Bronge, B. (1999): *Mapping Boreal Vegetation Using Landsat-TM and Topographic Map Data in a Stratified Approach*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 25, No. 5: 460-474.
17. Ciceli, T., Gajski, D. (2007): *Digitalne kamere velikog formata*. Kartografija i Geo-informacije, VI (7): 40-51, Zagreb.
18. Čuković, D. (2005): *Izbor optimalnog metoda uređajne (sastojinske) inventure u raznodobnim i prebirnim šumama u Republici Srpskoj (magistarski rad)*. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
19. Drinić, P. (1963): *Taksacione osnove za gazdovanje šumama crnog bora u Bosni*. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu, broj 8: 147-298, Sarajevo.
20. Dubravac, T. (1999): *Istraživanje strukture krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba u zajednici *Carpino betuli – Quercetum roboris*/Anić 1959/Rauš 1969*. Radovi šumarskog instituta, 33 (2): 61-72, Jastrebarsko.
21. Dubravac, T. (2003): *Dinamika razvoja promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba ovisno o prsnom promjeru i dobi*. Radovi Šumarskog instituta, 38 (1): 35-54, Jastrebarsko.
22. Dumičić, K. et al. (2011): *Poslovna statistika*. Element, Zagreb.
23. Eid, T., Gobakken, T., Naesset, E. (2004): *Comparing Stand Inventories for Large Areas Based on Photo-interpretation and Laser Scanning by Means of Cost-plus-loss Analyses*. Scandinavian Journal of Forest Research, 19: 512-523.
24. Ene, L., Naesset, E., Gobakken, T. (2012): *Single tree detection in heterogeneous boreal forests using airborne laser scanning and area-based stem number estimates*. International Journal of Remote Sensing, Vol. 33, No. 16: 5171-5193.
25. Erikson, M. (2004): *Species classification of individually segmented tree crowns in high-resolution aerial images using radiometric and morphologic image measures*. Remote Sensing of Environment, 91: 469-477.
26. Falkenström, H., Ekstrand, S. (2002): *Evaluation of IRS-1c LISS-3 satellite data for defoliation assessment on Norway spruce and Scots pine*. Remote Sensing of Environment, 82: 208-223.
27. Fassnacht, F., Latifi, H., Ghosh, A., Joshi, P., Koch, B. (2014): *Assessing the potential of hyperspectral imagery to map bark beetle-induced tree mortality*. Remote Sensing of Environment, 140: 533-548.

28. Franklin, S., Montgomery, P., Stenhouse, G. (2005): *Interpretation of land cover changes using aerial photography and satellite imagery in the Foothills Model Forest of Alberta*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 31, No. 4: 304-313.
29. Fraser, R., Abuelgasim, A. Latifović, R. (2005): *A method for detecting large-scale forest cover change using coarse spatial resolution imagery*. Remote Sensing of Environment, 95: 414-427.
30. Gobakken, T., Naesset, E., Nelson, R., Bollandsas, O. M., Gregoire, T., Stahl, G., Holm, S., Ørka, H. O., Astrup, R. (2012): *Estimating biomass in Hedmark Country, Norway using national forest inventory field plots and airborne laser scanning*. Remote Sensing of Environment, 123: 443-456.
31. Gobakken, T., Bollandsas, O. M., Naesset, E. (2015): *Comparing biophysical forest characteristics estimated from photogrammetric matching of aerial images and airborne laser scanning data*. Scandinavian Journal of Forest Research, Vol. 30, No. 1: 73-86.
32. Gougeon, F. (1995): *Comparison of Possible Multispectral Classification Schemes for Tree Crowns Individually Delineated on High Spatial Resolution MEIS Images*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 21, No.1: 1-9.
33. Govorčin, M., Kovačić, F., Žižić, I. (2012): *Bespilotne letjelice SenseFly Swinglet CAM*. Ekscentar, broj 15: 62-68, Zagreb.
34. Gruber, M., Ponticelli, M., Wiechert, A. (2011): *UltraCam, A Brand for Continuous Developments*. Photogrammetric Week '11, Wichmann/VDE Verlag, 103-109 Berlin & Offenbach, Germany.
35. Gruber, M., Ponticelli, M., Ladstädter, R., Wiechert, A. (2012): *UltraCam Eagle, Details and Insight*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXIX – B1; XXII ISPRS Congress, 15-19, Melbourne, Australia.
36. Hansen, M., Franklin, S., Woudsma, C., Peterson, M. (2001): *Forest Structure Classification in the North Columbia Mountains Using the Landsat TM Tasseled Cap Wetness Component*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 27, No. 1: 20-32.
37. Heurich, M., Persson, A., Holmgren, J., Kennel, E. (2004): *Detecting and measuring individual trees with laser scanning in mixed mountain forest of central Europe using an algorithm developed for Swedish boreal forest conditions*. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVI – 8/W2: 307-312.
38. Heurich, M. (2008): *Automatic recognition and measurement of single tree based on data from airborne laser scanning over the richly structured natural forest of the Bavarian Forest National Park*. Forest Ecology and Management, 255: 2416-2433.
39. Heurich, M., Kennel, G. (2008): *Überprüfung der Baumhöhenbestimmung aus Daten flugzeuggetragener Laserscanner in strukturreichen Naturwäldern des Nationalparks Bayerischer Wald*. Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation, 4: 253-263.



40. Heurich, M., Thoma, F. (2008): *Estimation of forestry stand parameters using laser scanning data in temperate, structurally rich natural European beech (Fagus sylvatica) and Norway spruce (Picea abies) forests*. Forestry, doi: 10.1093: 1-17.
41. Hirschmugl, M., Ofner, M., Raggam, J., Schardt, M. (2007): *Single tree detection in very high resolution remote sensing data*. Remote Sensing of Environment, 110: 533-544.
42. Hladnik, D., Pintar, A. (2017): *Ocena sestojne zgradbe na območju Krakovskega pragozdnega rezervata s segmentacijo podatkov laserskega skeniranja*. Gozdarski vestnik, LXXV (7-8): 313-327, Ljubljana.
43. Hočevar, M. (1983): *Možnosti uporabe aerofotogrametrije v slovenskem gozdarstvu*. Gozdarski vestnik, XLI (5-6): 250-263, Ljubljana.
44. Hočevar, M. (1984/a): *Možnosti in tehnike daljinskega pridobivanja podatkov*. Daljinsko pridobivanje podatkov o stanju in razvoju gozdnih sestojev in gozdnega prostora – Zbirka referatov s seminarja in posvetovanja o uporabi aerofotogrametrije v gozdarstvu: 7-17, Ljubljana.
45. Hočevar, M. (1984/b): *Osnove metričnega in vsebinskega iz vrednotenja aeroposnetkov*. Daljinsko pridobivanje podatkov o stanju in razvoju gozdnih sestojev in gozdnega prostora – Zbirka referatov s seminarja in posvetovanja o uporabi aerofotogrametrije v gozdarstvu: 69-76, Ljubljana.
46. Hočevar, M. (1984/c): *Racionalizacija gozdnih inventur s pomočjo metod daljinskega pridobivanja podatkov*. Daljinsko pridobivanje podatkov o stanju in razvoju gozdnih sestojev in gozdnega prostora – Zbirka referatov s seminarja in posvetovanja o uporabi aerofotogrametrije v gozdarstvu: 135-145, Ljubljana.
47. Hočevar, M. (1988/a): *Ugotavljanje in spremljanje propadanja gozdov z aerosnemanji*. Gozdarski vestnik, XLVI (2): 53-66, Ljubljana.
48. Hočevar, M. (1988/b): *Ciklično aerosnemanje Slovenije v obdobju 1985-1987 in njegova uporaba v gozdarstvu*. Gozdarski vestnik, XLVI (5): 205-213, Ljubljana.
49. Holmgren, J. (2004): *Prediction of Tree Height, Basal Area and Stem Volume in Forest Stands Using Airborne Laser Scanning*. Scandinavian Journal of Forest Research, 19: 543-553.
50. Holmgren, J., Persson, A. (2004): *Identifying species of individual trees using airborne laser scanner*. Remote Sensing of Environment, 90: 415-423.
51. Hren, V. (1968): *Dinamika horizontalnog širenja krošanja bukve i jele u nekim zajednicama zapadne Hrvatske*. Šumarski list, XCII (5-6): 189-198, Zagreb.
52. Hren, V. (1980): *Dinamika horizontalnog širenja krošanja nekih važnijih vrsta drveća sjeverne Hrvatske*. Šumarski list, CIV (11-12): 455-460, Zagreb.
53. Hyde, P., Nelson, R., Kimes, D., Levine, E. (2007): *Exploring LiDAR – RaDAR synergy – predicting aboveground biomass in a southwestern ponderosa pine forest using LiDAR, SAR and InSAR*. Remote Sensing of Environment, 106: 28-38.

54. Hyypä, H., Hyypä, J. (2001): *Effects of Stand Size on the Accuracy of Remote Sensing-Based Forest Inventory*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 39, No. 12: 2613-2621.
55. Janić, M. (1989): *Istraživanje mogućnosti primene fotointerpretacije aerosnimaka u šumarstvu (magistarski rad)*. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
56. Jovišević, V. (2005): *Projektovanje tehnoloških procesa*. Mašinski fakultet Univerziteta u Banjaluci, Banjaluka.
57. Jurić, V., Kolobarić, J., Kvesić, V., Bjeliš, D. (2016): *Bespilotne letjelice*. Geodetski glasnik, 50 (47): 57-67, Sarajevo.
58. Kalafadžić, Z. (1973): *Današnje mogućnosti primjene fotointerpretacije u zaštiti šuma*. Šumarski list, XCVII (5-6): 149-165, Zagreb.
59. Kalafadžić, Z., Horvatić, Z. (1976): *Metoda poluokularne procjene visina stabala u stereomodelu*. Šumarski list, C (10-12): 481-490, Zagreb.
60. Kalafadžić, Z. (1987): *Primjena infracrvenih kolornih aerosnimaka u šumarstvu*. Šumarski list, CXI (1-2): 61-67, Zagreb.
61. Kalafadžić, Z., Kušan, V. (1990): *Ustanovljavanje stanja šuma na velikim površinama primjenom infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimaka*. Glasnik za šumske pokuse, broj 26: 447-459, Zagreb.
62. Kalafadžić, Z., Kušan, V. (1993): *Mogućnost pridobivanja informacija o šumama iz umjetnih zemljinih satelita*. Šumarski list, CXVII (6-8): 293-307, Zagreb.
63. Kalafadžić, Z., Kušan, V., Horvatić, Z., Pernar, R. (1993/a): *Oštećenost šuma i neki čimbenici okoliša u šumskom bazenu „Spačva“*. Šumarski list, CXVII (6-8): 281-292, Zagreb.
64. Kalafadžić, Z., Kušan, V., Horvatić, Z., Pernar, R. (1993/b): *Inventarizacije oštećenosti šuma u Republici Hrvatskoj primjenom infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimaka*. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje broj 4: 163-172, Zagreb.
65. Kangas, A., Maltamo, M. (2006): *Forest Inventory – Methodology and Applications*. Published by Springer, Netherlands.
66. Kangas, A., Gobakken, T., Puliti, S., Hauglin, M., Naesset, E. (2018): *Value of airborne laser scanning and digital aerial photogrammetry data in forest decision making*. Silva Fennica, Vol. 52, No. 1: 1-19.
67. Kažić, D. (1996): *Fotografija - osnovi tehnike stvaranja i obrade fotografske slike*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
68. Ke, Y., Quackenbush, L., Im, J. (2010): *Synergistic use of QuickBird multispectral imagery and LIDAR data for object-based forest species classification*. Remote Sensing of Environment, 114: 1141-1154.
69. Klinar, K., Hladnik, D. (2014): *Dinamika zarašćanja planinskih pašnikov na Belski planini in Rebru z objektno usmerjeno analizo ortofotoposnetkov*. Gozdarski vestnik, LXXII (5-6): 263-279, Ljubljana.

70. Klobučar, D. (2004): *Izlučivanje sastojina prema sklopu na digitalnom ortofotu i usporedba s terestičkim izlučivanjem*. Radovi Šumarskog instituta, 39 (2): 223-230, Jastrebarsko.
71. Klobučar, D. (2008): *Umjetne neuronske mreže u daljinskim istraživanjima za potrebe uređivanja šuma (doktorska disertacija)*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
72. Klobučar, D., Pernar, R. (2009): *Umjetne neuronske mreže u procjeni sastojinskih obrasta s cikličkih snimaka*. Šumarski list, CXXXIII (3-4): 145-155, Zagreb.
73. Kobal, M. (2014): *Ocena lesne zaloge sestojev iz podataka zračnoga laserskega skeniranja površja*. Gozdarski vestnik, LXXII (5-6): 249-262, Ljubljana.
74. Kobal, M., Triplat, M., Krajnc, N. (2014): *Pregled uporabe zračnoga laserskega skeniranja površja v gozdarstvu*. Gozdarski vestnik, LXXII (5-6): 235-248, Ljubljana.
75. Kobal, M., Gantar, N. (2016): *Porušitvena erozija v občini Ajdovščina – možnosti in omejitve uporabe lidarskih podatkov za modeliranje padajočega kamenja*. Gozdarski vestnik, LXXIV (9): 358-371, Ljubljana.
76. Kobler, A., Kušar, G., Hočevar, M. (2002): *Uporaba multispektralnih satelitskih posnetkov in metod GIS za zaznavanje ter napoved zaraščanja*. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 69: 277-308, Ljubljana.
77. Kobler, A., Zafran, J. (2006): *Podatki letalskega lidarskega snemanja in njihova uporaba pri gospodarjenju z gozdov*. Monitoring gospodarjenja z gozdov in gozdnato krajino – Studia Forestalia Slovenica, 127: 83-96, Ljubljana.
78. Koch, B. (2010): *Status and future of laser scanning, synthetic aperture radar and hyperspectral remote sensing data for forest biomass assessment*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 65: 581-590.
79. Kolarek, M. (2010): *Bespilotne letjelice za potrebe fotogrametrije*. Ekscentar, broj 12: 70-73, Zagreb.
80. Koprivica, M., Jović, Đ. (2009): *O daljinskoj detekciji u savremenoj inventuri šuma*. Šumarstvo, LXI (3-4): 123-136, Beograd.
81. Koprivica, M. (2015): *Šumarska statistika*. Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Banja Luka.
82. Kostijal, V. (1986): *Korelacijski odnos uočljivog broja krošnji u stereomodelima jednodobnih šuma bukve s promjerom centralnog plošnog stabla (magistarski rad)*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
83. Kovač, G. (2001): *Primjena regresijskih modela za procjenu sastojinskih veličina na satelitskim snimkama (specijalistički rad)*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
84. Kraus, K. (2005): *Fotogrametrija - 1. dio: osnove i standardni procesi (četvrto i prošireno izdanje)*. SYNOPSIS, Zagreb-Sarajevo.

85. Križanec, R. (1987): *Distribucija i projekcija krošanja u korelaciji s prsnim promjerom stabala u jelovim šumama (doktorska disertacija)*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
86. Kušan, V. (1988): *Točnost određivanja površine projekcije krošnje obične jele*. Šumarski list, CXII (11-12): 489-496, Zagreb.
87. Kušan, V., Krejči, V. (1993): *Regresijski model za procjenu volumena sastojina hrasta lužnjaka (Quercus robur L.) na aerosnimkama*. Radovi Šumarskog instituta, 28 (1-2): 69-77, Jastrebarsko.
88. Kušan, V., Pernar, R. (2001/a): *Primjena satelitskih snimaka za procjenu stanja sastojina*. Znanstvena knjiga „Znanost u potrajnom gospodarenju Hrvatskim šumama”, 429-434, Zagreb.
89. Kušan, V., Pernar, R. (2001/b): *Procjena prsnoga promjera i temeljnice najznačajnijih vrsta drveća gorskoga područja na temelju veličina mjerljivih na aerosnimkama*. Hrvatsko šumarsko društvo: Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996., 157-168, Zagreb.
90. Kušar, G., Hočevar, M. (2000): *Fototerestička inventura gozda*. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 62: 117-148, Ljubljana.
91. Lapaine, M., Frančula, N. (2001): *Kartografija i daljinska istraživanja*. Bilten Znanstvenog vijeća za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju HAZU, broj 15-16, 145-154, Zagreb.
92. Latifi, H., Fassnacht, F., Koch, B. (2012): *Forest structure modeling with combined airborne hyperspectral and LiDAR data*. Remote Sensing of Environment, 121: 10-25.
93. Latifi, H., Fassnacht, F., Müller, J., Tharani, A., Dech, S., Heurich, M. (2015): *A comparison of single tree segmentation and metric-based methods for inventories of a heterogeneous temperate forest*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation (G Model).
94. Leboeuf, A., Beaudoin, A., Fournier, R., Guindon, L., Luther, J., Lambert, M. (2007): *A shadow fraction method for mapping biomass of northern boreal black spruce forests using QuickBird imagery*. Remote Sensing of Environment, 110: 488-500.
95. Leboeuf, A., Fournier, R. (2013): *Estimating stand attributes of boreal forests using digital aerial photography and a shadow fraction method*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 39, No. 3: 217-231.
96. Leckie, D., Yuan, X., Ostaff, D., Piene, H., MacLean, D. (1992): *Analysis of High Resolution Multispectral MEIS Imagery for Spruce Budworm Damage Assessment on a Single Tree Basis*. Remote Sensing of Environment, 40: 125-136.
97. Leckie, D., Gillis, M., Wulder, M. (2002): *Deforestation estimation for Canada under the Kyoto Protocol: A design study*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 28, No. 5: 672-678.

98. Leckie, D., Gougeon, F., Walsworth, N., Paradine, D. (2003/a): *Stand delineation and composition estimation using semi-automated individual tree crown analysis*. Remote Sensing of Environment, 85: 355-369.
99. Leckie, D., Gougeon, F., Hill, D., Quinn, R., Armstrong, L., Shreenan, R. (2003/b): *Combined high-density lidar and multispectral imagery for individual tree crown analysis*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 29, No. 5: 633-649.
100. Leckie, D., Gougeon, F., Tinis, S., Nelson, T., Burnett, C., Paradine, D. (2005): *Automated tree recognition in old growth conifer stands with high resolution digital imagery*. Remote Sensing of Environment, 94: 311-326.
101. Lillesand, T., Kiefer, R., Chipman, J. (2004): *Remote Sensing and Image Interpretation (Fifth Edition)*. Published by John Wiley & Sons, USA.
102. Lovrić, M., Komić, J., Stević, S. (2006): *Statistička analiza - metodi i primjena*. Ekonomski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Banja Luka.
103. Lukić, N. (1981): *Ispitivanje pouzdanosti fotointerpretacijske inventure drvnih masa šuma jele u odnosu na listu podataka dobivenu mjernom fotointerpretacijom*. Šumarski list, CV (3-4): 133-145, Zagreb.
104. Maack, J., Kattenborn, T., Fassnacht, F., Enssle, F., Hernandez, J., Corvalan, P., Koch, B. (2015): *Modelling forest biomass using Very-High-Resolution data – Combining textural, spectral, and photogrammetric predictors derived from spaceborne stereo images*. European Journal of Remote Sensing, 48: 245-261.
105. Maclean, G., Krabill, W. (1986): *Gross-Merchantable Timber Volume Estimation Using an Airborne Lidar System*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 12, No. 1: 7-18.
106. Magnusson, M., Fransson, J., Olsson, H. (2007): *Aerial photo-interpretation using Z/I DMC images for estimation of forest variables*. Scandinavian Journal of Forest Research, 22: 254-266.
107. Maltamo, M., Mustonen, K., Hyyppä, J., Pitkänen, J., Yu, X. (2004): *The accuracy of estimating individual tree variables with airborne laser scanning in a boreal nature reserve*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 34: 1791-1801.
108. Maltamo, M., Packalen, P., Yu, X., Eerikäinen, K., Hyyppä, J., Pitkänen, J. (2005): *Identifying and quantifying structural characteristics of heterogeneous boreal forests using laser scanning data*. Forest Ecology and Management, 216: 41-50.
109. Matić, V. (1959): *Taksacioni elementi prebornih šuma jele, smrče i bukve na području Bosne*. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu, broj 4: 3-162, Sarajevo.
110. Miletić, Ž. (1954): *Istraživanje širenja (ekspanzije) kruna u prebirnoj sastojini bukve*. Glasnik Šumarskog fakulteta, VII (7): 5-20, Beograd.
111. Muukkonen, P., Heiskanen, J. (2007): *Biomass estimation over a large area based on standwise forest inventory data and ASTER and MODIS satellite data: A possibility to verify carbon inventories*. Remote Sensing of Environment, 107: 617-624.

112. Naesset, E. (1996): *Determination of Number of Stems in Coniferous Forest Stands by Means of Aerial Photo-Interpretation*. Scandinavian Journal of Forest Research, 11: 76-84.
113. Naesset, E. (1997): *Determination of mean tree height of forest stand using airborne laser scanner data*. Remote Sensing of Environment, 52: 49-56.
114. Naesset, E. (2004): *Practical Large-scale Forest Stand Inventory Using a Small-footprint Airborne Scanning Laser*. Scandinavian Journal of Forest Research, Vol. 19: 164-179.
115. Naesset, E., Gobakken, T., Holmgren, J., Hyyppä, H., Hyyppä, J., Maltamo, M., Nilsson, M., Olsson, H., Persson, A., Söderman, U. (2004): *Laser Scanning of Forest Resources: The Nordic Experience*. Scandinavian Journal of Forest Research, 19: 482-499.
116. Naesset, E., Bollandsas, O.M., Gobakken, T. (2005): *Comparing regression methods in estimation of biophysical properties of forest stands from two different inventories using laser scanner data*. Remote Sensing of Environment, 94: 541-553.
117. Naesset, E. (2007): *Airborne laser scanning as a method in operational forest inventory: Status of accuracy assessments accomplished in Scandinavia*. Scandinavian Journal of Forest Research, 22: 433-442.
118. Naesset, E., Nelson, R. (2007): *Using airborne laser scanning to monitor tree migration in the boreal-alpine transition zone*. Remote Sensing of Environment, 110: 357-369.
119. Naesset, E., Gobakken, T. (2008): *Estimation of above- and below-ground biomass across regions of the boreal forest zone using airborne laser*. Remote Sensing of Environment, 112: 3079-3090.
120. Nelson, R., Krabill, W., Maclean, G. (1984): *Determining Forest Canopy Characteristics Using Airborne Laser Data*. Remote Sensing of Environment, 15: 201-212.
121. Nelson, R., Hyde, P., Johnson, P., Emessiene, B., Imhoff, M., Campbell, R., Edwards, W. (2007): *Investigating RaDAR – LiDAR synergy in a North Carolina pine forest*. Remote Sensing of Environment, 110: 98-108.
122. Niska, H., Skön, J. P., Packalen, P., Tokola, T., Maltamo, M., Kolehmainen, M. (2010): *Neural Networks for the Prediction of Species-Specific Plot Volumes Using Airborne Laser Scanning and Aerial Photographs*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 48, No. 3: 1076-1085.
123. Novotny, V., Krejči, V., Benko, M., Dubravac, T. (1994): *Utjecaj horizontalne projekcije širine krošanja hrasta lužnjaka na debljinski prirast*. Radovi Šumarskog instituta, 29 (1): 137-150, Jastrebarsko.
124. Oluić, M. (2001): *Snimanje i istraživanje Zemlje iz svemira*. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti i GEOSAT, Zagreb.

125. Ørka, H. O., Naeset, E., Bollandas O. M. (2009): *Classifying species of individual trees by intensity and structure features derived from airborne laser scanner data*. Remote Sensing of Environment, 113: 1163-1174.
126. Ørka, H. O., Gobakken, T., Naeset, E., Ene, L., Lien, V. (2012): *Simultaneously acquired airborne laser scanning and multispectral imagery for individual tree species identification*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 38, No. 2: 125-138.
127. Pantić, D. (2012): *Aerofotointerpretacija u sastojinskoj inventuri šuma Srbije*. Šumarstvo, LXIV (3-4): 1-16, Beograd.
128. Peng, C., Wen, X. (1999): *Recent Applications of Artificial Neural Networks in Forest Resource Management: An Overview*. AAAI Technical Report WS-99-07, 15-22.
129. Pernar, R. (1994): *Način i pouzdanost određivanja oštećenosti hrasta lužnjaka (Quercus robur L.) na infracrvenim kolornim (ICK) aerosnimkama*. Glasnik za šumske pokuse, broj 31: 1-34, Zagreb.
130. Pernar, R. (1996): *Primjena rezultata interpretacije aerosnimaka i geografskog informacionog sustava za planiranje u šumarstvu (doktorska disertacija)*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
131. Pernar, R., Kušan, V. (2001): *Aerosnimanje šuma bukve i jele pomoću ICK snimaka za praćenje stanja šuma*. Znanstvena knjiga „Znanost u potrajnom gospodarenju Hrvatskim šumama”, 457-463, Zagreb.
132. Pernar, R., Klobučar, D., Kušan, V. (2003): *Mogućnosti primjene aerofotosnimaka iz cikličkog snimanja Republike Hrvatske u uređivanju šuma*. Glasnik za šumske pokuse, broj 40: 113-168, Zagreb.
133. Pernar, R., Šelendić, D. (2006): *Prilog povećanju interpretabilnosti aerosnimaka i satelitskih snimaka za potrebe uređivanja šuma*. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje broj 5: 467-477, Zagreb.
134. Pernar, R., Ančić, M., Seletković, A. (2007/a): *Primjena ICK aerosnimaka za utvrđivanje oštećenosti šuma na području UŠP Gospić*. Šumarski list, CXXXI (11-12): 507-521, Zagreb.
135. Pernar, R., Seletković, A., Ančić, M. (2007/b): *Utvrdjivanje oštećenosti šuma spačvanskog bazena primjenom infracrvenih kolornih aerosnimaka*. Šumarski list, CXXXI (7-8): 315-331, Zagreb.
136. Persson, H., Wallerman, J., Olsson, H., Fransson, J. (2013): *Estimating forest biomass and height using optical stereo satellite data and a DTM from laser scanning data*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 39, No. 3: 251-262.
137. Peuhkurinen, J., Mehtätalo, L., Maltamo, M. (2011): *Comparing individual tree detection and the area-based statistical approach for the retrieval of forest stand characteristics using airborne laser scanning in Scots pine stands*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 41: 583-598.
138. Pintarić, K. (1991): *Uzgajanje šuma II - tehnika obnove i njege sastojina*. Šumarski fakultet u Sarajevu, Sarajevo.

139. Popescu, S., Wynne, R., Nelson, R. (2003): *Measuring individual tree crown diameter with lidar and assessing its influence on estimating forest volume and biomass*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 29, No. 5: 564-577.
140. Pouliot, D., King, D., Bell, F., Pitt, D. (2002): *Automated tree crown detection and delineation in high-resolution digital camera imagery of coniferous forest regeneration*. Remote Sensing of Environment, 82: 322-334.
141. Pranjić, A. (1963): *Ovisnost drvne mase stabla o promjeru krošnje i visini*. Šumarski list, LXXXVII (9-10): 364-366, Zagreb.
142. Pranjić, A. (1965): *Korelaciona analiza između prsnog promjera, promjera krošnje, visine i drvne mase stabala kod nekih tipova jelovih šuma i šuma poljskog jasena*. Šumarski list, LXXXIX (1-2): 58-60, Zagreb.
143. Pranjić, A. (1987): *Pouzdanost rezultata izmjere šuma*. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje broj 3: 161-176, Zagreb.
144. Pranjić, A., Lukić, N. (1997): *Izmjera šuma*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
145. Regodić, M. (2008): *Daljinska detekcija kao metod prikupljanja podataka o prostoru*. Vojnotehnički glasnik, LVI (1): 91-123, Beograd.
146. Reitberger, J., Heurich, M., Krzystek, P., Stilla, U. (2007): *Single tree detection in forest areas with high-density LiDAR data*. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 36: 139-144.
147. Seletković, A. (2007): *Usporedba digitalne i vizuelne interpretacije satelitske snimke visoke rezolucije (doktorska disertacija)*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
148. Seletković, A., Pernar, R., Jazbec, A., Ančić, M. (2008): *Točnost klasifikacije satelitske snimke visoke prostorne rezolucije IKONOS za potrebe šumarstva*. Šumarski list, CXXXII (9-10): 393-404, Zagreb.
149. Seletković, A., Perić, M., Balenović, I. (2016): *Fotogrametrijska procjena srednjih sastojinskih visina odvojeno po vrstama drveća u mješovitim sastojinama središnje Hrvatske*. Nova mehanizacija šumarstva, broj 37: 15-23, Zagreb.
150. Šimić-Milas, A., Rupasinghe, P., Balenović, I., Grosevski, P. (2015): *Assessment of Forest Damage in Croatia using Landsat-8 OLI Images*. SEEFOR, 6 (2): 159-169.
151. Solberg, S., Naesset, E., Hanssen, K., Christiansen, E. (2006): *Mapping defoliation during a severe insect attack on Scots pine using airborne laser scanning*. Remote Sensing of Environment, 102: 364-376.
152. Solberg, S., Astrup, R., Gobakken, T., Naesset, E., Weydahl, D. (2010): *Estimating spruce and pine biomass with interferometric X-band SAR*. Remote Sensing of Environment, 114: 2353-2360.
153. Stojanović, Lj., Krstić, M. (2008): *Gajenje šuma I - metodi prirodnog obnavljanja i negovanja šuma*. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.



154. Stojanović, O. (1966): *Taksacione osnove za gazdovanje šumama bijelog bora u Bosni*. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvenu industriju u Sarajevu, knjiga 10, sveska 3: 3-210, Sarajevo.
155. Straub, C., Koch, B. (2011): *Estimating Single Tree Stem Volume of Pinus sylvestris Using Airborne Laser Scanner and Multispectral Line Scanner Data*. Remote Sensing, 3: 929-944.
156. Sui, D. (1994): *Recent Applications of neural Networks for Spatial Data Handling*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 20, No. 4: 368-380.
157. Taboršak, D. (1977): *Studij rada*. Tehnička knjiga, Zagreb.
158. Tomašegović, Z. (1949): *Sadašnje mogućnosti primjene fotogrametrije u šumarstvu*. Šumarski list, LXXIII (6-7): 215-220, Zagreb.
159. Tomašegović, Z. (1956): *O pouzdanosti aerofototaksacije za neke dendrometrijske potrebe šumskog gospodarstva*. Glasnik za šumske pokuse, broj 12: 167-224, Zagreb.
160. Tomašegović, Z. (1961): *Ovisnost promjera  $d_{1,30}$  jele i smreke o širini krošnje i visini stabla*. Šumarski list, LXXXV (7-8): 254-261, Zagreb.
161. Tomašegović, Z. (1968): *O ekonomičnosti primjene fotogrametrije u šumarstvu*. Šumarski list, XCII (1-2): 1-17, Zagreb.
162. Tomašegović, Z. (1986): *Fotogrametrija i fotointerpretacija u šumarstvu (peto nepromijenjeno izdanje)*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
163. Tomlins, G., Lee, Y. (1983): *Remotely Piloted Aircraft – an Inexpensive Option for Large-Scale Aerial Photography in Forestry Applications*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 9, No. 2: 76-85.
164. Tonolli, S., Dalponte, M., Neteler, M., Rodeghiero, M., Vescovo, L., Gianele, D. (2011): *Fusion of airborne LiDAR and satellite multispectral data for the estimation of timber volume in the Southern Alps*. Remote Sensing of Environment, 115: 2486-2498.
165. Tutić, D., Vučetić, N., Lapaine, M. (2002): *Uvod u GIS (priručnik)*. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
166. Ullah, S., Adler, P., Dees, M., Koch, B. (2015): *Evaluating the Potential of Stereo Aerial Photographs for Canopy Height Model Generation*. Forstliche Forschungsberichte München, 214: 83-90.
167. Ullah, S., Adler, P., Dees, M., Datta, P., Weinacker, H., Koch, B. (2017): *Comparing image-based point clouds and airborne laser scanning data for estimating forest heights*. iForest, 10: 273-280.
168. Van Laar, A., Akça, A. (2007): *Forest Mensuration*. Published by Springer, Netherlands.
169. Vauhkonen, J., Korpela, I., Maltamo, M., Tokola, T. (2010): *Imputation of single-tree attributes using airborne laser scanning-based height, intensity, and alpha shape metrics*. Remote Sensing of Environment, 114: 1263-1276.

170. Vogelmann, J., Tolk, B., Zhu, Z. (2009): *Monitoring forest changes in the southwestern United States using multitemporal Landsat data*. Remote Sensing of Environment, 113: 1739-1748.
171. Waser, L., Ginzler, C., Kuechler, M., Baltsavias, E., Hurni, L. (2011): *Semi-automatic classification of tree species in different forest ecosystems by spectral and geometric variables derived from Airborne Digital Sensor (ADS40) and RC30 data*. Remote Sensing of Environment, 115: 76-85.
172. Wolter, P., Townsend, P., Sturtevant, B. (2009): *Estimation of forest structural parameters using 5 and 10 meter SPOT-5 satellite data*. Remote Sensing of Environment, 113: 2019-2036.
173. Yu, X., Hyypä, J., Kaartinen, H., Maltamo, M. (2004): *Automatic detection of harvested trees and determination of forest growth using airborne laser scanning*. Remote Sensing of Environment, 90: 451-462.
174. Zagalakis, G., Cameron, A., Miller, D. (2005): *The application of digital photogrammetry and image analysis techniques to derive tree and stand characteristics*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 35: 1224-1237.

[www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com)  
[www.dronethusiast.com](http://www.dronethusiast.com)  
[www.geoscan.aero](http://www.geoscan.aero)  
[www.sumerepublikesrpske.org](http://www.sumerepublikesrpske.org)  
[www.unavco.org](http://www.unavco.org)

## ПРИЛОГ 1. Извјештај о аеротриангулацији фотограметријског блока

### **Block 1. Г Врбања (ОП 1)**

Number of strips: 1

Number of stereopairs: 10

Adjustment parameters:

Independent stereopairs method

Coordinate system: Cartesian Right

Maximum point distance, bases: 1000

Optimization algorithm: gradient

Weight of ground control points equations: 1

Weight of projection centers equations: 1

Weight of tie points equations: 1

Adjustment accuracy: 0,5

Calculate relative orientation: on

Measurement units: metre

#### Point catalog

N	X	Y	Z (metre)
<u>Ground control</u>			
NOT34b	6471012,676	4921309,742	702,615
NOT36a	6471404,078	4921277,694	846,460
NOT36b	6471483,206	4921167,463	827,130
NOT37a	6471857,621	4921235,853	928,665
NOT38a	6472846,688	4922179,166	1158,450
NOT38b	6472851,902	4922064,058	1148,457
NOT39a	6472685,379	4921534,573	1109,602
Total 7 points			
<u>Check</u>			
NOT35a	6471769,927	4920720,946	880,664
Total 1 points			

#### Generalized adjustment residuals information

##### Ground control point residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	E <sub>xy</sub> (metre)
limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT34b	-0,154	-0,108	-0,225	0,188
NOT36a	0,138	0,734	0,130	0,747
NOT36b	-0,034	-0,597	0,230	0,598
NOT37a	0,121	-0,037	-0,055	0,127
NOT38a	0,128	-0,384	-0,350	0,405
NOT38b	-0,158	0,298	0,557	0,337
NOT39a	-0,041	0,093	-0,288	0,101
Mean absolute:	0,111	0,322	0,262	0,358
RMS:	0,121	0,406	0,302	0,423
Maximum:	0,158	0,734	0,557	0,747

##### Number of points (differences):

7 (7 7 7 7)

##### Control projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	E <sub>xy</sub> (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
Mean absolute:	0,000	0,000	0,000	0,000
RMS:	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum:	0,000	0,000	0,000	0,000

##### Number of points (differences):

0 (0 0 0 0)

-----  
Check points residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT35a	-0,323	-0,714	0,004	0,783
Mean absolute:	0,323	0,714	0,004	0,783
RMS:	0,323	0,714	0,004	0,783
Maximum:	0,323	0,714	0,004	0,783

Number of points (differences):

1	(1	1	1	1)
---	----	---	---	----

Check projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
Mean absolute:	0,000	0,000	0,000	0,000
RMS:	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum:	0,000	0,000	0,000	0,000

Number of points (differences):

0	(0	0	0	0)
---	----	---	---	----

**Block 2. ГЈ Козара приједорска (ОП 2)**

Number of strips: 1

Number of stereopairs: 12

Adjustment parameters:

Independent stereopairs method

Coordinate system: Cartesian Right

Maximum point distance, bases: 1000

Optimization algorithm: gradient

Weight of ground control points equations: 1

Weight of projection centers equations: 1

Weight of tie points equations: 1

Adjustment accuracy: 0,5

Calculate relative orientation: on

Measurement units: metre

-----  
 Point catalog  
 -----

N	X	Y	Z (metre)
<u>Ground control</u>			
NOT24a	6405592,686	4987143,287	367,535
NOT25a	6405732,895	4986888,524	365,701
NOT26b	6406088,008	4987104,417	451,192
NOT27a	6406840,759	4987599,276	582,306
NOT27c	6406913,734	4987673,816	583,866
OT1	6405274,374	4987346,472	396,760
OT2	6406896,571	4987741,547	593,101
OT3	6406796,419	4987568,000	576,957
OT4	6405478,518	4987172,582	372,026
Total 9 points			
<u>Check</u>			
NOT24b	6405580,579	4987113,944	362,078
NOT25b	6405628,141	4986943,640	352,737
NOT26a	6406026,368	4987217,714	450,226
NOT27b	6406780,817	4987531,688	568,612
Total 4 points			

-----

-----  
Generalized adjustment residuals information  
-----

Ground control point residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT24a	-0,134	-0,113	0,205	0,175
NOT25a	-0,565	-0,106	-0,689	0,575
NOT26b	0,118	0,077	0,972	0,141
NOT27a	0,269	0,226	-0,504	0,351
NOT27c	0,084	-0,064	0,856	0,106
OT1	-0,626	0,472	-0,240	0,784
OT2	-0,429	-0,453	0,101	0,624
OT3	0,419	-0,261	-0,043	0,494
OT4	-0,482	-0,418	0,026	0,638
Mean absolute:	0,347	0,243	0,404	0,432
RMS:	0,396	0,290	0,529	0,491
Maximum:	0,626	0,472	0,972	0,784

Number of points (differences):

9 (9 9 9 9)

Control projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
90000123	-0,145	-0,165	0,156	0,220
90000124	-0,011	0,250	-0,050	0,250
90000125	-0,158	-0,316	-0,019	0,354
90000126	0,408	0,144	-0,152	0,433
90000127	0,088	-0,055	-0,117	0,103
90000128	0,053	0,102	-0,218	0,115
90000129	-0,060	-0,084	-0,061	0,103
90000130	-0,127	0,102	-0,101	0,163
90000131	0,104	-0,169	-0,063	0,199
90000132	0,153	0,092	-0,152	0,178
90000133	-0,061	0,017	-0,065	0,063
90000134	-0,041	0,046	-0,064	0,061
90000135	0,036	0,024	0,068	0,044
Mean absolute:	0,111	0,120	0,099	0,176
RMS:	0,148	0,147	0,113	0,208
Maximum:	0,408	0,316	0,218	0,433

Number of points (differences):

13 (13 13 13 13)

-----  
Check points residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT24b	-0,141	-0,196	-0,072	0,242
NOT25b	-0,309	0,430	-0,143	0,530
NOT26a	-0,472	-0,236	-0,174	0,527
NOT27b	-0,143	0,138	-0,218	0,198
Mean absolute:	0,266	0,250	0,152	0,374
RMS:	0,299	0,273	0,161	0,405
Maximum:	0,472	0,430	0,218	0,530

Number of points (differences):

4 (4 4 4 4)

Check projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
Mean absolute:	0,000	0,000	0,000	0,000
RMS:	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum:	0,000	0,000	0,000	0,000

Number of points (differences):

0 (0 0 0 0)

**Блок 3. Г| Мулеж – Љубинска планина (ОП 3 и ОП 4)**

Number of strips: 2

Number of stereopairs: 22

Adjustment parameters:

Independent stereopairs method

Coordinate system: Cartesian Right

Maximum point distance, bases: 1000

Optimization algorithm: gradient

Weight of ground control points equations: 1

Weight of projection centers equations: 1

Weight of tie points equations: 1

Adjustment accuracy: 0,5

Calculate relative orientation: on

Measurement units: metre

-----  
Point catalog  
-----

N	X	Y	Z (metre)
<u>Ground control</u>			
NOT10a	6409811,767	4927294,725	606,091
NOT10b	6409755,425	4927284,203	606,455
NOT11b	6409530,686	4928367,842	645,961
NOT12a	6409978,910	4927789,817	696,648
NOT12b	6409909,199	4927836,647	695,644
NOT13a	6407906,173	4927652,622	371,059
NOT13b	6407936,609	4927598,168	374,723
NOT6a	6408068,100	4927066,432	444,378
NOT7a	6408236,976	4928314,481	457,801
NOT7b	6408323,978	4928218,850	474,259
NOT8a	6409196,553	4928364,204	634,955
NOT8b	6409150,822	4928380,057	626,488
NOT9a	6409247,964	4927216,169	600,085
NOT9b	6409326,048	4927288,041	609,263
Total 14 points			
<u>Check</u>			
NOT6b	6408064,228	4927182,664	431,787
Total 1 points			

-----  
Generalized adjustment residuals information  
-----

Ground control point residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	E <sub>xy</sub> (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT10a	-0,043	-0,095	-0,159	0,104
NOT10b	0,125	-0,247	0,295	0,276
NOT11b	0,056	-0,408	-0,449	0,412
NOT12a	0,290	0,257	0,048	0,388
NOT12b	-0,391	0,107	0,564	0,406
NOT13a	-0,597	0,512	-0,171	0,787
NOT13b	-0,471	-0,582	0,763	0,748
NOT6a	0,170	0,202	-0,332	0,265
NOT7a	0,106	-0,089	-0,579	0,139
NOT7b	0,268	-0,430	0,399	0,506
NOT8a	0,083	0,234	0,935	0,248
NOT8b	0,292	-0,283	-0,752	0,407
NOT9a	0,044	0,199	-0,185	0,203
NOT9b	0,068	0,621	-0,377	0,625
Mean absolute:	0,215	0,305	0,429	0,394
RMS:	0,273	0,349	0,498	0,444
Maximum:	0,597	0,621	0,935	0,787

Number of points (differences):

14	(14	14	14	14)
----	-----	----	----	-----

Control projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
Mean absolute:	0,000	0,000	0,000	0,000
RMS:	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum:	0,000	0,000	0,000	0,000

Number of points (differences):

0	(0	0	0	)
---	----	---	---	---

Check points residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT6b	0,188	0,164	-0,143	0,249
Mean absolute:	0,188	0,164	0,143	0,249
RMS:	0,188	0,164	0,143	0,249
Maximum:	0,188	0,164	0,143	0,249

Number of points (differences):

1	(1	1	1	)
---	----	---	---	---

Check projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
Mean absolute:	0,000	0,000	0,000	0,000
RMS:	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum:	0,000	0,000	0,000	0,000

Number of points (differences):

0	(0	0	0	)
---	----	---	---	---

**Block 4. П Гумјера - Царева гора (ОП 5)**

Number of strips: 2

Number of stereopairs: 24

Adjustment parameters:

Independent stereopairs method

Coordinate system: Cartesian Right

Maximum point distance, bases: 1000

Optimization algorithm: gradient

Weight of ground control points equations: 1

Weight of projection centers equations: 1

Weight of tie points equations: 1

Adjustment accuracy: 0,5

Calculate relative orientation: on

Measurement units: metre

Point catalog

N	X	Y	Z (metre)
<u>Ground control</u>			
NOT28b	6471302,117	4975859,088	182,683
NOT29a	6471528,165	4975377,608	176,035
NOT29b	6471639,187	4975334,743	179,763
NOT30a	6472241,601	4974875,167	172,970
NOT30b	6471952,025	4974777,724	190,186
NOT31a	6472626,891	4974221,910	159,627
NOT31b	6472600,370	4974193,446	166,955
NOT32a	6471478,746	4974117,458	248,590
NOT33a	6471319,491	4974114,958	234,785
Total 9 points			
<u>Check</u>			
NOT32b	6471491,597	4974040,458	247,932
NOT33b	6471363,605	4974272,096	242,728
OT2	6471559,554	4975128,323	171,537
OT3	6471800,570	4975111,728	172,993
OT4	6471031,606	4974706,528	227,449
Total 5 points			

-----  
 Estimation of block adjustment accuracy

Unacceptable residuals are marked with "\*\*",

-----  
 Generalized adjustment residuals information

Ground control point residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	E <sub>xy</sub> (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT28b	-0,023	-0,012	0,083	0,025
NOT29a	-0,015	0,728	-0,045	0,728
NOT29b	-0,583	-0,027	0,013	0,584
NOT30a	0,231	-0,243	0,370	0,335
NOT30b	-0,075	-0,076	1,556*	0,107
NOT31a	0,188	-0,051	-1,110*	0,195
NOT31b	0,190	-0,484	1,085*	0,520
NOT32a	-0,334	-0,172	-0,050	0,376
NOT33a	0,051	0,278	-0,195	0,283
Mean absolute:	0,188	0,230	0,501	0,350
RMS:	0,255	0,323	0,747	0,412
Maximum:	0,583	0,728	1,556*	0,728

Number of points (differences):

9 (9 9 9 9)

Control projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	E <sub>xy</sub> (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
11000147	0,378	-0,147	-0,196	0,405
11000148	0,142	0,082	-0,308	0,164
11000149	-0,312	0,119	-0,247	0,334
11000150	-0,018	0,028	-0,132	0,033
11000151	-0,034	-0,113	-0,198	0,118
11000152	-0,176	0,372	-0,285	0,412
11000153	-0,056	-0,025	-0,259	0,062
11000154	0,057	-0,029	-0,226	0,064
11000155	0,179	0,112	-0,061	0,211
11000156	0,024	-0,007	-0,046	0,025
11000157	0,101	-0,291	-0,047	0,308
11000158	-0,205	0,310	-0,076	0,371
12000159	-0,047	0,039	-0,120	0,061
12000160	-0,046	0,027	-0,003	0,053
12000161	0,029	0,029	-0,049	0,041
12000162	0,142	-0,180	0,004	0,229
12000163	0,039	-0,223	0,036	0,226
12000164	-0,020	0,145	0,022	0,146
12000165	-0,308	0,201	0,064	0,368
12000166	0,444	-0,288	0,024	0,529
12000167	0,124	-0,071	0,028	0,143
12000168	0,045	-0,088	0,043	0,099
12000169	-0,048	-0,053	0,092	0,071
12000170	0,020	-0,024	0,104	0,031
12000171	-0,084	0,134	0,129	0,158
Mean absolute:	0,123	0,126	0,112	0,187
RMS:	0,171	0,162	0,145	0,235
Maximum:	0,444	0,372	0,308	0,529

Number of points (differences):

25 (25 25 25 25)



<u>Check points residuals</u>				
N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT32b	0,367	0,438	-0,008	0,571
NOT33b	-0,255	-0,514	0,538	0,574
OT2	-0,446	0,323	-0,463	0,550
OT3	-0,430	-0,272	-0,007	0,509
OT4	-0,394	0,528	0,449	0,658
Mean absolute:	0,378	0,415	0,293	0,573
RMS:	0,384	0,427	0,376	0,575
Maximum:	0,446	0,528	0,538	0,658
<u>Number of points (differences):</u>				
5	(5	5	5	5)
<u>Check projection centers residuals</u>				
N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
11000146	2,272*	-1,395*	0,149	2,666*
Mean absolute:	2,272*	1,395*	0,149	2,666*
RMS:	2,272*	1,395*	0,149	2,666*
Maximum:	2,272*	1,395*	0,149	2,666*
<u>Number of points (differences):</u>				
1	(1	1	1	1)

**Block 5. ГЈ Чемерница (ОП 6)**

Number of strips: 1

Number of stereopairs: 15

Adjustment parameters:

Independent stereopairs method

Coordinate system: Cartesian Right

Maximum point distance, bases: 1000

Optimization algorithm: gradient

Weight of ground control points equations: 1

Weight of projection centers equations: 1

Weight of tie points equations: 1

Adjustment accuracy: 0,5

Calculate relative orientation: on

Measurement units: metre

Point catalog

N	X	Y	Z (metre)
<u>Ground control</u>			
NOT40a	6443800,162	4927812,244	1197,136
NOT40b	6443897,118	4927810,264	1194,827
NOT41a	6444045,490	4928135,201	1180,573
NOT41b	6444044,107	4928211,438	1179,776
NOT42a	6444407,044	4928053,614	1167,695
NOT43a	6445922,865	4928779,437	946,830
NOT43b	6445933,597	4928766,538	946,636
NOT44a	6445348,056	4928542,664	1119,869
OT1	6444047,650	4928206,944	1180,340
Total 9 points			
<u>Check</u>			
OT2	6445347,381	4928543,327	1119,980
OT5	6444076,865	4928058,366	1174,591
Total 2 points			

-----  
Generalized adjustment residuals information  
-----

Ground control point residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT40a	-0,008	-0,176	0,136	0,177
NOT40b	0,008	0,024	0,287	0,026
NOT41a	-0,380	0,541	-0,707	0,662
NOT41b	0,117	-0,312	0,826	0,333
NOT42a	-0,476	-0,306	0,695	0,566
NOT43a	-0,055	0,537	-0,170	0,540
NOT43b	-0,203	0,158	0,736	0,257
NOT44a	0,646	0,224	0,869	0,684
OT1	0,150	-0,156	-	0,217
Mean absolute:	0,227	0,271	0,553	0,385
MS:	0,311	0,317	0,621	0,444
Maximum:	0,646	0,541	0,869	0,684

Number of points (differences):

9 (9 9 8 9)

Control projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
14000183	-0,124	-0,180	0,267	0,218
14000184	0,276	0,095	0,035	0,292
14000185	-0,103	0,001	-0,089	0,103
14000186	0,128	0,164	-0,078	0,208
14000188	-0,167	0,021	-0,065	0,169
14000189	0,448	0,027	-0,225	0,448
14000190	0,059	0,084	-0,265	0,102
14000191	0,288	-0,013	-0,323	0,289
14000192	-0,284	0,125	-0,344	0,310
14000193	0,092	0,031	-0,326	0,097
14000194	-0,114	-0,376	-0,216	0,392
14000195	-0,246	-0,049	-0,247	0,250
14000196	-0,328	-0,031	-0,213	0,330
14000197	0,572	0,083	-0,150	0,578
14000198	-0,404	0,021	0,133	0,405
Mean absolute:	0,242	0,087	0,198	0,280
RMS:	0,282	0,128	0,221	0,310
Maximum:	0,572	0,376	0,344	0,578

Number of points (differences):

15 (15 15 15 15)

-----  
Check points residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
OT2	-0,119	0,027	-	0,122
OT5	0,865	0,366	-	0,939
Mean absolute:	0,492	0,196	0,000	0,531
RMS:	0,617	0,259	0,000	0,670
Maximum:	0,865	0,366	0,000	0,939

Number of points (differences):

2 (2 2 0 2)

Check projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
14000187	-0,177	0,600	0,083	0,625
Mean absolute:	0,177	0,600	0,083	0,625
RMS:	0,177	0,600	0,083	0,625
Maximum:	0,177	0,600	0,083	0,625

Number of points (differences):

1 (1 1 1 1)

**Блок 6. ГИ Мањача (ОП 7)**

Number of strips: 1

Number of stereopairs: 10

Adjustment parameters:

Bundle adjustment

Coordinate system: Cartesian Right

Manual point on image measurements accuracy, pix: 0,5

Automatic point on image measurements accuracy, pix: 0,5

Tie point measurements weight: 1

Ground control point coordinates weight: 1

Projection centers (GPS) coordinates weight: 1

Exterior orientation angles weight (Alpha, Omega, Kappa): (1, 1, 1)

Adjustment accuracy: 0,5

Measurement units: metre

-----  
Point catalog  
-----

N	X	Y	Z (metre)
<u>Ground control</u>			
NOT19a	6425805,357	4941339,939	905,330
NOT19b	6425803,590	4941361,229	906,687
NOT20a	6426033,522	4941588,721	898,109
NOT20b	6426040,030	4941598,090	898,346
NOT21a	6427425,363	4941246,242	847,390
NOT21b	6427300,914	4941262,461	855,397
NOT22a	6427563,721	4940921,600	906,021
NOT22b	6427556,150	4940923,679	906,202
NOT23a	6426869,713	4941104,248	903,428
Total 9 points			
<u>Check</u>			
NOT23b	6426890,203	4941065,167	904,355
Total 1 points			

-----  
General adjustment accuracy estimation

Sigma\_0 = 0,490

-----  
Generalized adjustment residuals information  
-----

Ground control point residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	E <sub>xy</sub> (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT19a	-0,173	0,179	-0,040	0,249
NOT19b	-0,370	-0,201	0,097	0,421
NOT20a	0,152	0,241	0,209	0,285
NOT20b	0,480	-0,360	-0,244	0,600
NOT21a	0,783	0,112	0,260	0,791
NOT21b	-0,426	-0,249	-0,233	0,493
NOT22a	-0,359	0,170	-0,079	0,398
NOT22b	0,130	0,099	0,022	0,163
NOT23a	-0,217	0,008	0,008	0,217
Mean absolute:	0,343	0,180	0,133	0,402
RMS:	0,396	0,204	0,164	0,445
Maximum:	0,783	0,360	0,260	0,791

Number of points (differences):

9 (9 9 9 9)

Control projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	E <sub>xy</sub> (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
Mean absolute:	0,000	0,000	0,000	0,000
RMS:	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum:	0,000	0,000	0,000	0,000

Number of points (differences):

0 (0 0 0 0)

-----  
Check points residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT23b	0,203	0,167	0,335	0,262
Mean absolute:	0,203	0,167	0,335	0,262
RMS:	0,203	0,167	0,335	0,262
Maximum:	0,203	0,167	0,335	0,262

Number of points (differences):

1	(1	1	1	1)
---	----	---	---	----

Check projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
Mean absolute:	0,000	0,000	0,000	0,000
RMS:	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum:	0,000	0,000	0,000	0,000

Number of points (differences):

0	(0	0	0	0)
---	----	---	---	----

**Block 7. П Дубичка гора (ОП 8)**

Number of strips: 1

Number of stereopairs: 11

Adjustment parameters:

Independent stereopairs method

Coordinate system: Cartesian Right

Maximum point distance, bases: 1000

Optimization algorithm: gradient

Weight of ground control points equations: 1

Weight of projection centers equations: 1

Weight of tie points equations: 1

Adjustment accuracy: 0,5

Calculate relative orientation: on

Measurement units: metre

-----  
 Point catalog

N	X	Y	Z (metre)
<u>Ground control</u>			
NOT14a	6421313,166	4930102,870	857,145
NOT14b	6421352,072	4930119,660	859,438
NOT15b	6421322,602	4929520,965	838,586
NOT16a	6421868,666	4930074,460	879,721
NOT16b	6421924,797	4930028,644	884,343
NOT17a	6422235,352	4929584,686	907,445
NOT17b	6422270,268	4929580,514	908,215
NOT18a	6422479,368	4929940,606	951,999
NOT18b	6422461,139	4929971,525	958,748
Total 9 points			

Check

Total 0 points

-----

-----  
 Generalized adjustment residuals information  
 -----

Ground control point residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
NOT14a	-0,034	0,010	0,045	0,035
NOT14b	-0,338	-0,140	-0,302	0,366
NOT15b	0,142	0,335	0,166	0,364
NOT16a	0,116	-0,210	0,441	0,240
NOT16b	-0,263	-0,136	-0,247	0,296
NOT17a	0,042	0,476	-0,995	0,478
NOT17b	-0,032	-0,146	0,825	0,150
NOT18a	-0,072	-0,204	-0,121	0,216
NOT18b	0,439	0,015	0,188	0,439
Mean absolute:	0,164	0,186	0,370	0,287
RMS:	0,216	0,232	0,483	0,317
Maximum:	0,439	0,476	0,995	0,478

Number of points (differences):

9 (9 9 9 9)

Control projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
Mean absolute:	0,000	0,000	0,000	0,000
RMS:	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum:	0,000	0,000	0,000	0,000

Number of points (differences):

0 (0 0 0 0)

-----  
Check points residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
Mean absolute:	0,000	0,000	0,000	0,000
RMS:	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum:	0,000	0,000	0,000	0,000

Number of points (differences):

0 (0 0 0 0)

Check projection centers residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	1,000	1,000	1,000	1,000
Mean absolute:	0,000	0,000	0,000	0,000
RMS:	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum:	0,000	0,000	0,000	0,000

Number of points (differences):

0 (0 0 0 0)

**Block 8. ГП Потоци - Ресановача (ОП 9 и ОП 10)**

Number of strips: 1

Number of stereopairs: 20

Adjustment parameters:

Independent stereopairs method

Coordinate system: Cartesian Right

Maximum point distance, bases: 1000

Optimization algorithm: gradient

Weight of ground control points equations: 1

Projection center coordinates not used

Weight of tie points equations: 1

Adjustment accuracy: 0,5

Calculate relative orientation: on

Measurement units: metre

-----  
Point catalog  
-----

N	X	Y	Z
<u>Ground control</u>			
NOT1a	6387738,304	4919130,573	1364,530
NOT1b	6387828,688	4919105,058	1364,638
NOT2a	6388147,046	4918807,889	1357,510
NOT3a	6390501,832	4917505,242	1039,100
NOT3b	6390454,690	4917434,672	1038,327
NOT4a	6391572,061	4917675,897	949,019
NOT5a	6389368,254	4918052,564	1159,890
NOT5b	6389362,680	4918065,555	1163,544
NOT6a	6390702,355	4917190,860	1031,713
Total 9 points			

Check

NOT2b	6388231,661	4918762,741	1353,557
NOT4b	6391535,119	4917700,791	961,115
OT1	6388008,340	4918908,762	1382,527
OT2	6388589,350	4918681,970	1304,727
OT3	6391072,810	4917789,938	1036,327
OT4	6390620,403	4917601,690	1040,171
OT5	6390182,349	4917628,197	1053,058
OT6	6389408,968	4918065,653	1160,700
OT7	6388441,285	4918422,800	1282,817
Total 9 points			

-----  
Estimation of block adjustment accuracy

Unacceptable residuals are marked with "\*\*",

-----  
Generalized adjustment residuals information  
-----

Ground control point residuals

N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	E <sub>xy</sub> (metre)
Limit:	0,500	0,500	0,500	0,500
NOT1a	0,214	-0,737*	1,230*	0,767*
NOT1b	-0,192	0,838*	-0,862*	0,860*
NOT2a	0,086	-0,141	-0,570*	0,166
NOT3a	0,132	-0,118	0,250	0,177
NOT3b	0,240	0,132	-0,203	0,274
NOT4a	0,051	0,077	-0,041	0,092
NOT5a	-0,406	-0,096	-0,530*	0,418
NOT5b	0,160	0,165	0,714*	0,230
NOT6a	-0,285	-0,120	0,013	0,309
Mean absolute:	0,196	0,269	0,490	0,366
RMS:	0,221	0,388	0,622*	0,446
Maximum:	0,406	0,838*	1,230*	0,860*

Number of points (differences):

9 (9 9 9 9)

Могућност примјене аерофотограметрије при уређајној (састојинској) инвентури шума у РС

<u>Control projection centers residuals</u>				
N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	0,500	0,500	0,500	0,500
Mean absolute:	0,000	0,000	0,000	0,000
RMS:	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum:	0,000	0,000	0,000	0,000
<u>Number of points (differences):</u>				
0	(0	0	0	0)
-----				
<u>Check points residuals</u>				
N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	0,500	0,	0,500	0,500
NOT2b	0,131	-1,379*	3,327*	1,385*
NOT4b	0,629*	-0,339	1,285*	0,714*
OT1	-2,660*	-5,238*	18,527*	5,875*
OT2	-9,650*	0,970*	9,727*	9,698*
OT3	1,810*	-14,062*	-2,673*	14,178*
OT4	-5,597*	-11,310*	-8,929*	12,619*
OT5	-3,651*	5,197*	-10,942*	6,351*
OT6	-0,032	-3,347*	-12,300*	3,347*
OT7	-9,715*	-9,200*	-4,183*	13,380*
Mean absolute:	3,764*	5,671*	7,988*	7,505*
RMS:	5,195*	7,295*	9,580*	8,956*
Maximum:	9,715*	14,062*	18,527*	14,178*
<u>Number of points (differences):</u>				
9	(9	9	9	9)
<u>Check projection centers residuals</u>				
N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy (metre)
Limit:	0,500	0,500	0,500	0,500
10000001	2,789*	-1,811*	-	3,326*
10000002	3,246*	-2,146*	-	3,891*
10000003	4,356*	-2,474*	-	5,010*
10000004	4,510*	-4,032*	-	6,049*
10000005	5,207*	-3,725*	-	6,402*
10000006	5,170*	-2,974*	-	5,964*
10000007	5,574*	-4,472*	-	7,146*
10000008	3,402*	-3,740*	-	5,055*
10000009	5,419*	-8,004*	-	9,666*
10000010	4,983*	-5,941*	-	7,754*
10000011	2,674*	-3,300*	-	4,247*
10000012	2,806*	-3,922*	-	4,822*
10000013	-1,484*	-5,321*	-	5,524*
10000014	-0,546*	-4,384*	-	4,418*
10000015	0,026	-3,240*	-	3,240*
10000016	-1,062*	-1,514*	-	1,850*
10000017	-1,190*	-2,134*	-	2,443*
10000018	-1,021*	-1,023*	-	1,445*
10000019	-1,303*	-0,380	-	1,358*
10000020	-2,603*	0,095	-	2,605*
10000021	-2,578*	0,009	-	2,578*
Mean absolute:	2,950*	3,078*	0,000	4,514*
RMS:	3,412*	3,643*	0,000	4,991*
Maximum:	5,574*	8,004*	0,000	9,666*
<u>Number of points (differences):</u>				
21	(21	21	0	21)

## ПРИЛОГ 2. Координате тјемева огледних површина

<b><u>Огледна површина 1</u></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Тјеме 1	6 472 244,90	4 921 600,36	1.146,09
Тјеме 2	6 472 421,04	4 921 419,01	1.115,48
Тјеме 3	6 472 527,36	4 921 521,29	1.128,95
Тјеме 4	6 472 354,15	4 921 700,62	1.167,98

<b><u>Огледна површина 2</u></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Тјеме 1	6 406 177,50	4 987 391,05	513,50
Тјеме 2	6 406 084,50	4 987 557,50	504,62
Тјеме 3	6 406 263,44	4 987 654,40	525,10
Тјеме 4	6 406 353,75	4 987 487,24	549,65

<b><u>Огледна површина 3</u></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Тјеме 1	6 409 642,61	4 927 944,37	646,04
Тјеме 2	6 409 445,55	4 927 987,81	594,80
Тјеме 3	6 409 408,36	4 927 791,30	601,75
Тјеме 4	6 409 600,08	4 927 749,71	626,39

<b><u>Огледна површина 4</u></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Тјеме 1	6 408 892,41	4 927 709,39	516,28
Тјеме 2	6 408 865,59	4 927 895,88	000,00
Тјеме 3	6 408 555,19	4 927 858,30	000,00
Тјеме 4	6 408 598,43	4 927 659,75	467,23

<b><u>Огледна површина 5</u></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Тјеме 1	6 470 968,46	4 974 924,24	232,83
Тјеме 2	6 471 019,98	4 974 731,68	224,55
Тјеме 3	6 471 357,25	4 974 830,23	186,76
Тјеме 4	6 471 302,44	4 975 021,39	209,35



<b><u>Огледна површина 6</u></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Тјеме 1	6 445 275,72	4 928 512,46	1.133,50
Тјеме 2	6 445 140,30	4 928 362,26	1.182,68
Тјеме 3	6 445 399,85	4 928 130,24	1.162,21
Тјеме 4	6 445 534,42	4 928 279,00	1.122,30

<b><u>Огледна површина 7</u></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Тјеме 1	6 426 426,73	4 941 390,48	903,53
Тјеме 2	0 000 000,00	0 000 000,00	000,00
Тјеме 3	0 000 000,00	0 000 000,00	000,00
Тјеме 4	6 426 232,78	4 941 335,28	897,35

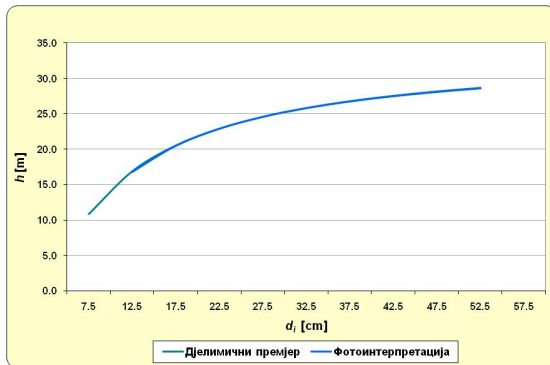
<b><u>Огледна површина 8</u></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Тјеме 1	6 422 813,50	4 929 857,78	987,54
Тјеме 2	6 422 631,53	4 929 940,93	967,57
Тјеме 3	6 422 483,91	4 929 623,30	933,97
Тјеме 4	6 422 668,15	4 929 538,33	946,23

<b><u>Огледна површина 9</u></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Тјеме 1	6 389 178,32	4 918 138,20	1.197,77
Тјеме 2	6 389 375,35	4 918 368,98	1.217,99
Тјеме 3	6 389 109,06	4 918 598,77	1.212,46
Тјеме 4	6 388 916,86	4 918 369,65	1.238,63

<b><u>Огледна површина 10</u></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Тјеме 1	6 390 385,24	4 917 710,97	1.071,40
Тјеме 2	6 390 426,06	4 918 006,94	1.129,13
Тјеме 3	6 390 080,28	4 918 053,56	1.135,30
Тјеме 4	6 390 039,90	4 917 757,13	1.063,70

### ПРИЛОГ 3. Графициони и параметри функција висинских кривих

#### ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 1



Врста дрвећа: смрча

Дјелимични премјер

Фотоинтерпретација

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a = 32,46783$$

$$a = 32,75568$$

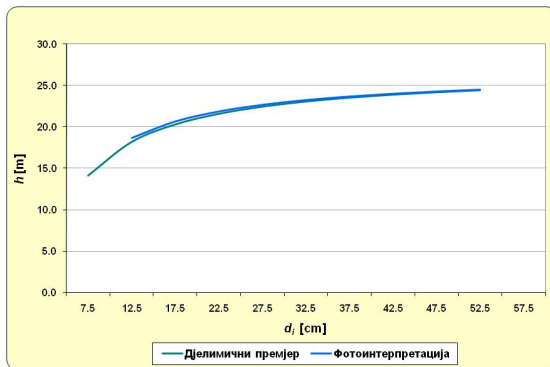
$$b = 9,16488$$

$$b = 9,40461$$

$$r^2 = 92,08\%$$

$$r^2 = 89,70\%$$

#### ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 2



Врста дрвећа: црни бор

Дјелимични премјер

Фотоинтерпретација

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a = 25,57313$$

$$a = 25,40555$$

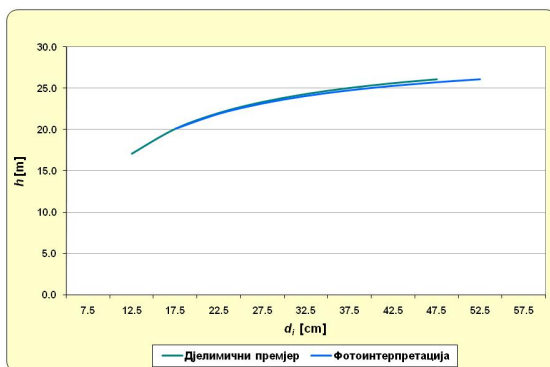
$$b = 5,17935$$

$$b = 4,72309$$

$$r^2 = 54,02\%$$

$$r^2 = 48,73\%$$

#### ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 3



Врста дрвећа: црни бор

Дјелимични премјер

Фотоинтерпретација

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a = 29,09054$$

$$a = 28,45086$$

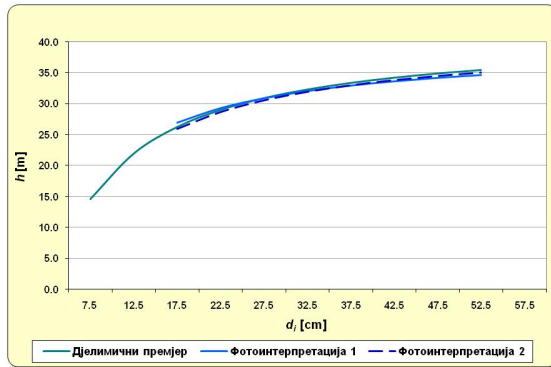
$$b = 7,63867$$

$$b = 7,24408$$

$$r^2 = 66,08\%$$

$$r^2 = 49,84\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 4**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a = 39,97342$$

$$b = 8,23154$$

$$r^2 = 64,04\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a_1 = 38,00891$$

$$b_1 = 6,86397$$

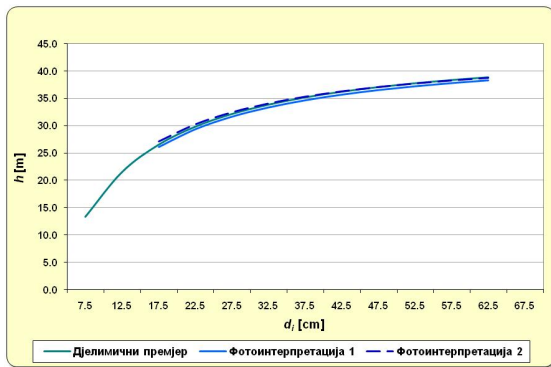
$$r_1^2 = 38,12\%$$

$$a_2 = 39,52611$$

$$b_2 = 8,24331$$

$$r_2^2 = 50,48\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 5**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a = 43,78782$$

$$b = 9,65209$$

$$r^2 = 66,51\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a_1 = 43,24674$$

$$b_1 = 9,72741$$

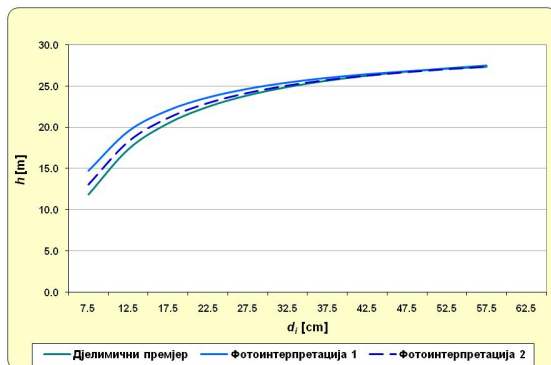
$$r_1^2 = 52,96\%$$

$$a_2 = 43,27962$$

$$b_2 = 9,04400$$

$$r_2^2 = 59,53\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 6**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a = 30,04993$$

$$b = 7,83047$$

$$r^2 = 80,05\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a_1 = 28,81463$$

$$b_1 = 5,69715$$

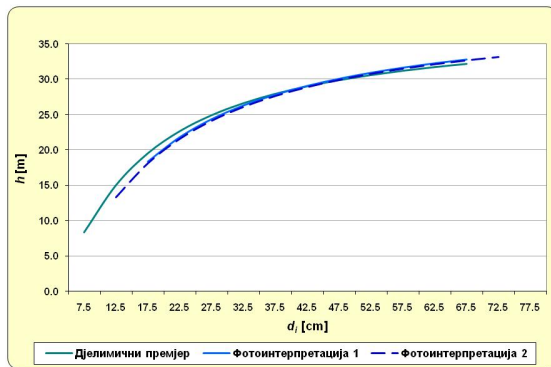
$$r_1^2 = 59,77\%$$

$$a_2 = 29,34335$$

$$b_2 = 6,81991$$

$$r_2^2 = 65,26\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 7**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a = 37,13003$$

$$b = 12,42641$$

$$r^2 = 87,58\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a_1 = 38,99888$$

$$b_1 = 14,43387$$

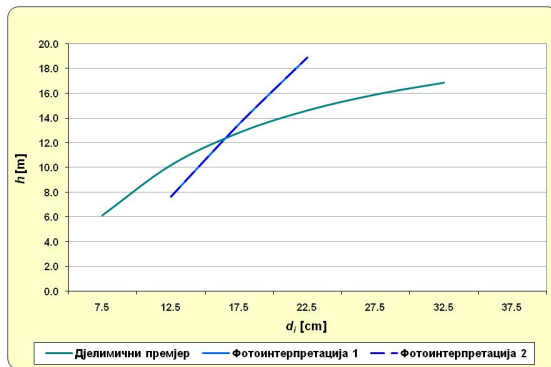
$$r_1^2 = 70,65\%$$

$$a_2 = 39,07976$$

$$b_2 = 14,79099$$

$$r_2^2 = 78,26\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 7**



**Врста дрвећа: јела**  
**Дјелимични премјер**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a = 22,10945$$

$$b = 11,38624$$

$$r^2 = 87,70\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a_1 = 63,00913$$

$$b_1 = 28,71488$$

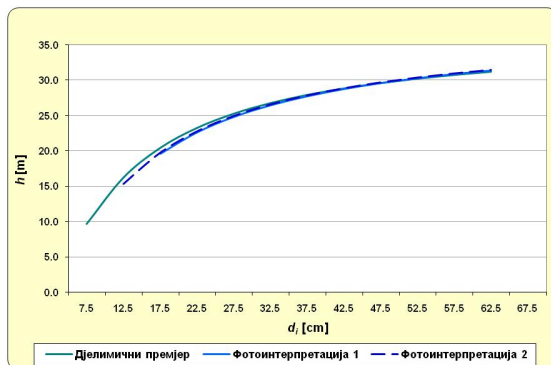
$$r_1^2 = 87,93\%$$

$$a_2 = 63,00913$$

$$b_2 = 28,71488$$

$$r_2^2 = 87,93\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 8**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a = 35,64795$$

$$b = 10,89107$$

$$r^2 = 77,74\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$h = a \cdot e^{(-b/d)} + 1.30$$

$$a_1 = 36,56832$$

$$b_1 = 12,13232$$

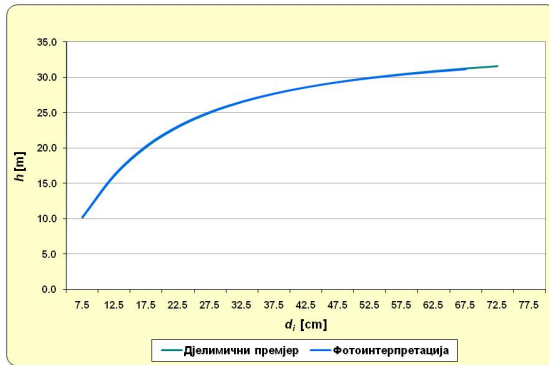
$$r_1^2 = 56,57\%$$

$$a_2 = 36,54602$$

$$b_2 = 11,92567$$

$$r_2^2 = 77,65\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 9**



**Врста дрвећа: буква**

**Дјелимични премјер**

**Фотоинтерпретација**

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$a = 2,71120$$

$$a = 2,78376$$

$$b = 0,27079$$

$$b = 0,25181$$

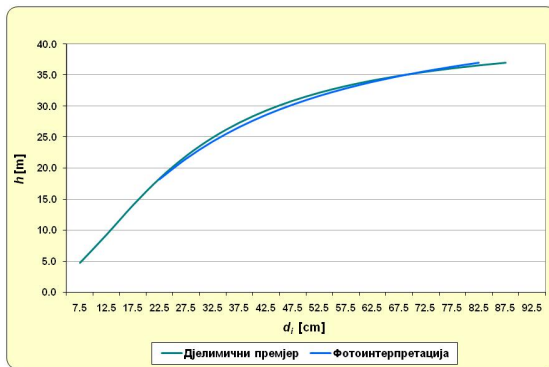
$$c = 0,02882$$

$$c = 0,02914$$

$$r^2 = 87,07\%$$

$$r^2 = 84,37\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 9**



**Врста дрвећа: јела**

**Дјелимични премјер**

**Фотоинтерпретација**

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$a = 13,82296$$

$$a = 9,88417$$

$$b = 0,15411$$

$$b = 0,40564$$

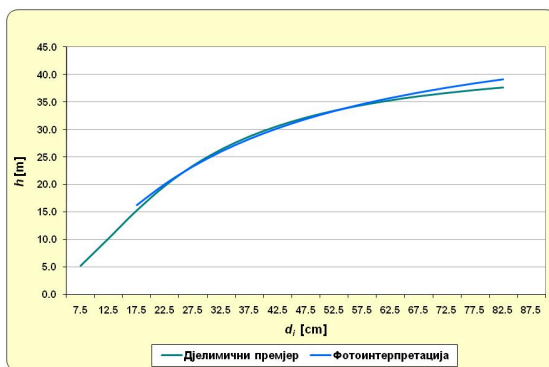
$$c = 0,02447$$

$$c = 0,02162$$

$$r^2 = 97,20\%$$

$$r^2 = 94,64\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 9**



**Врста дрвећа: смрча**

**Дјелимични премјер**

**Фотоинтерпретација**

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$a = 11,82584$$

$$a = 5,45080$$

$$b = 0,15405$$

$$b = 0,51727$$

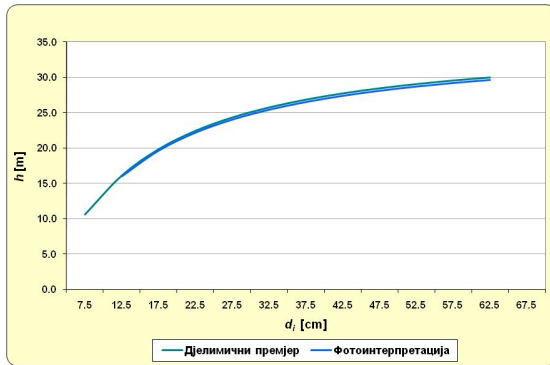
$$c = 0,02392$$

$$c = 0,01940$$

$$r^2 = 96,79\%$$

$$r^2 = 96,62\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 10**



**Врста дрвећа: буква**

**Дјелимични премјер**

**Фотоинтерпретација**

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$a = 2,05560$$

$$a = 1,95045$$

$$b = 0,31356$$

$$b = 0,32699$$

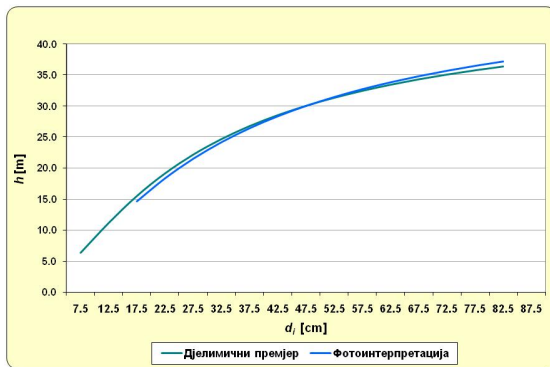
$$c = 0,02960$$

$$c = 0,02954$$

$$r^2 = 89,53\%$$

$$r^2 = 86,64\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 10**



**Врста дрвећа: јела**

**Дјелимични премјер**

**Фотоинтерпретација**

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$a = 6,29707$$

$$a = 7,26721$$

$$b = 0,49628$$

$$b = 0,53594$$

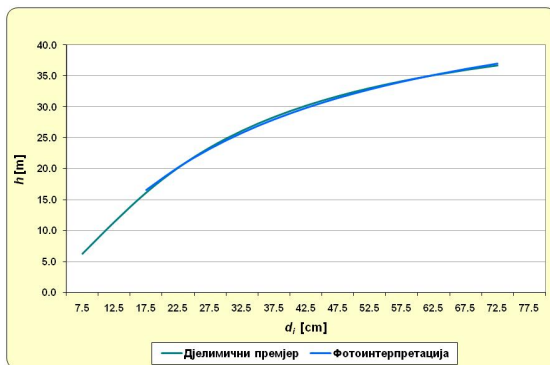
$$c = 0,02158$$

$$c = 0,02030$$

$$r^2 = 96,84\%$$

$$r^2 = 96,02\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 10**



**Врста дрвећа: смрча**

**Дјелимични премјер**

**Фотоинтерпретација**

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$h = \frac{d^2}{a+b \cdot d+c \cdot d^2} + 1.30$$

$$a = 7,40670$$

$$a = 4,23835$$

$$b = 0,37720$$

$$b = 0,56795$$

$$c = 0,02161$$

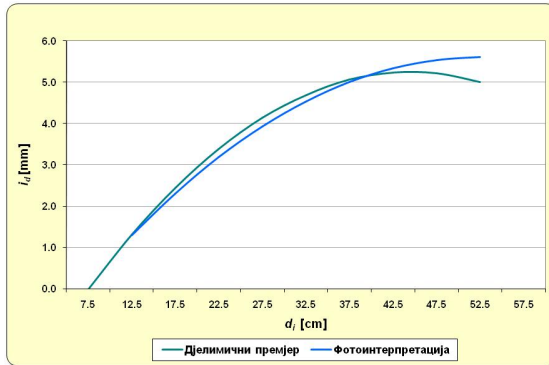
$$c = 0,01937$$

$$r^2 = 97,03\%$$

$$r^2 = 97,70\%$$

## ПРИЛОГ 4. Графикони и параметри функција кривих дебљин. прираста

### ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 1



Врста дрвећа: **срча**

**Дјелимични премјер**

**Фотоинтерпретација**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_0 = -2,36318$$

$$a_0 = -1,82718$$

$$a_1 = 0,34206$$

$$a_1 = 0,28393$$

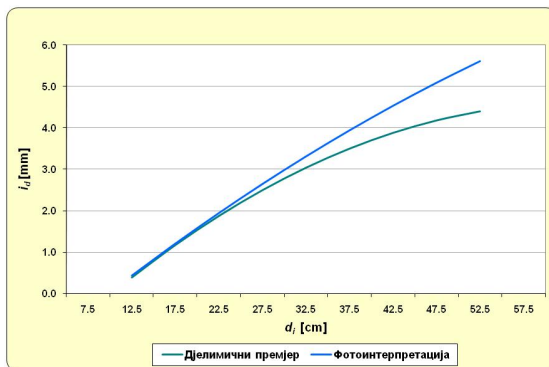
$$a_2 = -0,00384$$

$$a_2 = -0,00271$$

$$r^2 = 73,28\%$$

$$r^2 = 96,55\%$$

### ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 2



Врста дрвећа: **црни бор**

**Дјелимични премјер**

**Фотоинтерпретација**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_0 = -1,92482$$

$$a_0 = -1,66257$$

$$a_1 = 0,20500$$

$$a_1 = 0,17635$$

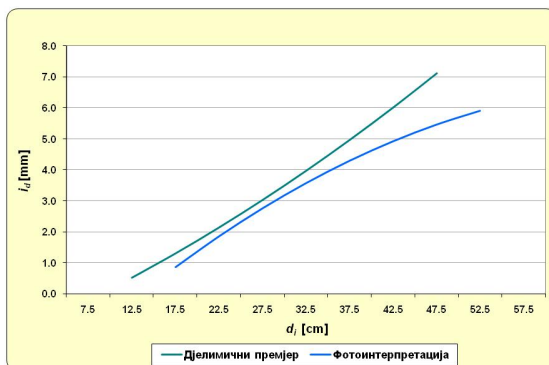
$$a_2 = -0,00161$$

$$a_2 = -0,00072$$

$$r^2 = 58,93\%$$

$$r^2 = 93,45\%$$

### ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 3



Врста дрвећа: **црни бор**

**Дјелимични премјер**

**Фотоинтерпретација**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_0 = -1,20701$$

$$a_0 = -3,34334$$

$$a_1 = 0,12520$$

$$a_1 = 0,27222$$

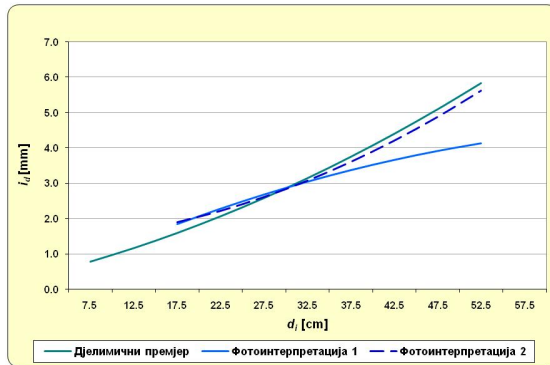
$$a_2 = 0,00106$$

$$a_2 = -0,00183$$

$$r^2 = 78,08\%$$

$$r^2 = 91,62\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 4**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_0 = 0,28510$$

$$a_1 = 0,05905$$

$$a_2 = 0,00089$$

$$r^2 = 62,24\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_{0,1} = 0,04176$$

$$a_{1,1} = 0,11612$$

$$a_{2,1} = -0,00073$$

$$r_1^2 = 97,65\%$$

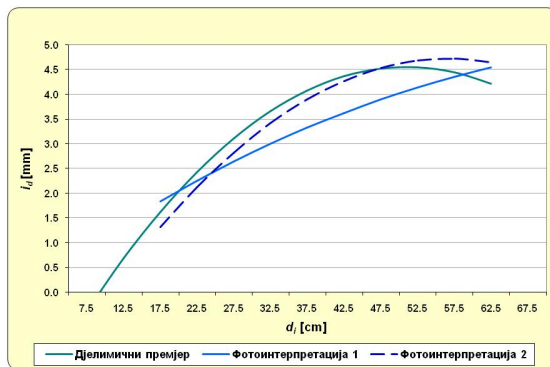
$$a_{0,2} = 1,32115$$

$$a_{1,2} = 0,00859$$

$$a_{2,2} = 0,00140$$

$$r_2^2 = 88,68\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 5**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_0 = -2,23454$$

$$a_1 = 0,26629$$

$$a_2 = -0,00261$$

$$r^2 = 34,57\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_{0,1} = 0,17040$$

$$a_{1,1} = 0,10559$$

$$a_{2,1} = -0,00057$$

$$r_1^2 = 99,18\%$$

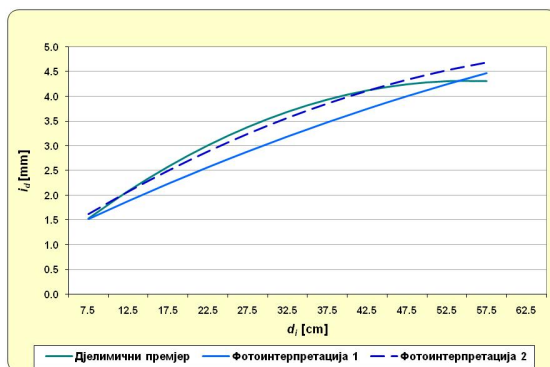
$$a_{0,2} = -2,38256$$

$$a_{1,2} = 0,25005$$

$$a_{2,2} = -0,00220$$

$$r_2^2 = 88,54\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 6**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_0 = 0,58232$$

$$a_1 = 0,13553$$

$$a_2 = -0,00123$$

$$r^2 = 35,25\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_{0,1} = 0,95259$$

$$a_{1,1} = 0,07900$$

$$a_{2,1} = -0,00031$$

$$r_1^2 = 99,05\%$$

$$a_{0,2} = 0,88375$$

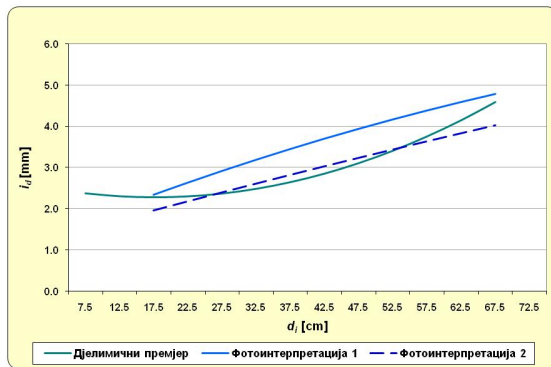
$$a_{1,2} = 0,10419$$

$$a_{2,2} = -0,00066$$

$$r_2^2 = 99,68\%$$



**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 7**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_0 = 2,57091$$

$$a_1 = -0,03282$$

$$a_2 = 0,00093$$

$$r^2 = 19,69\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_{0,1} = 1,23326$$

$$a_{1,1} = 0,06755$$

$$a_{2,1} = -0,00022$$

$$r_1^2 = 99,46\%$$

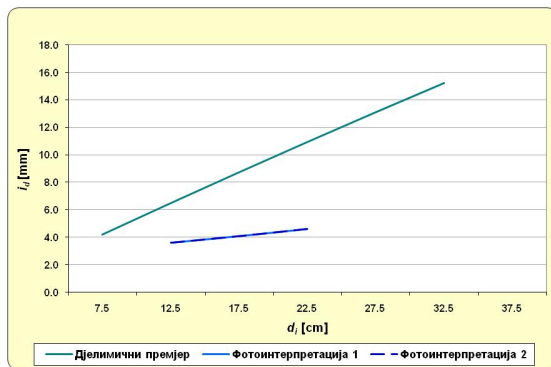
$$a_{0,2} = 1,16100$$

$$a_{1,2} = 0,04647$$

$$a_{2,2} = -0,00006$$

$$r_2^2 = 90,03\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 7**



**Врста дрвећа: јела**  
**Дјелимични премјер**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_0 = 0,69091$$

$$a_1 = 0,47427$$

$$a_2 = -0,00082$$

$$r^2 = 70,78\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_{0,1} = 2,56018$$

$$a_{1,1} = 0,07373$$

$$a_{2,1} = 0,00080$$

$$r_1^2 = 83,22\%$$

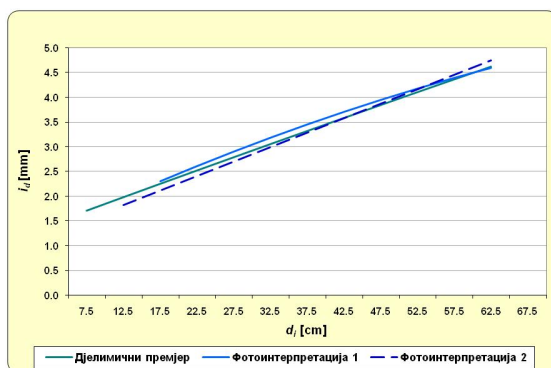
$$a_{0,2} = 2,56018$$

$$a_{1,2} = 0,07373$$

$$a_{2,2} = 0,00080$$

$$r_2^2 = 83,22\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 8**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_0 = 1,30622$$

$$a_1 = 0,05504$$

$$a_2 = -0,00003$$

$$r^2 = 33,01\%$$

**Фотоинтерпретација**

$$i_d = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$$

$$a_{0,1} = 1,13927$$

$$a_{1,1} = 0,07159$$

$$a_{2,1} = -0,00026$$

$$r_1^2 = 99,08\%$$

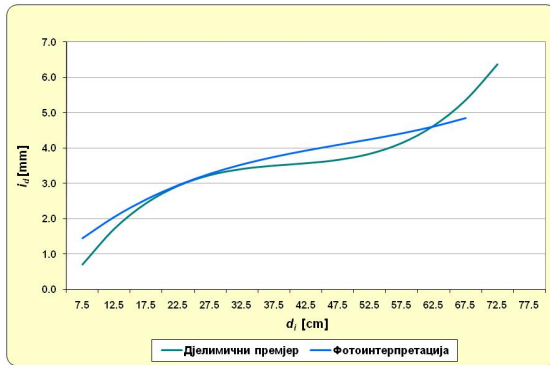
$$a_{0,2} = 1,09818$$

$$a_{1,2} = 0,05850$$

$$a_{2,2} = -0,000002$$

$$r_2^2 = 81,06\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 9**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

Кубна функција

$$a_0 = -1,46329$$

$$a_1 = 0,34907$$

$$a_2 = -0,00840$$

$$a_3 = 0,00007$$

$$r^2 = 33,65\%$$

**Фотоинтерпретација**

Кубна функција

$$a_0 = 0,29996$$

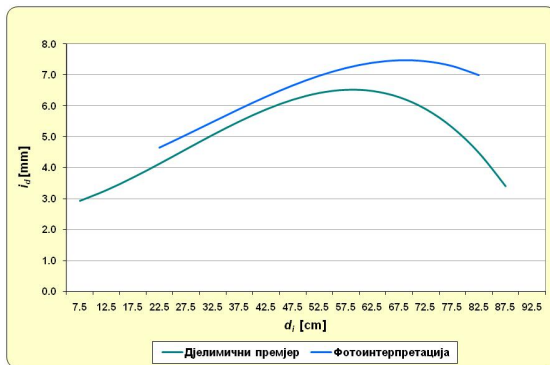
$$a_1 = 0,17336$$

$$a_2 = -0,00292$$

$$a_3 = 0,00002$$

$$r^2 = 89,22\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 9**



**Врста дрвећа: јела**  
**Дјелимични премјер**

Кубна функција

$$a_0 = 2,57061$$

$$a_1 = 0,03087$$

$$a_2 = 0,00238$$

$$a_3 = -0,00003$$

$$r^2 = 39,08\%$$

**Фотоинтерпретација**

Кубна функција

$$a_0 = 3,34030$$

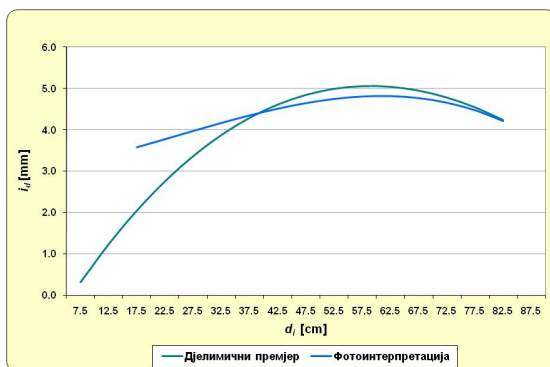
$$a_1 = 0,02618$$

$$a_2 = 0,00187$$

$$a_3 = -0,00002$$

$$r^2 = 87,04\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 9**



**Врста дрвећа: смрча**  
**Дјелимични премјер**

Кубна функција

$$a_0 = -1,26765$$

$$a_1 = 0,22844$$

$$a_2 = -0,00229$$

$$a_3 = 0,000004$$

$$r^2 = 42,38\%$$

**Фотоинтерпретација**

Кубна функција

$$a_0 = 3,00902$$

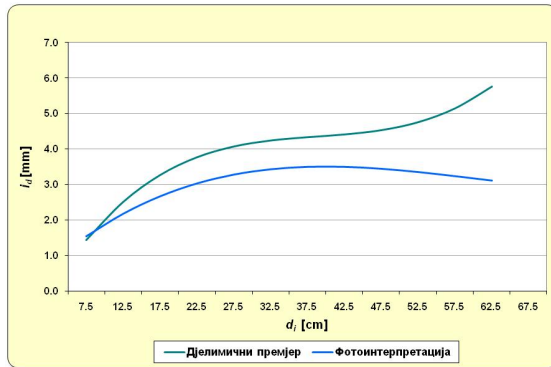
$$a_1 = 0,02241$$

$$a_2 = 0,00073$$

$$a_3 = -0,00001$$

$$r^2 = 84,87\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 10**



**Врста дрвећа: буква**  
**Дјелимични премјер**

Кубна функција

$$a_0 = -0,90660$$

$$a_1 = 0,37652$$

$$a_2 = -0,00932$$

$$a_3 = 0,00008$$

$$r^2 = 32,64\%$$

**Фотоинтерпретација**

Кубна функција

$$a_0 = 0,28549$$

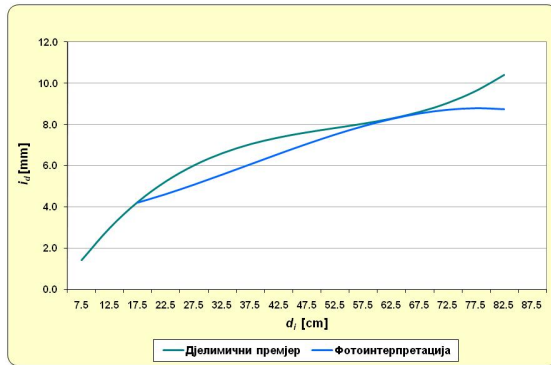
$$a_1 = 0,19338$$

$$a_2 = -0,00362$$

$$a_3 = 0,00002$$

$$r^2 = 89,94\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 10**



**Врста дрвећа: јела**  
**Дјелимични премјер**

Кубна функција

$$a_0 = -1,56582$$

$$a_1 = 0,45475$$

$$a_2 = -0,00788$$

$$a_3 = 0,00005$$

$$r^2 = 49,61\%$$

**Фотоинтерпретација**

Кубна функција

$$a_0 = 3,33162$$

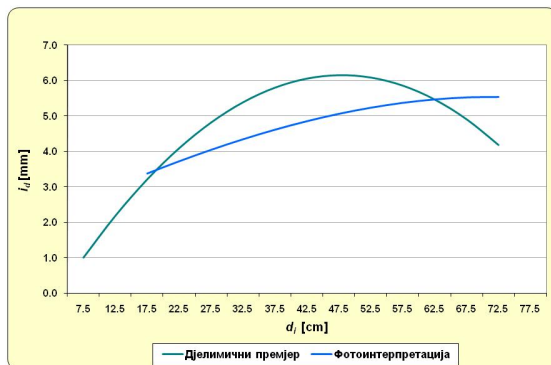
$$a_1 = 0,01790$$

$$a_2 = 0,00223$$

$$a_3 = -0,00002$$

$$r^2 = 93,07\%$$

**ОГЛЕДНА ПОВРШИНА: 10**



**Врста дрвећа: смрча**  
**Дјелимични премјер**

Кубна функција

$$a_0 = -1,04052$$

$$a_1 = 0,29493$$

$$a_2 = -0,00293$$

$$a_3 = -0,000002$$

$$r^2 = 46,26\%$$

**Фотоинтерпретација**

Кубна функција

$$a_0 = 2,02210$$

$$a_1 = 0,08302$$

$$a_2 = -0,00026$$

$$a_3 = -0,000003$$

$$r^2 = 89,04\%$$

**ПРИЛОГ 5. Резултати спроведеног теста Колмогоров-Смирнов ( $\alpha=0,05$ )**

**Огледна површина 1**

	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>max</sub></b>	<b>D<sub>krit</sub></b>	<b>p</b>
<b>ДП - ТП</b>					
Темељница	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
Запремина	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
Текући запрем. прираст	10	10	0,30000	0,70000	p > 0,10
<b>ФИ - ТП</b>					
Темељница	10	10	0,30000	0,70000	p > 0,10
Запремина	10	10	0,30000	0,70000	p > 0,10
Текући запрем. прираст	10	10	0,30000	0,70000	p > 0,10

**Огледна површина 2**

	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>max</sub></b>	<b>D<sub>krit</sub></b>	<b>p</b>
<b>ДП - ТП</b>					
Темељница	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
Запремина	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
Текући запрем. прираст	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
<b>ФИ - ТП</b>					
Темељница	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
Запремина	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
Текући запрем. прираст	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10

**Огледна површина 3**

	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>max</sub></b>	<b>D<sub>krit</sub></b>	<b>p</b>
<b>ДП - ТП</b>					
Темељница	9	9	0,22222	0,66667	p > 0,10
Запремина	9	9	0,22222	0,66667	p > 0,10
Текући запрем. прираст	9	9	0,22222	0,66667	p > 0,10
<b>ФИ - ТП</b>					
Темељница	9	9	0,22222	0,66667	p > 0,10
Запремина	9	9	0,22222	0,66667	p > 0,10
Текући запрем. прираст	9	9	0,22222	0,66667	p > 0,10

**Огледна површина 4**

	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>max</sub></b>	<b>D<sub>krit</sub></b>	<b>p</b>
<b>ДП - ТП</b>					
Темељница	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
Запремина	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
Текући запрем. прираст	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
<b>ФИ (1) - ТП</b>					
Темељница	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
Запремина	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
Текући запрем. прираст	10	10	0,20000	0,70000	p > 0,10
<b>ФИ (2) - ТП</b>					
Темељница	10	10	0,30000	0,70000	p > 0,10
Запремина	10	10	0,30000	0,70000	p > 0,10
Текући запрем. прираст	10	10	0,30000	0,70000	p > 0,10

**Огледна површина 5**

	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>max</sub></b>	<b>D<sub>krit</sub></b>	<b>p</b>
<b>ДП - ТП</b>					
Темељница	12	12	0,16667	0,58333	p > 0,10
Запремина	12	12	0,16667	0,58333	p > 0,10
Текући запрем. прираст	12	12	0,16667	0,58333	p > 0,10
<b>ФИ (1) - ТП</b>					
Темељница	12	12	0,25000	0,58333	p > 0,10
Запремина	12	12	0,25000	0,58333	p > 0,10
Текући запрем. прираст	12	12	0,08333	0,58333	p > 0,10
<b>ФИ (2) - ТП</b>					
Темељница	12	12	0,16667	0,58333	p > 0,10
Запремина	12	12	0,16667	0,58333	p > 0,10
Текући запрем. прираст	12	12	0,16667	0,58333	p > 0,10

**Огледна површина 6**

	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>max</sub></b>	<b>D<sub>krit</sub></b>	<b>p</b>
<b>ДП - ТП</b>					
Темељница	11	11	0,18182	0,63636	p > 0,10
Запремина	11	11	0,18182	0,63636	p > 0,10
Текући запрем. прираст	11	11	0,18182	0,63636	p > 0,10
<b>ФИ (1) - ТП</b>					
Темељница	11	11	0,27273	0,63636	p > 0,10
Запремина	11	11	0,27273	0,63636	p > 0,10
Текући запрем. прираст	11	11	0,27273	0,63636	p > 0,10
<b>ФИ (2) - ТП</b>					
Темељница	11	11	0,18182	0,63636	p > 0,10
Запремина	11	11	0,18182	0,63636	p > 0,10
Текући запрем. прираст	11	11	0,18182	0,63636	p > 0,10

**Огледна површина 7**

	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>max</sub></b>	<b>D<sub>krit</sub></b>	<b>p</b>
<b>ДП - ТП</b>					
Темељница	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
Запремина	13	13	0,23077	0,53846	p > 0,10
Текући запрем. прираст	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
<b>ФИ (1) - ТП</b>					
Темељница	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
Запремина	13	13	0,23077	0,53846	p > 0,10
Текући запрем. прираст	13	13	0,23077	0,53846	p > 0,10
<b>ФИ (2) - ТП</b>					
Темељница	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
Запремина	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
Текући запрем. прираст	13	13	0,23077	0,53846	p > 0,10

**Огледна површина 8**

	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>max</sub></b>	<b>D<sub>krit</sub></b>	<b>p</b>
<b>ДП - ТП</b>					
Темељница	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
Запремина	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
Текући запрем. прираст	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
<b>ФИ (1) - ТП</b>					
Темељница	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
Запремина	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
Текући запрем. прираст	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
<b>ФИ (2) - ТП</b>					
Темељница	13	13	0,07692	0,53846	p > 0,10
Запремина	13	13	0,15385	0,53846	p > 0,10
Текући запрем. прираст	13	13	0,07692	0,53846	p > 0,10

**Огледна површина 9**

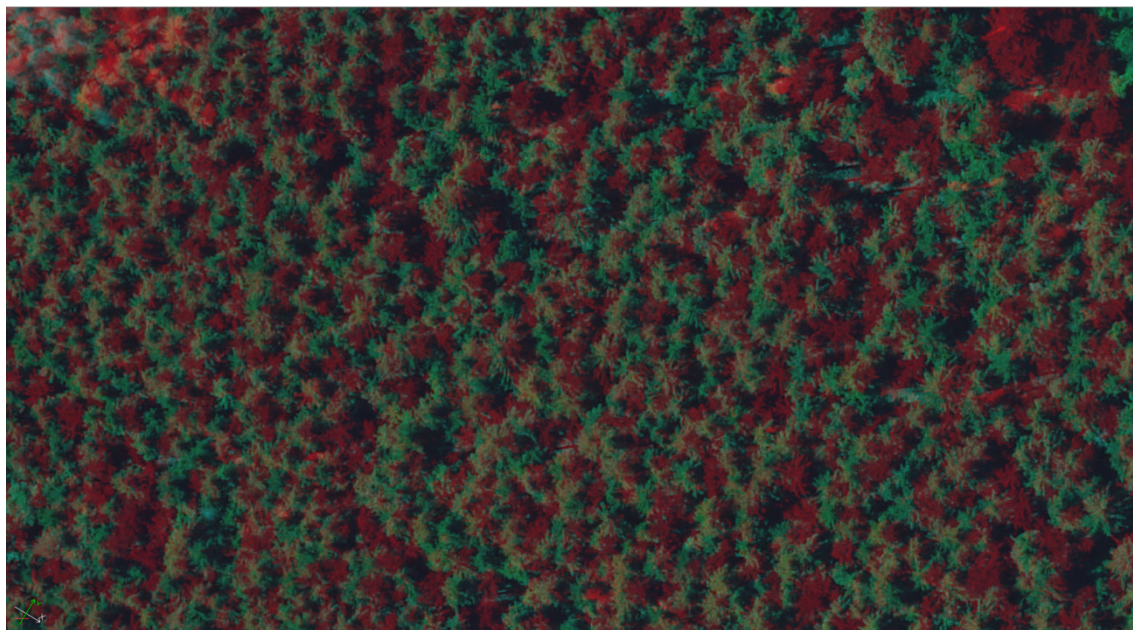
	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>max</sub></b>	<b>D<sub>krit</sub></b>	<b>p</b>
<b>ФИ - ТП</b>					
Темељница	17	17	0,11765	0,43599	p > 0,10
Запремина	17	17	0,17647	0,43599	p > 0,10
Текући запрем. прираст	17	17	0,17647	0,43599	p > 0,10
<b>ДП - ТП</b>					
Темељница	17	17	0,23529	0,43599	p > 0,10
Запремина	17	17	0,11765	0,43599	p > 0,10
Текући запрем. прираст	17	17	0,17647	0,43599	p > 0,10

**Огледна површина 10**

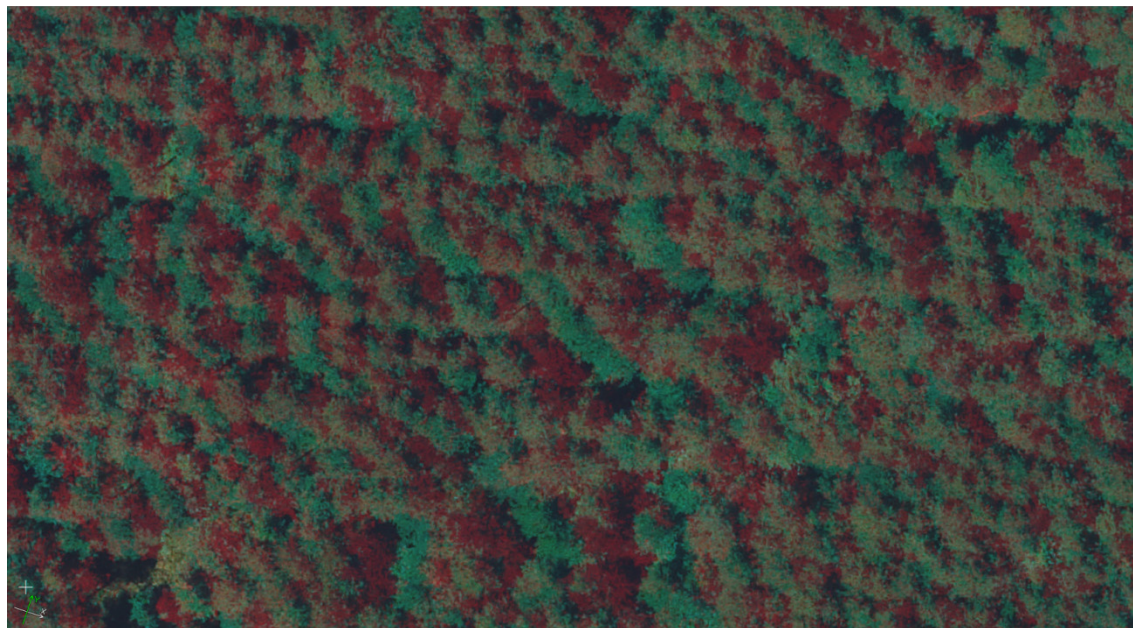
	<b>n<sub>1</sub></b>	<b>n<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>max</sub></b>	<b>D<sub>krit</sub></b>	<b>p</b>
<b>ФИ - ТП</b>					
Темељница	16	16	0,18750	0,46875	p > 0,10
Запремина	16	16	0,18750	0,46875	p > 0,10
Текући запрем. прираст	16	16	0,12500	0,46875	p > 0,10
<b>ДП - ТП</b>					
Темељница	<u>16</u>	<u>16</u>	<u>0,50000</u>	<u>0,46875</u>	<u>p &lt; 0,05</u>
Запремина	16	16	0,43750	0,46875	p < 0,10
Текући запрем. прираст	16	16	0,43750	0,46875	p < 0,10

## ПРИЛОГ 6. Фотокаталог детаља са огл. површина у 3D анаглифском моду

Детаљ са ОП 1

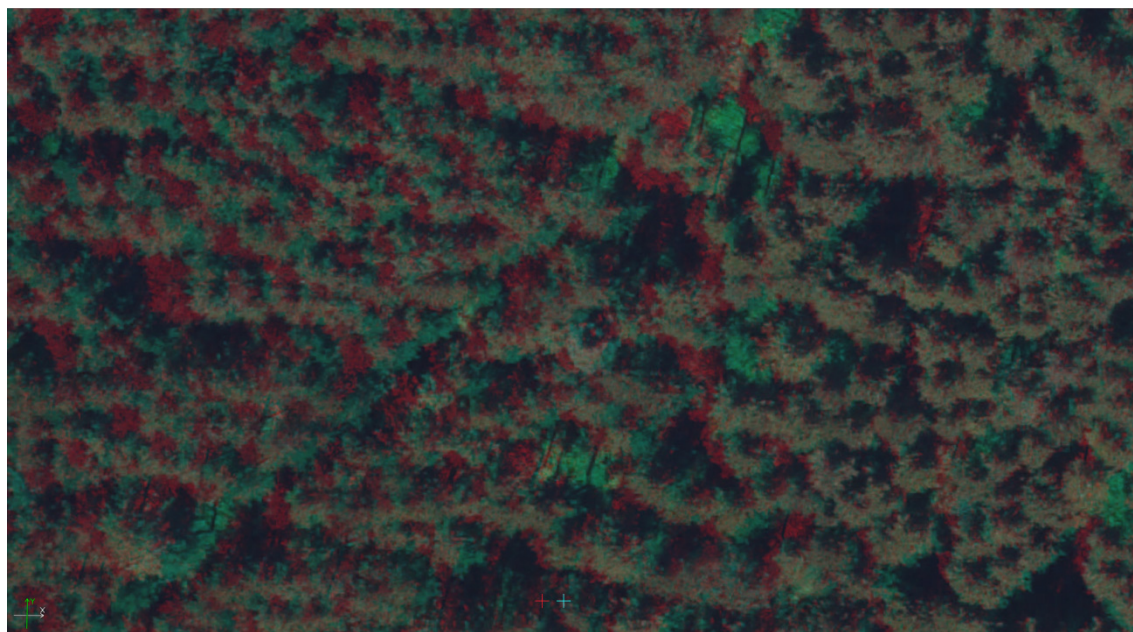


Детаљ са ОП 2

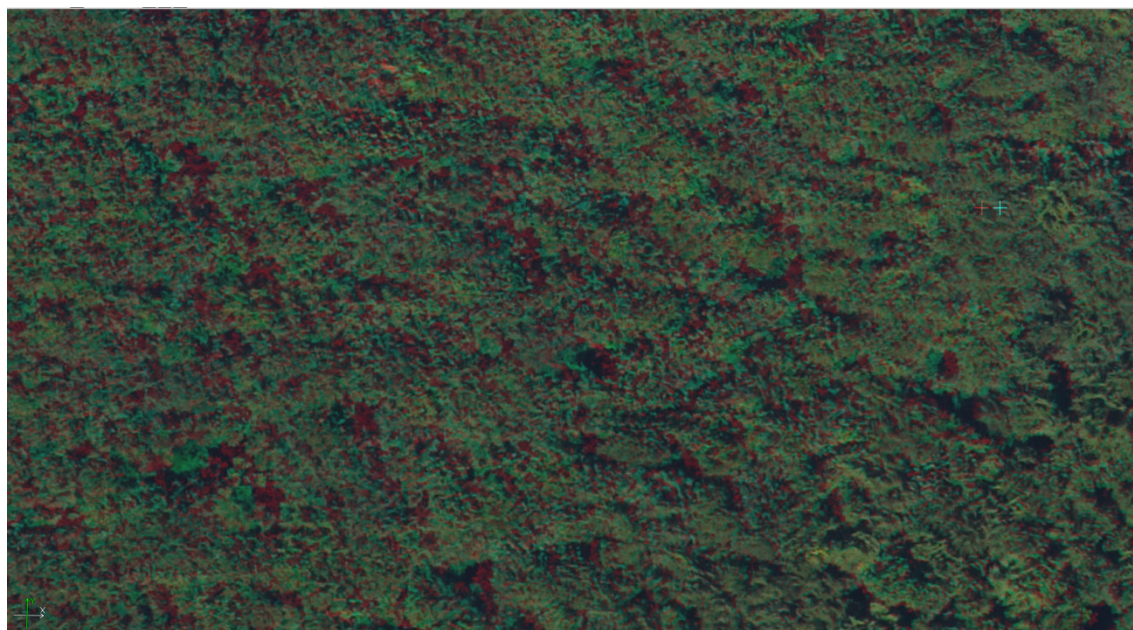




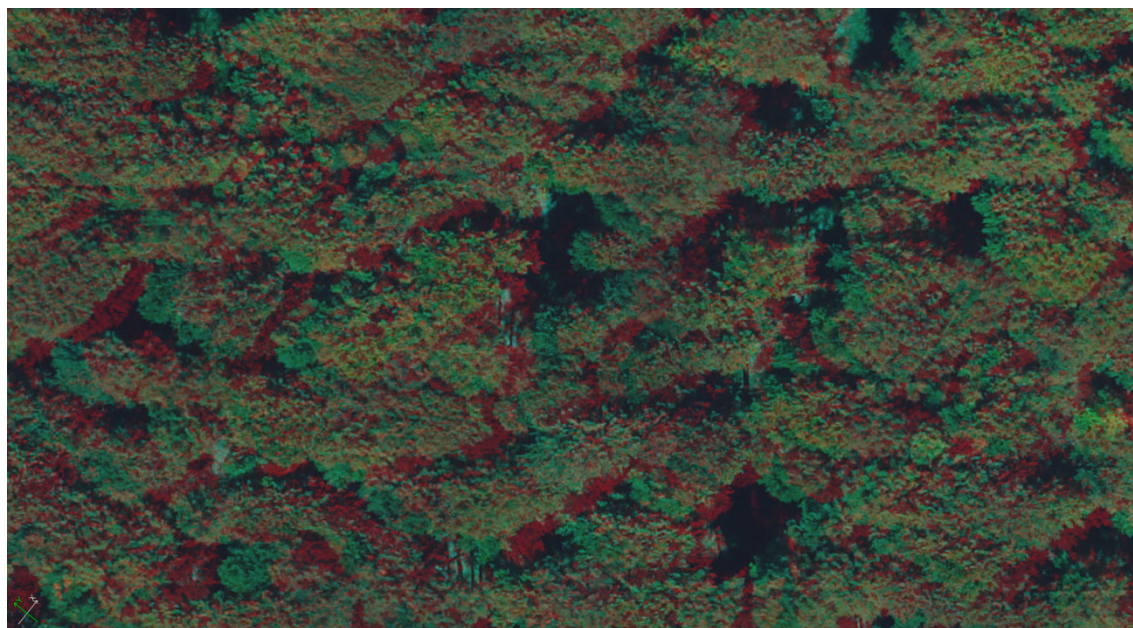
Детаљ са ОП 3



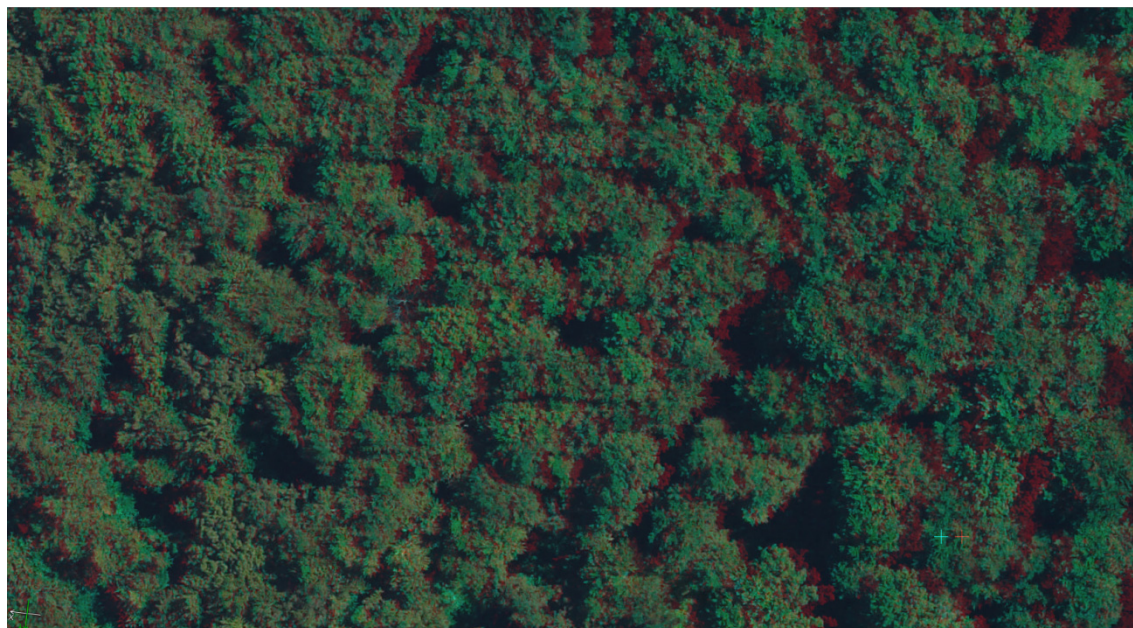
Детаљ са ОП 4



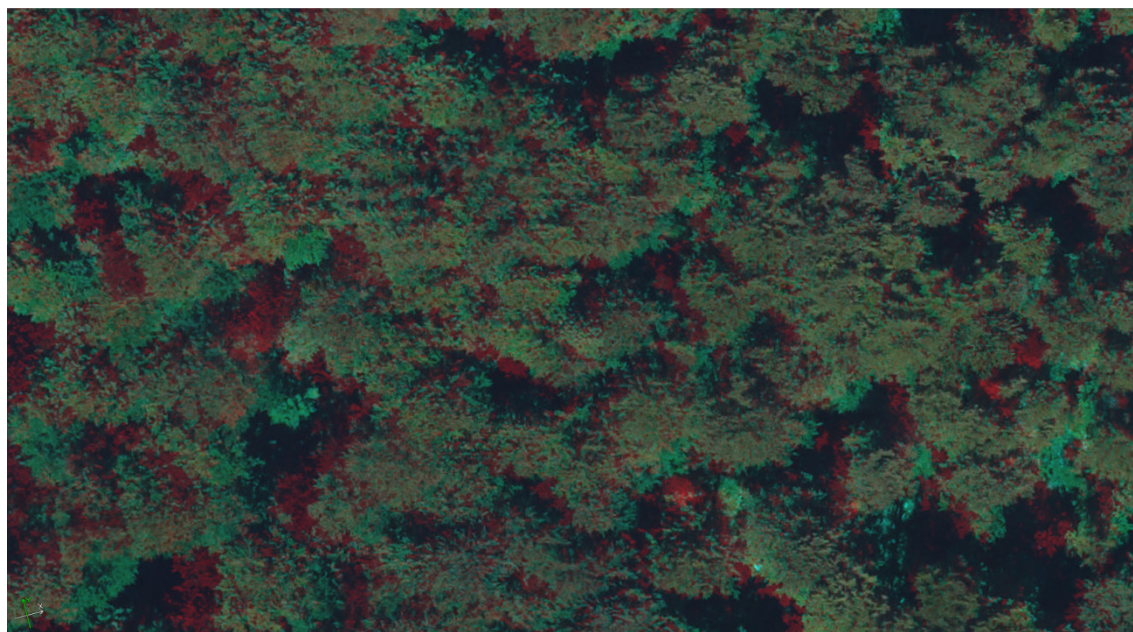
Детаљ са ОП 5



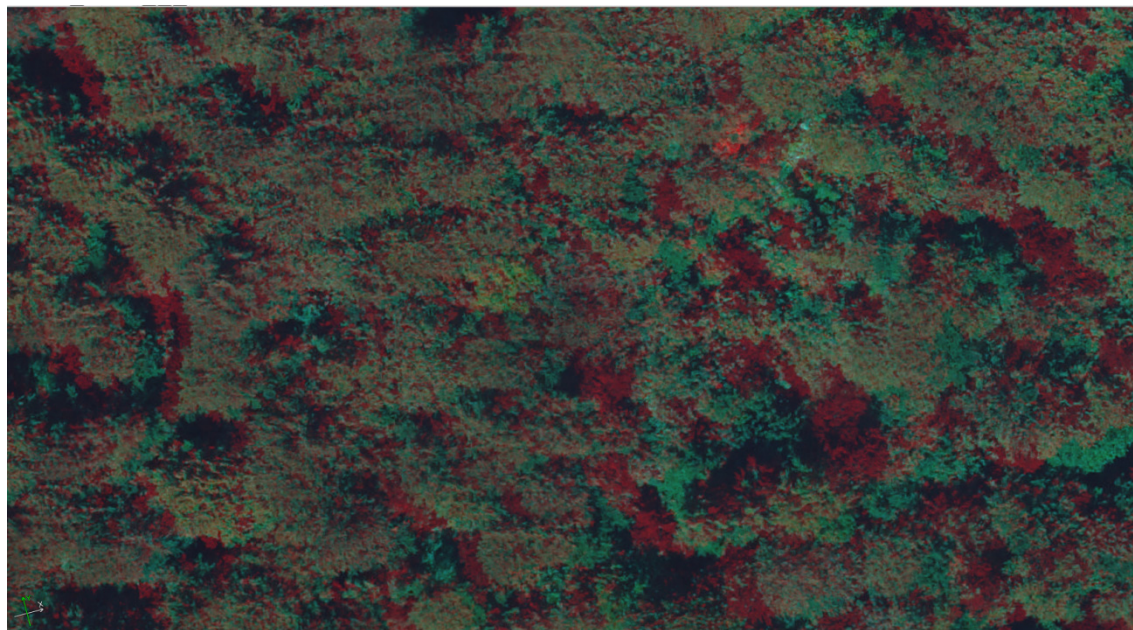
Детаљ са ОП 6



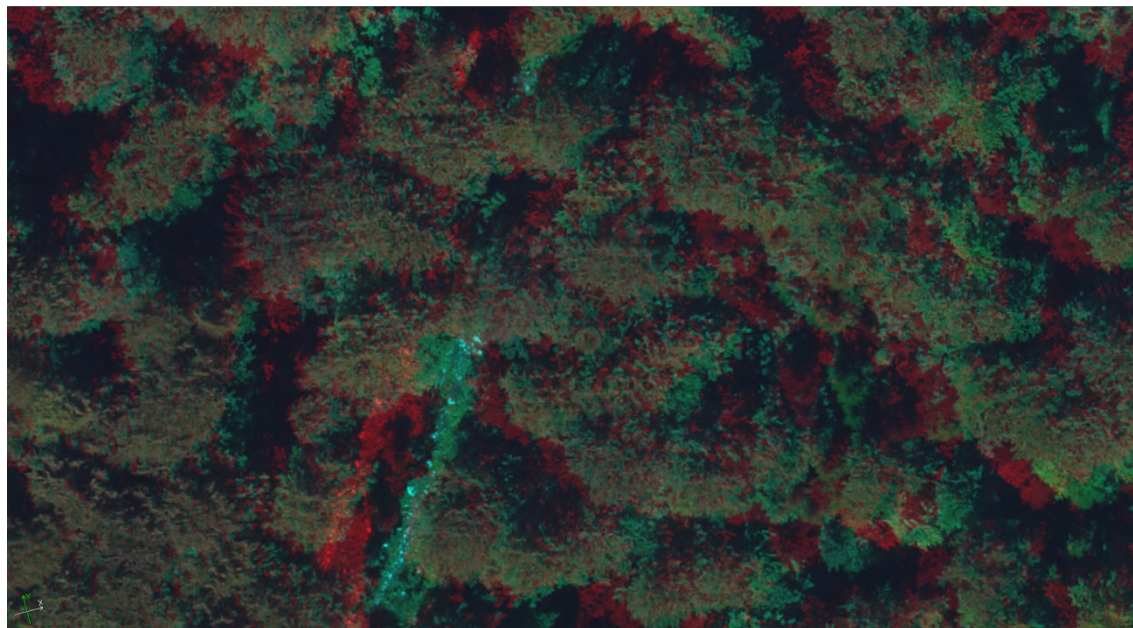
Детаљ са ОП 7



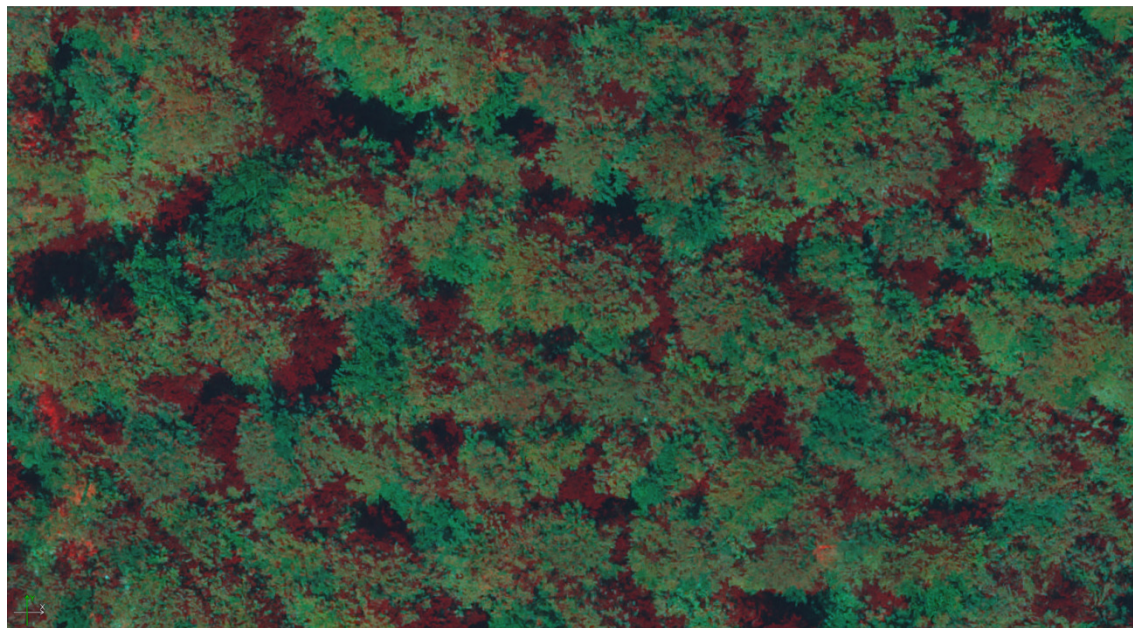
Детаљ са ОП 7: Скупина младих стабала букве и горског јавора



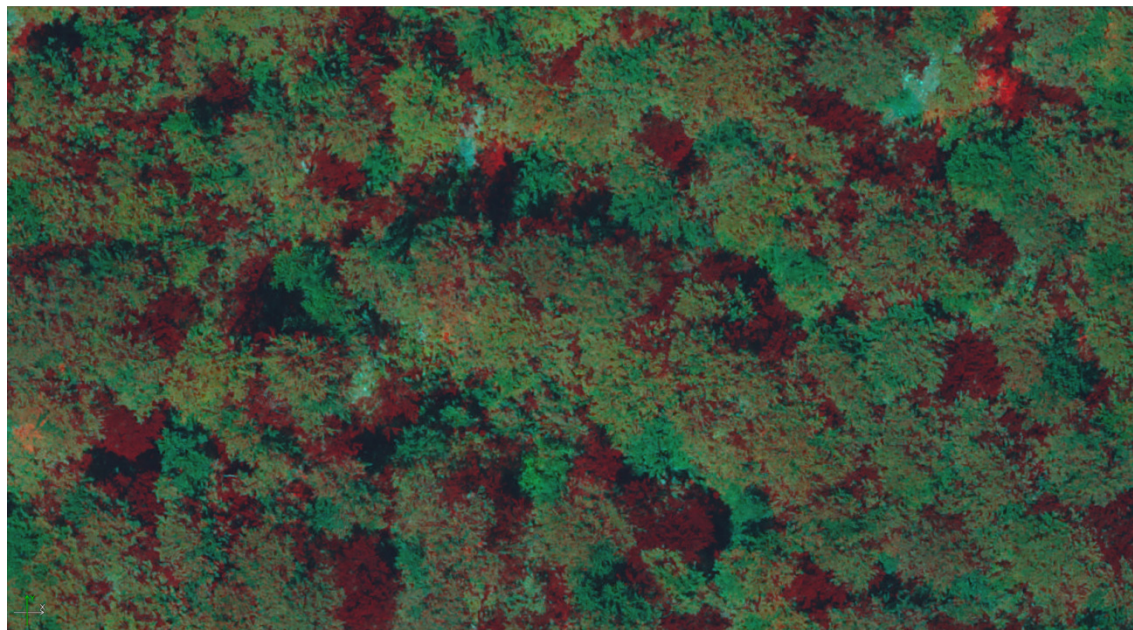
Детаљ са ОП 7: Скупина младих стабала јеле и горског јавора



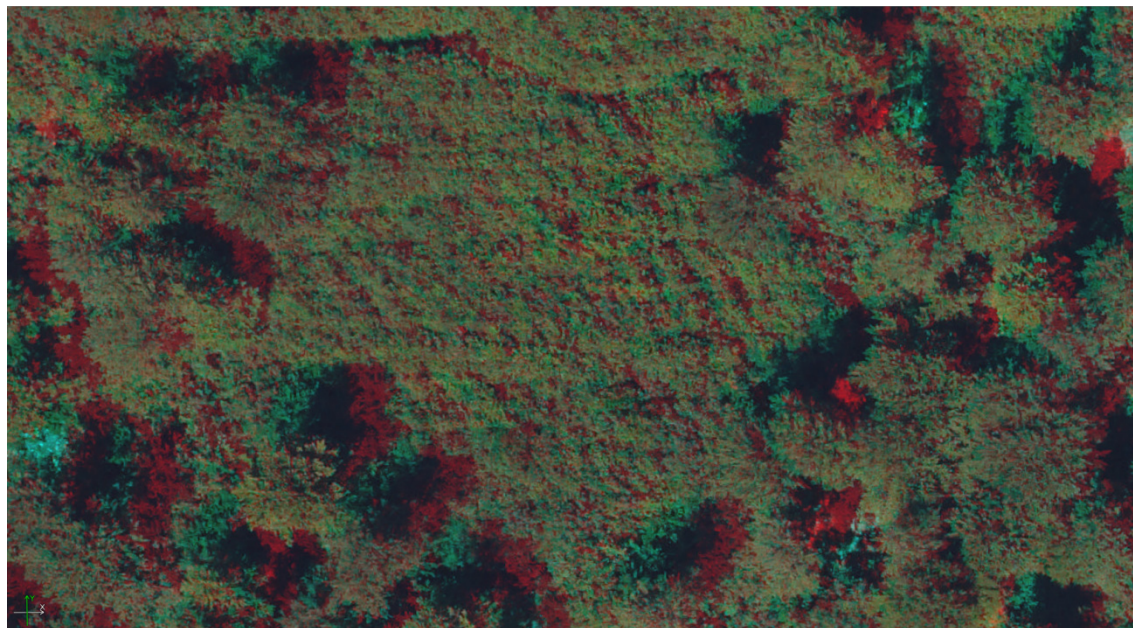
Детаљ са ОП 8



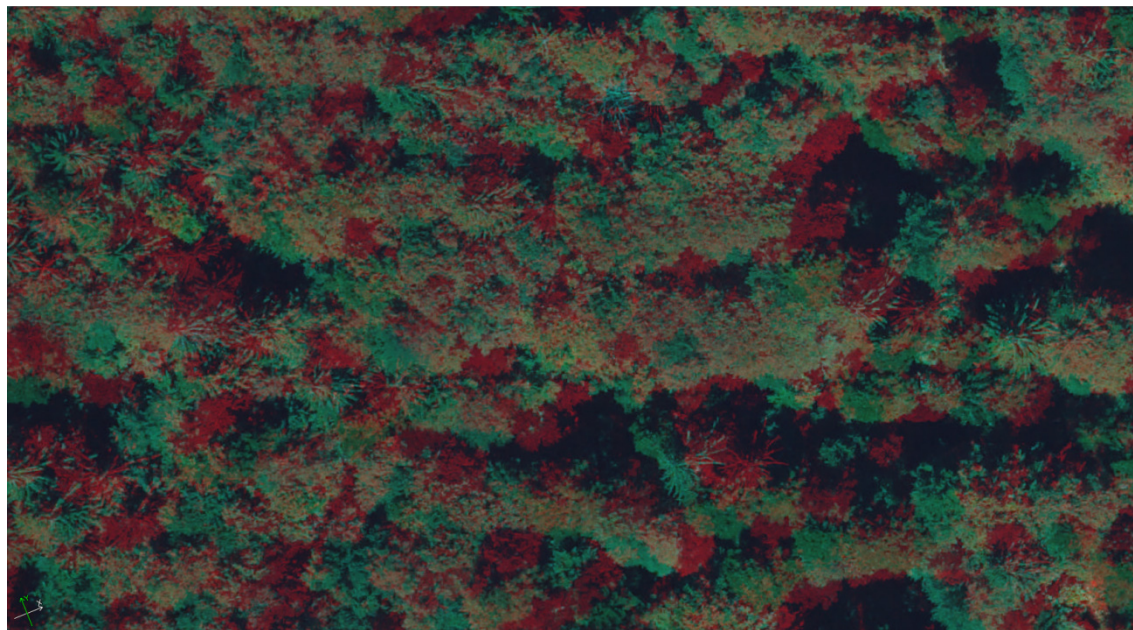
Детаљ са ОП 8: Скупина младих стабала букве и горског јавора



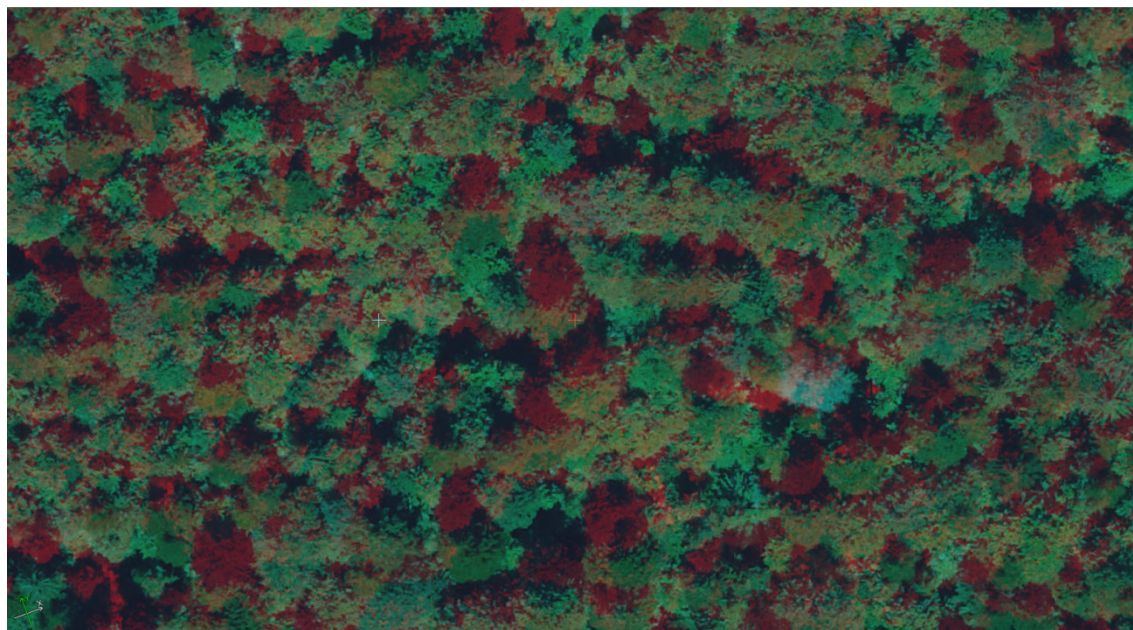
Скупина младих стабала букве и горског јавора у непосредној близини ОП 8



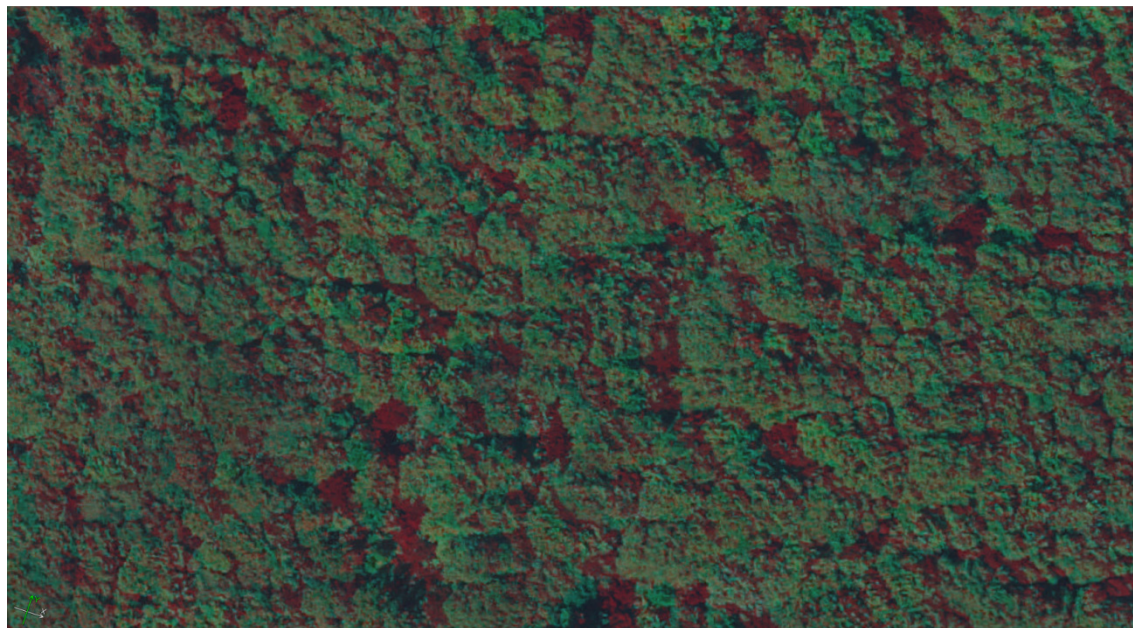
Детаљ са ОП 9



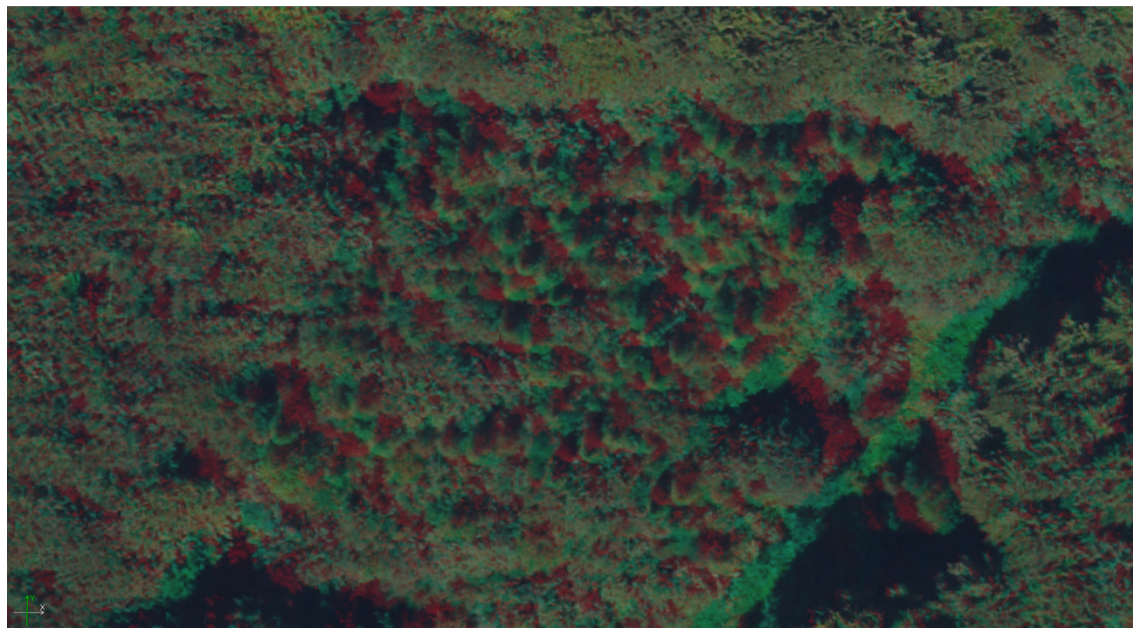
Детаљ са ОП 10



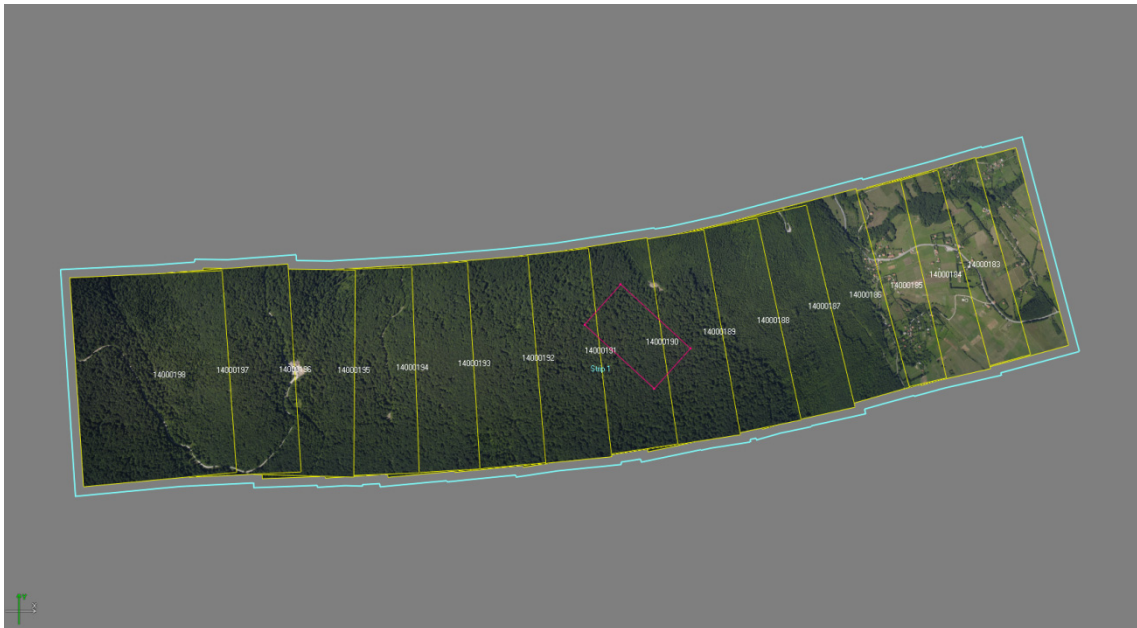
Састојина храста китњака у близини ОП 2



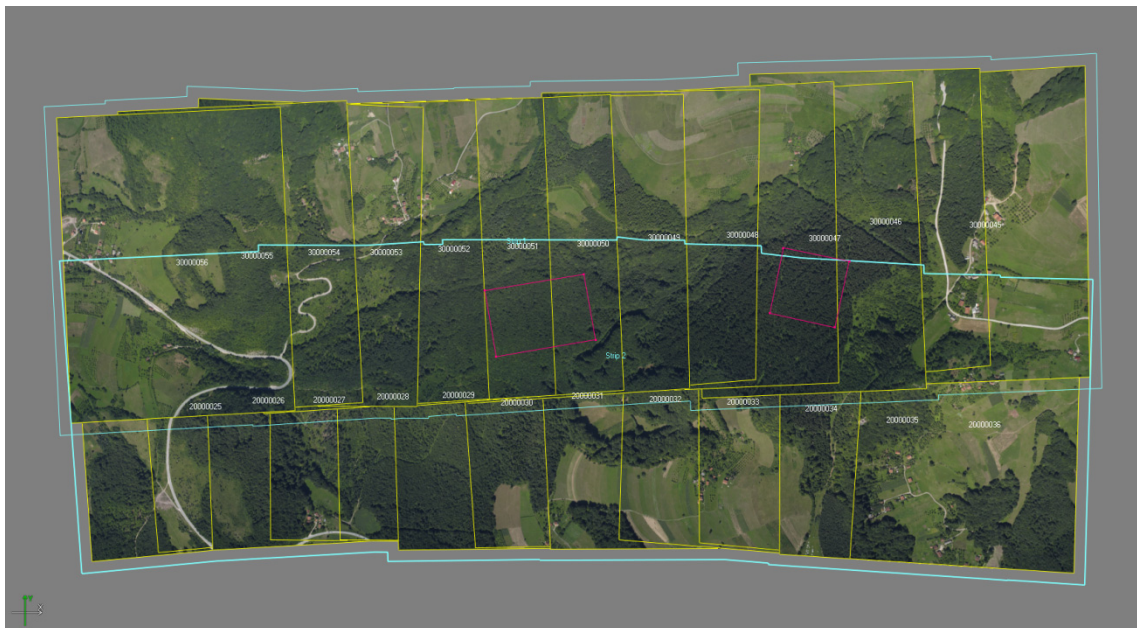
Скупина стабала ариша у близини ОП 4



### БЛОК 5. ГЈ Чемерница (ОП 6)



### БЛОК 3. ГЈ Мулеж – Љубинска планина (ОП 3 и ОП 4)





Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани: **Душко Чуковић**

број уписа: \_\_\_\_\_

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

**„Могућност примјене аерофотограметрије при уређајној (састојинској) инвентури шума у Републици Српској”**

- 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 ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

**Потпис докторанда**

У Београду, 08. 05. 2018. године

*Д. Чуковић*

---

Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: **Душко Чуковић**

Број уписа: \_\_\_\_\_

Студијски програм: \_\_\_\_\_

Наслов рада:

**„Могућност примјене аерофотограметрије при уређајној (састојинској) инвентури  
шума у Републици Српској”**

Ментор: **Др Дамјан Пантић, редовни професор, Универзитет у Београду –  
Шумарски факултет**

Потписани: **Душко Чуковић**

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао 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, 08. 05. 2018. године

  
\_\_\_\_\_

Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

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

**„Могућност примјене аерофотограметрије при уређајној (састојинској) инвентури шума у Републици Српској”**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао 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.

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, 08. 05. 2018. године



## БИОГРАФИЈА

Душко Чуковић рођен је 21. 09. 1968. године у Санском Мосту, СР БиХ. У родном граду завршава основну и средњу школу (техничар искориштавања шума).

Након одслужења војног рока одлази у Загреб, гдје студира на Шумарском факултету. Због оружаног сукоба у Хрватској, 1991. године, прелази у Београд, гдје наставља студије. Апсолвирао је 1993. године, а дипломирао 1997. године. Тема дипломског рада била је „Карактеристике раста и производности смрче и дуглазије на станишту заједнице *Abieti – Fagetum moesiacaе* (Jov. 1953)“

Током 1997. и 1998. године хонорарно ради за Шумарски факултет у Београду, на пословима уређивања шума Националног парка „Бердап“ и предузећа „Бели извор“ из Врњачке Бање, а 1999. године учествује на прикупљању теренских података за израду шумско-привредне основе за „Братуначко“ шумскопривредно подручје.

За асистента на предмету **дендрометрија**, на Шумарском факултету у Бањој Луци, изабран је 2000. године.

Послиједипломске студије уписао је на Шумарском факултету у Београду, на Катедри планирања и организације газдовања шумама, гдје је и магистрирао 2006. године. Тема магистарског рада била је „Избор оптималног метода уређајне (састојинске) инвентуре у разнодобним и пребирним шумама у Републици Српској“.

За вишег асистента на предмету **дендрометрија** изабран је 2006. године.

### **Стручни послови:**

Прикупљање и контрола теренских података за израду шумскопривредних основа за „Калиновачко“, „Паљанско“, „Прњаворско“, „Невесињско“, „Вишеградско“, „Руђанско“, „Кнежевско“, „Которварошко“, и „Бањалучко“ шумскопривредно подручје.

### **Рад на пројектима:**

- Издвајање сталних огледних површина у Републици Српској;
- Одрживо управљање шумама – биоразноврсност и промјене климе;
- Програм функционалног коришћења сјеменске састојине „Увала“ и туристичко – рекреативног центра „Велико врело“ у Дринићу;
- Могућност примјене аерофототаксације у практичном планирању газдовања шумама.