

Procjena taksacijskih elemenata sastojina na infracrvenim kolornim aerosnimcima

Benko, Marijan

Source / Izvornik: **Glasnik za šumske pokuse: Annales pro experimentis foresticis, 1993, 29, 199 - 274**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:693614>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



MIROSLAV BENKO

PROCJENA TAKSACIJSKIH ELEMENATA SASTOJINA NA INFRACRVENIM KOLORNIM AEROSNIMCIMA

ASSESSMENT OF STANDS ELEMENTS ON COLOUR INFRARED AERIAL PHOTOGRAPHS

Prispjelo: 31. VIII 1992.

Prihvaćeno: 1. X 1992.

U radu je prikazana procjena taksacijskih elemenata sastojina na infracrvenim kolornim aerosnimcima mjerila 1:10 000. Primjenjeni su uređaji i metode koje se dosta rijetko primjenjuju u praksi, a mogu dati jednostavna i praktična rješenja. Svrha istraživanja je da se postignuti rezultati što više približe svakodnevnoj šumarskoj praksi te da se iskoristi njihova ekonomičnost.

Fotointerpretacija i mjerenja na snimcima obavljena su pomoću instrumenata II. i I. reda, i to »B8« i »A7«.

Izlučene su sastojine i očitane koordinate pet (5) točaka na vidljivom dijelu krošnje primjernih stabala crne johe, poljskog jasena i bagrema. Visine terena očitane su s topografske karte mjerila 1:5000. Na temelju toga izračunat je promjer, visina i volumen vidljivog dijela krošnje te visina stabla. Na terenu su mjereni prsni promjeri, promjeri projekcije krošnje, prirast i visina stabla. Istraživana je međusobna ovisnost pojedinih parametara, a posebno korelacijska veza između promjera krošanja i visina stabala mjerenih različitim načinom.

Pomoću kompjutera izvršena je numerička i tekstualna obrada, kao i grafički prikazi grafova istraživanih funkcija, tlocrtni i prostorni prikaz krošanja te digitalna karta.

Ključne riječi: infracrveni kolorni aerosnimci, fotointerpretacija, izlučivanje sastojina, instrumenti višeg reda, vidljivi dio krošnje, korelacija promjera krošanja, korelacija visina stabala, tlocrtni prikaz krošanja, prostorni prikaz krošanja, digitalna karta

UVOD – INTRODUCTION

Šuma je zajednica organizama kojoj drveće daje osnovno obilježje. Ona obuhvaća skup sastojina koje se međusobno razlikuju po dobi, vrsti drveća, načinu postanku, bonitetu i cilju gospodarenja.

Uređivanje šuma ima zadaću da organizira šumsku proizvodnju prema potrebama društva vodeći računa o razvoju drvne industrije, trgovine i potrošnje drva, imajući stalno pred očima posredne koristi od šuma (zaštitnu, rekreativnu, estetsku i ostale funkcije šuma).

U tu svrhu izrađuju se uređajni elaborati, tj. planovi gospodarenja. Uređajni elaborat je kompleksna studija koja sadrži podatke o trenutnom stanju nekoga šumskog područja, osvrće se na povijesni prikaz stanja šuma, gospodarenja i prilika te propisuje način gospodarenja u budućnosti, bližoj i daljoj. Pri tome vodi računa o brojnim faktorima, kao što su biološko-tehnička svojstva različitih vrsta drveća, o zdravstvenom stanju, načinu gospodarenja, potrajnosti gospodarenja i o raznim potrebama društva, odnosno neposrednim i posrednim koristima koje pruža šuma.

Uređivanje šuma je šumarska znanost koja sinetizira ostale šumarske znanosti.

Za utvrđivanje kvantitativnih i kvalitativnih svojstava šume postoje različiti načini. Jedna od najmlađih i najmanje istraženih znanstvenih disciplina je primjena fotogrametrije i fotointerpretacije u šumarske svrhe.

1. Fotogrametrija, kao znanstvena disciplina, bavi se proučavanjem informacija registriranih na snimku i pronalaženja određenih zakonitosti među njima, uz pomoć preciznih mehaničkih i elektroničkih instrumenata.

2. U šumarstvu se fotogrametrija koristi od kraja 19. stoljeća, ali svoj ekspanzivni napredak doživljava nakon 30-ih godina ovog stoljeća osnivanjem institucija diljem svijeta i razvojem precizne mehaničke industrije. Razvojem letjelica različitog tipa i kompjutorske revolucije fotogrametrija dobiva sve veću primjenu i važnost u sve brojnijim djelatnostima i sve raznovrsnijim zahtjevima.

3. Fotointerpretacija je djelatnost kojom se analiziraju fotosnimci ili njihovi dijelovi da bi se identificirali različiti objekti (prirodni ili umjetni), utvrdilo njihovo značenje i međusobne veze.

4. Područja primjene su brojna, tako da se ona koristi u geologiji, pedologiji, poljoprivredi, hidrologiji, meteorologiji, šumarstvu, oceanografiji, prostornom planiranju, u vojne svrhe i u mnogim drugim.

U šumarstvu postoji više područja u kojima se mogu primijeniti metode fotogrametrije i fotointerpretacije. Svakako najznačajnija primjena je u uređivanju šuma radi prikupljanja podataka za izradu uređajnih elaborata na manjim ili većim površinama, odnosno za tzv. aerofototaksaciju. Ona utvrđuje vrste drveća, broj stabala, dimenzije stabala, bonitet sastojine, dob, sklop, drvenu masu, izlučuje tipove sastojina, kartira i određuje površine. Neke utvrđuje neposrednim mjerenjima na aerosnimcima (promjer krošnje, visina stabala), a neke posrednim metodama (prsni promjer, volumen stabla i sastojina).

Točnost utvrđivanja pojedinih elemenata na aerosnimcima je različita. Ona ovisi o prirodi elemenata, mjerilu snimka, tipu primijenjene opreme i materijala za snimanje, sezoni snimanja, tehnici snimanja, primijenjenom instrumentariju za restituciju, iskustvu restitutora i brojnim drugim faktorima.

Što se tiče materijala za snimanje, odnosno tipova filmova, najčešće se primjenjuju ove vrste emulzija: pankromatska, hiperpankromatska, infracrvena, pankromatsko infracrvena, kolorna i infracrvena kolorna.

Isti elementi različito se uočavaju primjenom različitih emulzija, tako da izbor emulzije ovisi o željenom efektu, odnosno traženim rješenjima.

Instrumenti za restituciju dijele se na instrumente:

- a) III. reda – približno rješenje
- b) II. reda – strogo rješenje za određene uvjete snimanja
- c) I. reda – strogo rješenje, univerzalna primjena.

Izbor instrumenata za restituciju ovisi o prirodi, obujmu i važnosti rješavanja problema.

Sva ta oprema, materijal i instrumentarij relativno su skupi, pogotovo za naše današnje prilike u kojima živimo, tim više što su većinom uvoznog porijekla. Primjena je problematična ako ne postoje stručnjaci koji bi te metode racionalno primjenjivali. Međutim, usporede li se metode fotogrametrije i fotointerpretacije s klasičnim načinom prikupljanja podataka u naprijed navedenim područjima primjene, prednost fotogrametrije i fotointerpretacije je upravo u ekonomičnosti, jednostavnosti, brzini i obilju pouzdanih rezultata. V u k e l i ć (1985) navodi: »*Usporedba ekonomičnosti provedenih fotointerpretacijskih istraživanja i ustaljenih terestričkih istraživanja pokazuje da metoda fotointerpretacije ostvaruje približno 60% ušteda u vremenu i novčanim sredstvima.*«

Primjena fotogrametrije i fotointerpretacije ne isključuje terenski rad. Naprotiv, podaci dobiveni primjenom tih metoda nemaju dovoljnu pouzdanost, ako se ne provjeravaju i upotpunjavaju terenskim mjerenjima. Međutim, taj se terenski rad, a posebno brojno stanje radne snage, svodi na minimum.

ZADATAK ISTRAŽIVANJA RESEARCH TASK

Cilj istraživanja – Research intention

Osnovni je cilj procijeniti taksacijske elemente stabala, i to promjera krošnje, visine stabala, visine vidljivog dijela krošnje, volumena vidljivog dijela krošnje te broja stabala na infracrvenim kolornim aerosnimcima.

Međutim, taj se osnovni cilj dijeli na nekoliko užih, konkretnijih ciljeva:

1. primijeniti infracrvene kolorne aerosnimke
2. primijeniti instrumente II. i I. reda pri
 - a) izlučivanju tipova sastojina
 - b) izmjeri taksacijskih elemenata
3. utvrditi međusobnu ovisnost pojedinih taksacijskih parametara mjerenih bilo terestrički bilo fotogrametrijski
4. utvrditi postoji li razlika parametara mjernih terestrički i fotogrametrijski
5. prikazati mogućnost kompjutorske obrade podataka pri
 - a) numeričkoj obradi
 - b) grafičkim prikazima

Tab. 1. Podaci istraživanih sastojina – Research stand of data

| OPĆI PODACI | VRSTA DRVEĆA | BROJ | TEMELJ- | PRSNJ | VISINA | DRVNA |
|--|-----------------|---------|--------------------|---------|--------|--------------------|
| | | STABALA | NICA | PROMLER | | |
| | | N/ha | m ² /ha | cm | m | m ³ /ha |
| odjel/odsjek: 79/b površina u ha: 6.66 starost u god: 23 ur.razred: bagrcm | LUŽNJAK | 105 | 3.39 | 20 | 17 | 30 |
| | OTL | 135 | 2.85 | 16 | 12 | 17 |
| | C. JOHA | 155 | 3.45 | 17 | 14 | 27 |
| | BACREM | 275 | 11.88 | 23 | 19 | 95 |
| | Σ | 670 | 21.57 | 20 | - | 170 |
| odjel/odsjek: 79/c površina u ha: 4.32 starost u god: 33 ur.razred: c. joha | LUŽNJAK | 47 | 1.41 | 19 | 21 | 12 |
| | OTL | 197 | 8.23 | 23 | 23 | 73 |
| | C. JOHA | 365 | 12.20 | 21 | 22 | 105 |
| | D. TOPOLA | 57 | 8.90 | 44 | 26 | 95 |
| | Σ | 667 | 30.73 | 24 | - | 284 |
| odjel/odsjek: 79/d površina u ha: 5.24 starost u god: 55 ur.razred: h.lužnjak | LUŽNJAK | 333 | 13.83 | 23 | 22 | 153 |
| | OTL | 150 | 6.34 | 23 | 22 | 56 |
| | C. JOHA | 219 | 6.26 | 19 | 19 | 52 |
| | D. TOPOLA | 5 | 0.29 | 28 | 20 | 2 |
| | Σ | 721 | 27.58 | 22 | - | 274 |
| odjel/odsjek: 79/e površina u ha: 4.65 starost u god: 40 ur.razred: p.jasen | OTL | 443 | 25.88 | 27 | 24 | 258 |
| | C. JOHA | 107 | 2.61 | 18 | 15 | 21 |
| | Σ | 550 | 28.49 | 26 | - | 279 |
| odjel/odsjek: 80/a površina u ha: 4.71 starost u god: 38 ur.razred: bagrcm | LUŽNJAK | 9 | 0.14 | 14 | 14 | 1 |
| | CRAB | 12 | 0.33 | 19 | 10 | 2 |
| | OTL | 160 | 4.78 | 19 | 23 | 39 |
| | C. JOHA | 153 | 6.10 | 23 | 22 | 54 |
| | Σ | 330 | 16.20 | 25 | 20 | 134 |
| | Σ | 665 | 27.56 | 23 | - | 231 |
| odjel/odsjek: 80/c površina u ha: 8.80 starost u god: 41 ur.razred: p.jasen | LUŽNJAK | 26 | 1.44 | 26 | 21 | 16 |
| | OTL | 293 | 9.48 | 20 | 22 | 80 |
| | C. JOHA | 218 | 7.04 | 20 | 19 | 60 |
| | BACREM | 107 | 6.02 | 27 | 19 | 49 |
| | Σ | 645 | 23.98 | 22 | - | 206 |

6. prikazati različita grafička rješenja pri
 - a) crtanju grafova
 - b) tlocrtnom prikazu krošanja
 - c) prostornom prikazu krošanja
 - d) kartiranju
7. prikazati mogućnost kompjutorskoga kartiranja i obračuna površina

Način istraživanja – Research method

Taksacijski elementi mjereni su na temelju infracrvenih kolornih aerosnimaka pomoću instrumenata B8 i A7. U tu svrhu upotrijebljeni su dijapozitivni mjerila 1:10 000. Orijentaciju stereopara izvršio je restitutor uklapanjem u topografsku osnovnu državnu kartu mjerila 1:5000. Na instrumentu B8 izlučeni su različiti tipovi sastojina. Na instrumentu A7 određene su koordinate x, y, z određenih točaka na krošnji u nekom relativnom sustavu, s tim što očitane vrijednosti »z« su konkretne

nadmorske visine. Na temelju tih koordinata izračunate su vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje, visine stabla, visine vidljivog dijela krošnje i volumena vidljivog dijela krošnje.

Volumen vidljivog dijela krošnje izračunat je kao volumen paraboloida.

Za kompjutorsku obradu podataka izrađena je aplikacija, dok su za grafička rješenja primijenjeni već postojeći algoritmi uz djelomičnu dopunu i međusobnu kombinaciju.

Tekstualna obrada obavljena je također na kompjutoru.

Predmet i objekt istraživanja – Research object

Kao predmet istraživanja odabrane su tri vrste drveća: crna joha (*Alnus glutinosa* L.), poljski jasen (*Fraxinus angustifolia*) i bagrem (*Robinia pseudoacacia*). U vrijeme snimanja crna je joha imala 33 god., poljski jasen 40 god., a bagrem 23–38 god.

Ekološko-gospodarski tip nosi oznaku II-G-10. Karakteristična zajednica je šuma lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* / A n i ć 1959/ emend. R a u š 1969).

Istraživanja su obavljena na području Šumarije Čakovec Šumskoga gospodarstva Varaždin, a istraživani objekt nalazi se na istočnoj strani gospodarske jedinice »Donje Međimurje« u katastarskoj općini Kotoriba, neposredno južno od samog mjesta Kotoriba.

Donje Međimurje je nizina s malim visinskim razlikama, ali uz stalan i relativno jak pad od zapada prema istoku s visinskom razlikom kraj rijeke Drave od 44 m, što joj daje veliku brzinu protoka, a time i vrlo jaku bočnu eroziju, zbog čega su njezine obale nestalne. Izgradnjom hidroenergetskih sustava djelomično je ukroćena njezina »čud«.

Istraživanja su obavljena u odjelima 78, 79 i 80. U sva tri odjela sastojine su izlučene instrumentom B8, a plohe za izmjeru nalaze se u odjelu 79, odsjecima b, c, d i e, te u odjelu 80, odsjecima a i c.

U tablici br. 1 nalazi se stanje istraživanih sastojina s prikazanim podacima iz osnove gospodarenja za gospodarsku jedinicu »Donje Međimurje« s važnošću od 1982. do 1991. godine.

Utjecaj čovjeka na stanje tih sastojina je velik. Blizina naselja, otvorenost i potreba za ogrjevom i drvnom građom utjecali su na način gospodarenja. Osnovom su propisane uglavnom prorede slabijeg intenziteta (10–13%), ali je primijećeno i protupravno otuđivanje u znatnijoj mjeri, tako da je struktura sastojine promijenjena (smanjen broj stabala, negativan pomak visinske krivulje, smanjena temeljnica i drvena masa). Zbog toga su plohe postavljene i odabrane na mjestima u sastojini gdje u razdoblju između aviosnimanja i terestričkih radova nije bilo velikih promjena u stanju sastojine.

SREDSTVA I METODE ISTRAŽIVANJA RESEARCH MEANS AND METHODS

Sredstva za rad – Means of work

U ovom radu upotrebljena su različita sredstva za rad (fotomaterijal, instrumenti, pomagala). Neka od njih se rijetko primjenjuju u praksi, a daju vrlo jednostavna

i praktična rješenja koja se mogu višestruko primijeniti. Druga su pak više poznata šumarskoj praksi.

Jedan od ciljeva ovog istraživanja je primjena upravo tih specifičnih sredstava za rad, sa svrhom da se što više približe praksi i šumarskoj svakodnevnici, te prikaže njihova praktičnost, jednostavnost, kvaliteta i kvantiteta rješenja, kao i ekonomičnost. Iz tog razloga prikazat ću njihove osnovne karakteristike.

Fotomaterijal – Photo material

Vrste snimaka – Photographs kinds

Za interpretacijske svrhe služe razne vrste snimaka dobivenih snimanjem na konvencionalni i nekonvencionalni način. Pod konvencionalnim načinom razumijevaju se snimci dobiveni fotografskim putem, dok se pod nekonvencionalnim razumijevaju snimci dobiveni raznim tehnikama nefotografskog snimanja.

Na slici 1.1. shematski su prikazane sve vrste snimaka koje se upotrebljavaju u fotointerpretaciji i daljinskom istraživanju.

Fotografski postupci koriste se vidljivim dijelom spektra i nadovezujućim užim dijelovima nevidljivih zraka (UV i bliže IC zrake), koji imaju dovoljno energije da neposredno eksponiraju fotosloj.

Nefotografski postupci dijele se na pasivne i aktivne. Pasivni postupci (npr. termalni skener – postupak) koriste se termalnom ili radioaktivnom radijacijom. Kako one pri snimanju iz zraka nisu dovoljno snažne za neposredno eksponiranje fotosloja, registriraju se posredno (bilo na fotografske slojeve, bilo na elektronski način). Kod aktivnih postupaka, kakvo je radarsko snimanje, valovi se emitiraju iz aparature i hvataju reflektirani od objekta te registriraju.

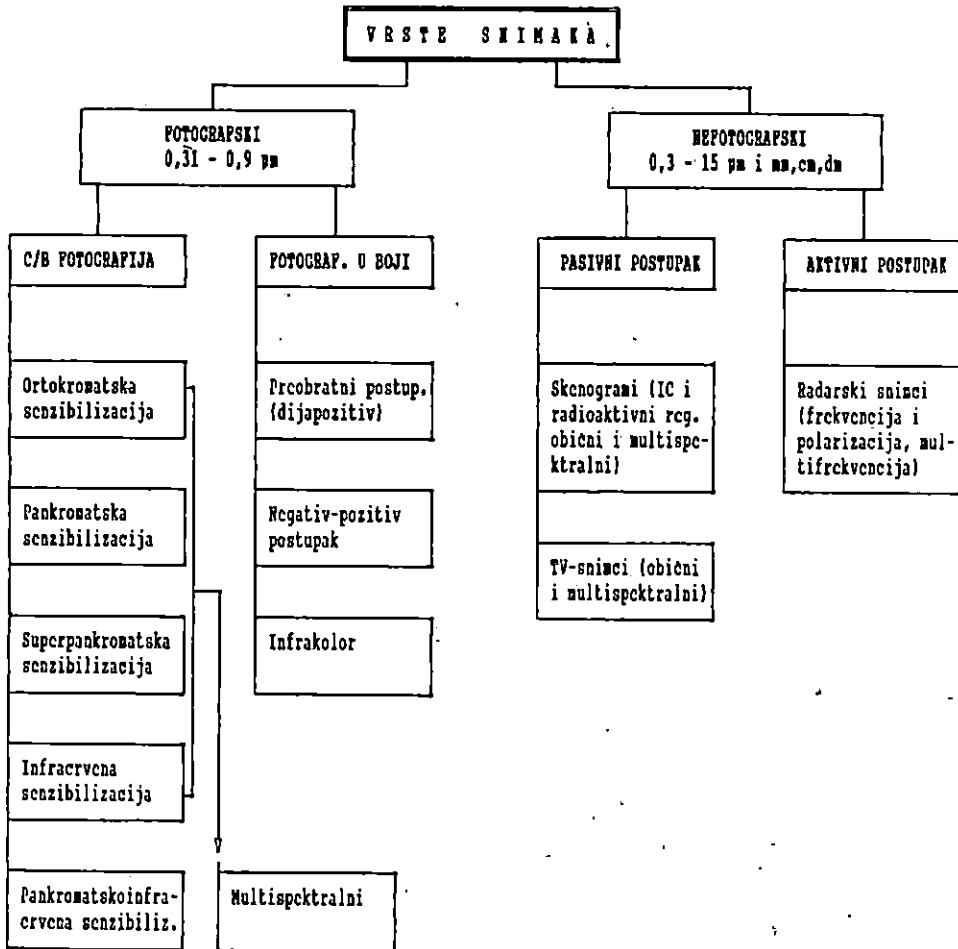
Infracrveni kolorni postupak – Colour Infrared process

Pri snimanju iz zraka na infracrveno senzibilizirane fotoslojeve djeluju nevidljive infracrvene zrake tzv. bliskog područja (700–1100 nm) i dio vidljivog spektra (400–700 nm). Takvim snimanjem dobiju se crnobijeli snimci, ali se oni razlikuju od ostalih po bitno drukčijoj reprodukciji tonova. Kod infracrvene fotografije ton ne ovisi o boji i svjetlini snimljenog objekta, nego o njegovoj remisijijskoj sposobnosti za infracrvene zrake. Zbog tih karakteristika i zbog manje raspršenosti dugih valnih duljina u atmosferi ti su snimci mnogo briljantniji i kontrastniji od pankromatskih, ali imaju manju sposobnost razlučivanja.

Kod fotografije u boji razlikujemo preobratne slojeve, kod kojih se razvijanjem dobiju izravno dijapozitivi u boji i negativ-pozitiv postupak u boji.

Shematski prikaz građe troslojnoga preobratnog filma, koji daje sliku u prirodnim bojama, prikazan je u slici br 1.2.

Prvi sloj osjetljiv je na plavo (nesenzibilizirane emulzije), drugi sloj osjetljiv je na zeleno (orotokromatski senzibilizirane emulzije), a treći je osjetljiv na crveno (pankromatski senzibilizirane emulzije). Kako su druga dva sloja također osjetljiva na plavo, mora se između prvog i drugog sloja nalaziti sloj koji predstavlja žuti filter. U svakom se sloju u procesu razvijanja stvori odgovarajuća boja, a za njezino stvaranje potrebno je da se ispune tri uvjeta: da postoji pigment za određenu boju, da postoje oksidacijski produkti crnobijelog razvijanja i da postoji vezna komponenta.



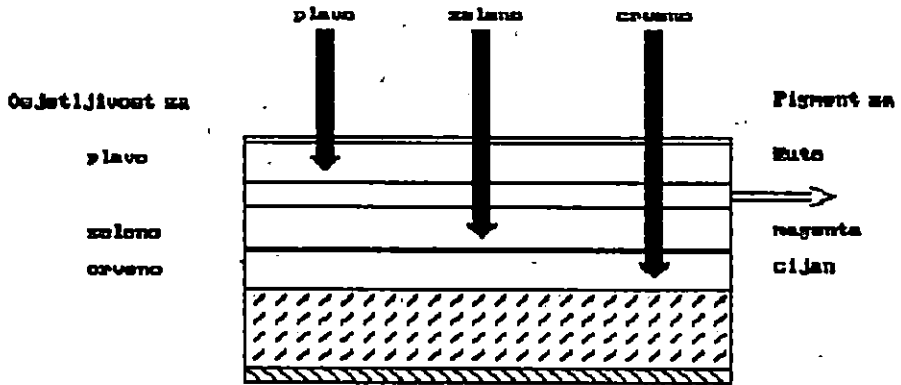
Sl. - Fig. 1.1. Vrste snimaka (Donassy 1983) - Photographs kinds

Infracrveni kolorni film sastoji se od tri fotosloja, i to plavoga (osjetljivoga na zelenu boju), zelenoga (osjetljivoga na crvenu boju) i crvenoga (osjetljivoga na bliže infracrveno zračenje).

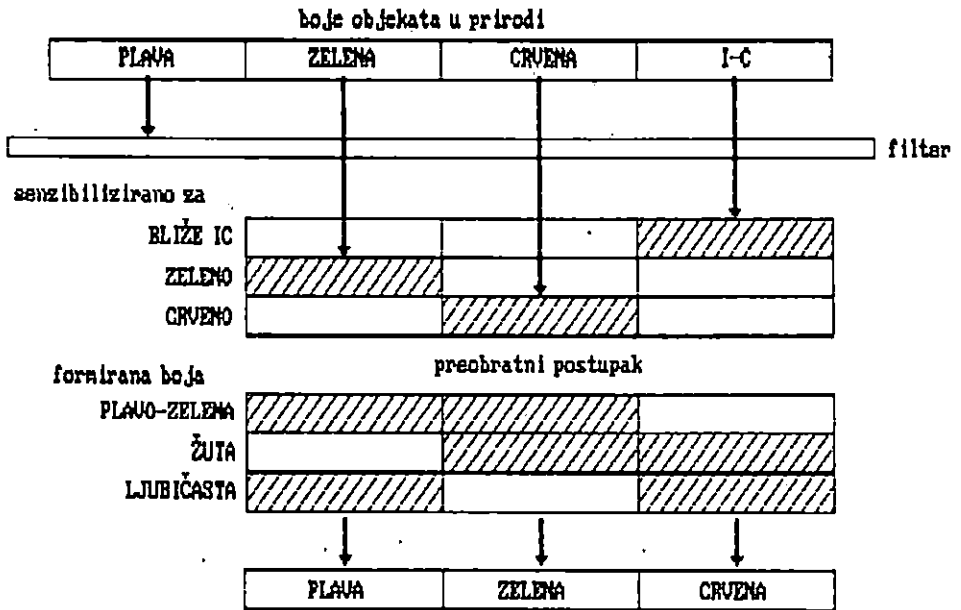
Preobratnim postupkom razvijanja stvaraju se slojevi boja koji su komplementarni osnovnim bojama, u smislu suptraktivnog miješanja boja. Gustoća tih slojeva obrnuto je proporcionalna količini svjetla koja je došla do filma kao posljedica refleksije Sunčeva zračenja od objekata u prirodi.

Objekti u prirodi reflektiraju plavu, zelenu, crvenu i infracrvenu boju. Prije dolaska do filma plava boja se uklanja žutim do narančastim filterom.

Kod preobratnog postupka razvijanja zelena boja objekta ne djeluje na sloj osjetljiv na crveno i na sloj osjetljiv na infracrveno (razvijanjem se formira magentin



Sl. – Fig. 1.2. Građa troslojnog preobratnog filma (Donassy 1983) – Construction reversal film



Sl. – Fig. 1.3. Preobratni postupak za kolorni film Kodak Aerochrome Infrared 2443 – Colour reversal process for Kodak Aerochrome Infrared 2443 (Manual of R.S. 1975.)

i cijanov sloj) te se na sloj osjetljivom na zeleno stvorila čista slika bez boja. Tako stvoreni slojevi djeluju kao filteri, pa cijan zadržava crveno, magenta zeleno, a kroz

prozirni (čisti) sloj prolazi plavo svjetlo. Stoga se zeleni objekti preslikaju plavo.

Crvena boja objekta ne djeluje na sloj osjetljiv na zeleno niti na sloj osjetljiv na infracrveno (razvijanjem se formira žuti i cijanov sloj), te se na sloju osjetljivom na crveno stvorila čista slika bez boje. Tako stvoreni slojevi djeluju kao filteri, pa žuti sloj zadržava plavo, cijan crveno, a kroz prozirni sloj prolazi zeleno te se crveni objekt preslika zeleno.

Infracrvene zrake reflektirane od objekata ne djeluju na sloj osjetljiv na zeleno niti na sloj osjetljiv na crveno (razvijanjem se formira žuti i magentin sloj), te se na sloju osjetljivom na infracrveno stvorila čista slika bez boje. Tako stvoreni slojevi djeluju kao filteri, pa žuti sloj zadržava plavo, magenta zeleno, a kroz prozirni sloj prolazi crveno, te se objekti koji zrače infracrvene zrake preslikaju crveno.

Iz toga izlazi da se boje iz prirode preslikavaju u neprirodnim, lažnim bojama, pa se infracrveni kolorni snimci nazivaju pseudokolorima (Falschkolor, Color Infrared, krivobojni snimci).

Prednost infracrvenih kolornih snimaka je vrlo dobra diferencijacija objekata, mogućnost snimanja iz velikih udaljenosti, velika briljantnost i mnogo nijansi boja.

Takvi su snimci posebno interesantni za poljoprivredu i šumarstvo. Pomoću njih se može razlikovati zdravstveno stanje vegetacije, intenzitet vlažnosti površina i vegetacije na tim površinama, mogu se razlikovati pojedine vrste drveća, uočavati podzemne vode, uočavati zagađenost voda i sl. U vezi s izborom filma za geološka, hidrološka ili vegetacijska kartiranja prednost infracrvenog kolora prema koloru i panmaterijalu odnosi se uglavnom kao 3:2:1.

U ovom su radu upotrijebljeni infracrveni kolorni dijapozitivi veličine 23×23 cm.

| | |
|--------------------|--------------------------------|
| područje snimanja: | Đurđevac – Barcs |
| red snimanja: | 572/52 |
| snimci broj: | 51; 52 |
| datum snimanja: | 18. 07. 1981. |
| vrijeme snimanja: | 11:23 |
| visina leta: | 5450 ft (1660 m) |
| mjerilo snimaka: | 1:10 000 |
| žarišna duljina: | 152,98 mm (širokokutni snimci) |
| vrsta fotosloja: | Kodak Aerochrome Infrared 2443 |

Stereoinstrumenti – Stereoinstruments

Općenito – General

Za razliku od fotogrametrije jednog snimka i instrumenata prilagođenih u tu svrhu, stereoinstrumenti se koriste dvama snimcima, čime se postiže trodimenzionalna perspektiva tzv. stereomodela. Da se postigne takva perspektiva, potrebna su dva uzastopna snimka sa stereoskopskim preklapom.

Za tu svrhu služe različite vrste stereoinstrumenata:

- stereoskopi, koji mogu biti s očnom i proširenom bazom, koji služe za sobnu i terensku interpretaciju u topografskoj i vantopografskoj primjeni
- stereoinstrumenti III. reda koji približno rješavaju rekonstrukcije perspektivnih odnosa koji su postojali u trenutku snimanja. Kod tih instrumenata apsolutna, a

- većinom i unutarnja orijentacija, nije ista kao pri snimanju. Nastale pogreške se zanemaruju i otklanjaju različitim korekcijama.
- c) stereoinstrumenti II. reda omogućuju točnu rekonstrukciju perspektivnih odnosa koji su postojali u trenutku snimanja. Njihova primjena je ograničena na određene vrste fotogrametrijskih snimaka. Dijele se na instrumente s optičkim rješenjem, optičko-mehaničkim rješenjem i mehaničkim rješenjem.
- d) stereoinstrumenti I. reda su univerzalni instrumenti koji omogućuju restituciju općeg slučaja stereofotogrametrije i u aerofotogrametriji i u terestričkoj fotogrametriji. u pravilu se s njima može izvršiti i prostorna aerotriangulacija. Zbog dotjeranosti i opremljenosti konstrukcije drugorazrednih instrumenata teško je povući oštru granicu između stereoinstrumenata I. i II. reda.

Dijele se na analitičke i instrumente s projektivnim rješenjima.

U ovom su radu upotrijebljeni instrumenti B8 i A7 te će oni biti detaljnije opisani u idućim poglavljima.

Aviograf Wild B8 – Aerograph Wild B8

To je stereoinstrument II. reda jednostavnije građe, namijenjen kartiranju u sitnijim mjerilima, istraživačko-tehničkim radovima, reambulaciji topografskih karata srednjeg mjerila i sl.

Ima strogo geometrijsko (mehaničko) rješenje, frontalni uvid u stereomodel s dalekozorom $6\times$ povećanja, prilagodljiv za restituciju vertikalnih širokokutnih i ultraširokokutnih aerosnimaka. Štapovi (lenkeri), na čijem se podnožju nalazi olovka za crtanje i visinski razmjernik, vode se rukom. Zbog konstrukcijske sličnosti s autografom A8 prikladan je za nastavne svrhe. Koristi originalne negative ili dijapozitive do formata 23×23 cm, a za uklanjanje preostalih utjecaja distorzije, odnosno zakrivljenosti Zemlje, mogu se uložiti i kompenzacijske ploče.

Mjerilo modela može se učiniti dvostruko većim nego što je mjerilo snimaka, a s priključenim pantografom moguće je daljnje povećanje u tlocrtu za 2,5 puta. Može raditi i s pantografom koji smanjuje.

Modernije verzije podržane elektroničkom opremom mogu automatski kartirati slojnice, a također je moguće da se model tangira po profilima markicom te se kao rezultat dobiva ortofotosnimak.

Autograf Wild A7 – Autograph Wild A7

To je precizni univerzalni stereoinstrument građen na mehaničkom principu rekonstrukcije fotogrametrijskih zraka, za formate negativa i dijapozitiva do 23×23 cm. Kompenzacijske ploče uklanjaju distorziju objektiva.

Stereomodel se u cijelom području promatra frontalno, okularima povećanja 8,5 ili 10 puta. Mjerača markica, promjera 0,04 mm, nalazi se u mikroskopima neposredno ispod nosača snimaka, a iznad završetka lenkera. Pri restituciji parcijalne markice pomiču se u ravnini paralelnoj s ravninom snimaka. U čitavom toku zraka svjetlosti do okulara nisu mogući nikakvi izvori pogrešaka koji bi u geometrijskom pogledu osujetili korektnost mjernog procesa.

Opservacijski sustav ima uređaj (optičko okretanje) za ispravno promatranje snimaka (s obzirom na njegove strane). Moguća je i optička zamjena lijevog i desnog snimka te zakretanje slike pomoću prizama Dove. Koordinate modela (x, y, z) čitaju se do na 0,01 mm. Kutni orijentacijski elementi mogu se čitati do na $0,01^\circ$, a bazične komponente b_x , b_y , b_z do na 0,01 mm.

Brza promjena za sve pokrete vrši se brzim hodom. Za potrebe aerotriangulacije metodom nanizavanja nezavisnih stereoparova nosači snimaka opskrbljeni su unakrsnim libelama.

Visinsko brojilo daje za razna mjerila neposredno očitavanje visina u metrima.

Koordinatograf svojim brojilima omogućuje čitanje položajnih koordinata do na 0,01 mm. Modelne koordinate autografa mogu se prenijeti i na električni uređaj za registriranje koordinata WILD EK5, i EK22, kao i na magnetsku traku ili disketu kompjutera.

Prijenos modelnih koordinata na koordinatografu pomoću mjenjačke kutije moguće je obaviti s 12 različitih odnosa, od smanjenja 3:1 do povećanja 1:8.

Kompjutor – Computer

Uvođenjem kompjutera u šumarstvo učinjen je velik korak. Obilje podataka, brzina i točnost obrade opravdavaju njihovu primjenu. Dobiveni rezultati imaju toliku težinu i moć da je danas u pojedinim segmentima šumarstva nezamisliv drugačiji (ručni) način. Uz početno obilje ulaznih podataka, sada imamo obilje rezultata i različitih rješenja. Primjena kompjutera izaziva njihov razvoj, ali i razvoj struke, primjene, razmišljanja. Sva su takva kretanja pozitivna i u suvremenom svijetu normalna i svakodnevna. Učestala je pojava da je na svakom radnom mjestu (pogotovo inženjera) prisutna upotreba personalnog kompjutera kao osnovnog pomagala u radu. Broj, oblik i brzina informacija toliko su važni u poslovanju, planiranju i donošenju odluka da je isplativost primjene kompjutera iz dana u dan sve veća.

Općenito gledajući, u našoj zemlji, a posebno u šumarstvu, primjena kompjutera još je ipak u povojima. Pojedine djelatnosti su kompjutorski opremljenije i razvijenije, a pojedine još netaknute. Konzervativnost, tradicionalnost i odbojnost prema novome glavne su prepreke njihove šire primjene. Ipak u posljednje vrijeme osjećaju se pozitivnija razmišljanja, što pokazuju neki rezultati. Bitno je što prije shvatiti kakvu moć nudi kompjutor i omogućiti široku primjenu u svim djelatnostima i segmentima struke.

U svom radu koristio sam se s nekoliko različitih tipova kompjutera i pojedinih elemenata i nekoliko različitih načina primjene, ali ne radi međusobnog uspoređivanja, već da bih uspoređivao s uobičajenim načinom obrade podataka. Dobiveno rješenje prikazuje različite mogućnosti njihove primjene, i to ne samo u fotogrametriji i uređivanju šuma nego i u drugim djelatnostima.

Metoda rada – Methods

Organizacija i postupci – Organisation and process

Organizacija istraživanja – Research organisation

S obzirom na kompleksnost zadatka, cijelo istraživanje podijeljeno je na nekoliko segmenata koji su povremeno odvajani, ali se u određenim trenucima međusobno preklapaju. U sljedećem dijelu prikazat ću ukratko samu organizaciju rada.

Uredski rad – Office work

Uredski rad dijeli se na: pripremni, instrumentarijski, kompjutorski i završni.

U pripremni rad spada u prvom redu prikupljanje i proučavanje određene literature, adekvatnog fotomaterijala i ostalog pribora, uspostavljanje kontakata s mogućim suradnicima te dogovori oko istraživanja. Budući da sam istraživao na temelju već postojećega snimljenog materijala, velika pažnja posvećena je odabiru snimaka. Nakon izbora materijala i predmeta istraživanja pristupio sam instrumentarijskom radu. On je izvršen u Zavodu za fotogrametriju Geodetskog fakulteta u Zagrebu, na instrumentima B8 i A7. Na oba instrumenta orijentaciju aerosnimaka obavio je restitutor.

Na stereoparu orijentiranom u instrumentu B8 izlučio sam tipove sastojina, uz automatsko kartiranje na topografskoj podlozi pomoću pantografa instrumenta. Na izlučenim dijelovima postavio sam i kartirao plohe za izmjeru. Daljnja restitucija izvršena je na instrumentu A7 uz automatsko bilježenje koordinata opažanih točaka.

Izradu programa i obradu svih mjerenih podataka (terenskih i fotogrametrijskih) izvršio je programer geodet u Informacijsko-projektantskom centru GK »Međimurje« iz Čakovca. Tekstualnu obradu uradio je programer informatičar.

U završni dio istraživanja spada detaljna analiza svih dobivenih podataka, odabiranje i eliminacija pojedinih elemenata, kako bi se došlo do sintetičkog rezultata, prikazanoga u ovom radu. Cijelo vrijeme obavljane su brojne kontrole uz stalno praćenje literature i konzultacije sa stručnjacima različitih profila.

Terenski rad – Filed work

Nakon izbora fotomaterijala i predmeta istraživanja izvršeno je opće terestričko rekognosciranje. Tom prilikom uočene su nastale promjene i neke specifičnosti, npr.: promjena toka rijeke Drave i njezina vodostaja, mogućnost prilaza, promjena u sastojinama tokom gospodarenja i sl. Za postavljene i kartirane primjerne plohe u mjerilu 1:1250 očitani su magnetski azimuti i dužine potrebne za iskolčenje busolnog vlaka u terenu. Na temelju tih podataka busolnim teodolitom i mjeracom vrpcom postavljen je busolni vlak kojom su prilikom iskolčeni i numerirani centri ploha. Polumjer ploha izmjereno je mjeracom vrpcom, on je bio različit za pojedine plohe, jer je ovisan o broju stabala na plohi. Determinirane su i numerirane vrste drveća. Svakom stablu mjerena su dva unakrsna prsna promjera, s očitavanjem na milimetar mjerene su visine, s očitavanjem na dm, te bušeni izvrci, koji su numerirani i poslije očitavani na 0,5 mm. Na kraju su mjerena dva unakrsna promjera projekcije krošnje.

Postupci istraživanja – Research process

U ovoj točki prikazat ću postupak samo najinteresantnijih dijelova rada, i to instrumentarijskih, terenskih i kompjutorskih.

Instrumentarijski – Instrumental process

Cijelo istraživanje provedeno je na temelju aerosnimaka približnog mjerila 1:10 000, snimljenih 18. 07. 1981. g. Za orijentaciju snimaka u stereoinstrumentu upotrijebljena je topografska karta mjerila 1:5000, izrađena 1972. g. Najprije je izvršeno ulaganje i orijentacija snimaka u aviograf B8. Pritom je došlo do nelogičnih

odstupanja uzrokovanih promjenama na terenu odabranih točaka za orijentaciju, a zbog nepodudarnosti vremena snimanja i izrade karte. Zbog toga je orijentacija snimaka trajala oko 4 sata. Nakon izvršene orijentacije pristupio sam promatranju i interpretaciji trodimenzionalnog modela.

Usprkos povećanju okulara od 6 \times , promatranje je izazivalo određene probleme. Izabrani infracrveni kolorni dijapozitivi su vrlo gusti, vjerojatno nedovoljno eksponirani, tako da je svjetlo teško prolazilo kroz njih, pogotovo što su i sijalice primijenjenog autografa bile slabije snage. Stoga je cijeli model imao jedan tamniji ton. Nadalje, jedan snimak je bio slabije kvalitete pa su na jednom kraju blizu granice stereopolja bili teže uočljivi vrhovi stabala. Ipak, pomnijim promatranjem te su poteškoće djelomično bile otklonjene i prišlo se daljnjoj restituciji.

Najprije sam izlučio i kartirao različite tipove šuma pomoću automatskog pantografa B8 izravno na topografsku kartu. Usprkos navedenim problemima, bila je vrlo dobra uočljivost visine stabala, njihova broja, dimenzije krošanja i oblika te zastrtosti tla.

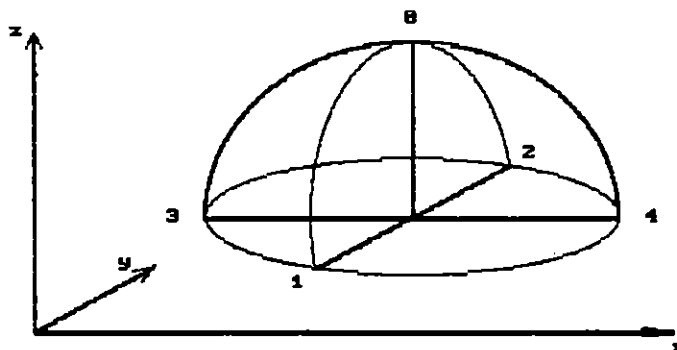
Nakon toga, a imajući na umu rezultat dosadašnje prakse da je na pojedinoj plohi potrebno 20-30 stabala, postavljene su plohe kružnog oblika, polumjera 3 mm, i ucrtane na topografsku kartu, što na terenu iznosi 15 m. Pritom je jedina otežavajuća okolnost bila što za svako promatrano stablo treba provjeravati pomoću olovke kartografa pripadnost plohi.

Imajući na umu mjerilo snimka, djelomično smanjenu transparentnost dijapozitiva i uočljivost pojedinih stabala te dimenzije krošanja, prišao sam odabiranju mjesta ploha. Zbog toga plohe nisu postavljene kao sistematski uzorak gotovo objektivno, nego namjerno suprotno, izvršen je potpuno subjektivno izbor. Izabrane su plohe na kojima su se najbolje mogla izvršiti fotogrametrijska mjerenja. U ovom istraživanju cilj nije utvrđivanje određenih vrijednosti po 1 ha ili ukupno za sastojinu, nego usporedba rezultata mjerenja na terenu s rezultatima na identičnim ploham, dobivenim fotogrametrijski. Na taj su način određene plohe i njihovi su centri kartirani (pikirani) na topografsku kartu. Nul-šestarom ucrtana je kružnica polumjera 3 mm.

Na aviografu B8 mogu se mjeriti visine stabala postavljanjem markice na vrh stabla i podnožje te na pokazivaču očitati apsolutne visine u metrima. Međutim, dužine nije moguće mjeriti neposredno u stereomodelu. Moguće ih je kartirati pa tada takve mjeriti. Budući da su promjeri krošanja u mjerilu promatranja i mogućem mjerilu kartiranja vrlo malih dimenzija, grafičko određivanje promjera bilo bi opterećeno velikim pogreškama. Zato su na B8 samo izlučene sastojine i lociranje ploha, a pojedina su stabla izmjerena na A7.

Stereopar je skinut s B8 i uložen u autograf A7. Orijehtacija snimaka na A7 uklapanjem u istu topografsku kartu tekla je brže (oko 2 sata) jer su već bili poznati neki elementi. U tako orijentiranom stereoparu dobivene vrijednosti visina će biti očitane na ± 1 dm, a dužine na ± 1 cm. Smatram da je to dovoljna točnost s obzirom na točnost podataka koji se dobivaju terestrički.

Autograf A7 radi na principu da postavljanjem markice na neku točku zapisuje njezine koordinate x, y, z na papiru preko numeratora ili na disketi preko kompjutora. Istovremeno tu točku može kartirati u određenom mjerilu. Najveći mogući prijenos (transformacija) kartiranja je 1:8, što znači da će, ako je mjerilo modela 1:10 000, mjerilo kartiranja bit 1:1250 i ovdje ne bi grafičko određivanje krošnje dalo



Sl. – Fig. 2.1. Shematski izgled vidljivog dijela krošnje s položajem očitanih točaka – Schematic view visible crown part with position point

zadovoljavajuće rezultate. Stoga sam odlučio da se promjeri krošnja odrede analitički, tj. iz očitanih koordinata za svaku pojedinu točku. Na slici br. 2.1. detaljno je prikazan shematski izgled vidljivog dijela krošnje s položajem mjerenih točaka.

Za svaku točku (0, 1, 2, 3, 4) određene su koordinate x , y , z . Te su koordinate zabilježene na papirnu traku preko pisaačega stroja i numeratora EK22. Da bi se zapisane vrijednosti poslije u obračunu mogle koristiti, potrebno je svaku točku šifrirati. Numerator ima mogućnost numeričkog šifriranja od osam znamenaka, od kojih svaka ima svoje značenje.

Koordinate točaka očitavane su strogo određenim redoslijedom. Najprije vrh stabla (točka 0), zatim jedan promjer (točke 1 i 2) i na kraju drugi promjer (točke 3 i 4).

Nakon, na ovaj način dogovorenog principa rada s restitutorom, prišlo se samoj restituciji. Prvo su s topografske karte očitane koordinate središta ploha. Zatim je promijenjen prijenos kartiranja u mjerilo 1:1250 uz zamjenu topografske karte tvrdim crtačim papirom. Na taj papir kartirana su središta ploha i šestarom ucrtana granica polumjera 15 m. Prije svakog očitavanja krošnja je ucrtana i provjerena da li se nalazi unutar plohe. Tada se pristupilo očitavanju koordinata točaka od dva međusobno okomita promjera, uz prethodno očitavanje vrha stabla.

Brzina očitavanja ovisi o više faktora (broju stabala, kvaliteti stereopara, izražajnosti, sposobnosti restitutora i dr.). U ovom slučaju za očitavanje jedne plohe s 50–80 stabala bilo je potrebno 60–90 minuta.

Na kraju treba napomenuti da je uočljivost, izražajnost i kvaliteta slike trodimenzionalnog modela u instrumentu A7 mnogo bolja nego u B8. Ovdje u potpunosti dolaze do izražaja prednosti koje pruža promatranje aerosnimaka, odnosno stereomodela. Promatrač restitutor ima osjećaj kao da se sam nalazi u trodimenzionalnom modelu, kao da lebdi iznad šume, polja ili rijeke. Na ovom instrumentu vidi se prava ljepota primjene fotogrametrije i fotointerpretacije.

Terenski – Field process

Nakon završenog instrumentarijskog rada prišao sam pripremi za terensku izmjeru.

Sa situacije ucrtanih ploha na tvrdom crtaćem papiru mjerila 1:1250 izmjerene su vrijednosti magnetskog azimuta i dužine. Azimuti su mjereni kutomjerom i procijenjeni na točnost od 10 minuta. Dužine su mjerene šestarom i linealom i obračunate na točnost od 5 cm.

Na terenu je najprije postavljen busolni vlak. Busolnim teodolitom izmjeren je azimut, a zatim je mjeraćom vrpcom izmjerena dužina od početne točke do centra prve plohe. Tu je zabijen kolčić s oznakom plohe koja je identična fotogrametrijskoj oznaci. Postupak je ponovljen na identičan način do završne točke. Ukupno su postavljena tri busolna vlaka s ukupno 30 ploha. Nastala odstupanja f_d bila su u granicama dopuštenih odstupanja f_{dmax} izračunatih po formuli:

$$f_{dmax} = \frac{[d_i]}{300} \quad (1)$$

gdje je:

f_{dmax} – dopušteno odstupanje
[d_i] – ukupna dužina vlaka
300 – faktor za tahimetrijski vlak.

Nakon toga računski je korigiran postavljeni vlak

$$f_{di} = \frac{f_d}{[d_i]} \cdot (d_1 + \dots + d_i) \quad (2)$$

gdje je:

f_{di} – korekcija pojedine točke
 f_d – dobiveno linearno odstupanje
 $d_1 \dots d_i$ – dužina vlaka

Osim toga, a gdje je bilo moguće, izvršene su kontrole s obzirom na neke druge poznate točke (sjecište prosjeka, putova).

Na tako postavljenim plohama obavljena je kratka interpretacija i izmjera. Tom su prilikom uočene na nekim plohama promjene stanja sastojine koje su uvjetovane gospodarenjem nastalim u vremenskoj razlici između aerosnimanja i izmjere, tako da su eliminirane plohe.

Veličina ploha je različita. Ona ovisi o dobi odnosno broju stabala, imajući na umu da je po plohi potrebno 20–30 stabala. Polumjer se kreće od 10 do 14 m. Sva su stabla obrojčana zadiračem ili šumskom kredom s obzirom na to da je mjereno u nekoliko navrata na istim plohama. Već na prije opisani način mjereni su prsni promjeri, visine stabala i bušena su stabla za izvrtke. promjeri projekcije krošanja mjereni su mjeraćom vrpcom na točnost od 5 cm. Visina rubova određena je trasirkom upotrijebljenom kao visak. Mjerena su dva međusobno okomita promjera.

Ovdje moram napomenuti da terestričke oznake stabala nisu identične fotogrametrijskim oznakama.

Kompjutorski – Computer process

Nakon dobivenih terestričkih i fotogrametrijskih podataka analizirao sam ih. Najprije treba napomenuti da je teren na kojemu je postavljen objekt istraživanja snimljen 18. 07. 1981. g, a terestrička izmjera izvršena u prosincu 1988. i veljači i

ožujku 1989. god. To je uzrokovalo nove probleme. Sedam godina vremenske razlike je dovoljno da dođe do promjene stanja sastojina i dimenzija stabala. Iz toga su razloga već prilikom terestričke izmjere eliminirane pojedine plohe. Uz to je izmjeren sedmogodišnji debljinski prirast kako bih odredio prsni promjer stabala 1981. g.

Daljnjom analizom terestričkih podataka uočena je varijabilnost vrsta drveća. S obzirom na najveću zastupljenost odlučio sam se na daljnje istraživanje crne johe, poljskog jasena i bagrema. Također je uočena varijabilnost vrsta i unutar ploha. Tako sam dalje eliminirao plohe i ograničio se na plohe u kojima je osnovna vrsta zastupljena s više od 90% s obzirom na broj stabala.

Konačan broj istraživanih ploha za detaljnu obradu nalazi se u tablici br. 2.

Iz te tablice vidljiv je različit broj ploha i stabala s obzirom na način izmjere. Prilikom postavljanja busolnog vlaka i izmjere na terenu plohe 1, 4 i 8 evidentirane su kao čiste sastojine pripadajućih vrsta, ali zbog intenzivnoga gospodarenja nisu

Tab. 2. Količina izmjerenih stabala – Quantity trees measurement

| VRSTA DRVEĆA | OZNAKA PLOHE | | BROJ STABALA | |
|------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| | TERESTR. | FOTOGRAM. | TERESTR. | FOTOGRAM. |
| CRNA JOHA | - | 8 | - | 24 |
| | 19 | 19 | 27 | 65 |
| | 20 | 20 | 19 | 53 |
| | 21 | 21 | 22 | 78 |
| | 23 | 23 | 21 | 85 |
| | 24 | 24 | 17 | 46 |
| | UKUPNO | 5 | 6 | 106 |
| POLJSKI JASEN | - | 1 | - | 58 |
| | 2 | 2 | 12 | 40 |
| | 3 | 3 | 14 | 15 |
| | 27 | 27 | 25 | 33 |
| | 28 | 28 | 18 | 30 |
| | UKUPNO | 4 | 5 | 69 |
| BAGREM | - | 4 | - | 19 |
| | 12 | 12 | 17 | 29 |
| | 14 | 14 | 14 | 76 |
| | 15 | 15 | 14 | 55 |
| | 18 | 18 | 9 | 38 |
| UKUPNO | 4 | 5 | 54 | 217 |
| SVEUKUPNO | 13 | 16 | 229 | 744 |

mjerene. Fotointerpretacijom tih ploha nisu uočene nikakve anomalije koje bi na to upućivale (otvorenost sklopa, manji broj stabala, u odnosu na druge plohe i dimenzije), tako da su one fotogrametrijski obrađene.

Manji broj stabala utvrđen terestrički nastao je zbog manje površine postavljenih ploha.

Kompjutorska obrada započela je unosom osnovnih podataka dobivenih mjerenjem. Podaci su uneseni preko terminala. S obzirom na postavljeni cilj istraživanja prišlo se postavljanju konkretnih matematičkih i grafičkih problema. Nakon toga kreirane su izlazne liste i slike. Izlazne liste podijeljene su s obzirom na porijeklo podataka. U prvom krugu obrađeni su svi podaci, a u drugom su selekcionirana stabla s obzirom na njihovu dominantnost uz uvjet

$$h_0 > \bar{h} \quad (3)$$

gdje je:

$$\begin{aligned} h_0 & - \text{visina stabla} \\ \bar{h} & - \text{aritmetička sredina visine stabla} \end{aligned}$$

Posebna pažnja posvećena je kreiranju slika, i to grafova, projekciji krošanja (tlocrtnom i prostornom prikazu) i karti. U crtanju karata najprije su s topografske karte očitane koordinate delineiranih tipova šuma istraživanog i okolnog područja. To je učinjeno digitajzerom. Nakon toga obavljena je obrada i konačno crtanje ploterom.

Po naprijed navedenom i obavljenom poslu analizirani su dobiveni rezultati. Što se tiče grafova, najprije su za svaki postavljeni odnos dviju promatranih veličina iscrtane sve tri varijante izjednačenja (pravci, parabole i hiperbole). Detaljnijom analizom odabrane su najpogodnije krivulje izjednačenja i konačno crtanje. Tako dobiveni terestrički rezultati upotrijebljeni su za daljnju obradu i kreiranje nove izlazne liste. Budući da sam pomoću mjerenja sedmogodišnjega debljinskog prirasta izračunao prsni promjer stabala 1981. g., te sam podatke iskoristio za dobivanje vrijednosti promjera krošnje i visine stabala iste godine. To je učinjeno pomoću izračunatih jednadžbi krivulje izjednačenja.

Svi matematički obrađeni podaci odnosno rezultati ispisani na izlaznim listama preneseni su na personalno računalo, gdje su iskorišteni za daljnju obradu te kompletnu obradu teksta.

Obrada podataka – Process data

Podaci su obrađeni posebno za terestričke, a posebno za aerofotogrametrijske podatke. U oba slučaja najprije je urađen obračun po pojedinoj plohi. U tom dijelu izračunate su vrijednosti za svako pojedino stablo. Nakon toga podaci su statistički obrađeni, pa je dobivena tzv. statistika I. koraka. Kada je završena obrada po plohama jedne vrste drveća, izračunati su statistički podaci za tu vrstu, pa je dobivena tzv. statistika II. koraka. Nakon toga slijedi identičan redoslijed obrade za drugu i treću vrstu drveća.

Detaljnom analizom obrađenih podataka uočene su neke zakonitosti pojedinih veličina te su još jednom obrađeni isti podaci za dominantna stabla, koja su izračunata po formuli broj 4. Izbor dominantnih stabala sličan je švedskoj metodi po kojoj također broj izabranih stabala nije ograničen, nego se kao dominantna

uzimaju sva stabla čiji je promjer određen odnosom

$$d_d > \bar{d} + s_d \quad (4)$$

gdje je:

d_d – promjer dominantnih stabala
 \bar{d} – aritmetička sredina promjera
 s_d – standardna devijacija promjera

Paralelno s tom matematičkom obradom izvršena je grafička obrada, koja je također matematički podržana.

Za neke od parametara i njihove međusobne odnose između terestričke i fotogrametrijske obrade izračunata je tzv. statistika III. koraka. To su različiti testovi pojedinih postavljenih hipoteza.

Numerička obrada – Process numeral

Terestrički podaci – Terrestrial data

Od terestričkih podataka obrađeni su podaci za prsni promjer, promjer projekcije krošnje, visinu i prirast.

Srednji prsni promjer izračunat je po formuli

$$d_s = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (5)$$

Srednji promjer projekcije krošnje izračunat je analogno po formuli

$$D_s = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (6)$$

Kako je visina stabala mjerena samo jednom, ona je u ovom dijelu samo statistički obrađena.

Pri uzimanju izvrtaka stabla su bušena samo na jednom mjestu. Izmjereni sedmogodišnji prirast upotrijebljen je za izračunavanje prsnog promjera 1981. g. Ovdje je, iako postoji, zanemaren sedmogodišnji prirast kore zbog njezine male vrijednosti. Taj prsni promjer izračunat je po formuli

$$d_{s-17} = d_s - 2 \cdot i_7 \quad (7)$$

gdje je:

d_{s-17} – prsni promjer 1981. g.
 d_s – prsni promjer 1988. g.
 i_7 – sedmogodišnji debljinski prirast

Svaka od tih veličina statistički je obrađena.

Broj stabala na plohi označen je sa n .

Aritmetička sredina obilježja izračunata je po formuli:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (8)$$

gdje se \bar{x} odnosi na aritmetičku sredinu prsnog promjera, promjera krošnje i visinu stabla.

Standardna devijacija izračunata je po formuli:

$$s = ((\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x})^2) \cdot (\sum f_i)^{-1})^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Koeficijent varijacije izračunat je po formuli:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (10)$$

Standardna pogreška izračunata je po formuli:

$$s_{\bar{x}} = s/n^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Na kraju obrade za svaku plohu izračunata je njezina površina po formuli:

$$p_{PL} = r^2 \cdot \pi \quad (12)$$

gdje je r = polumjer plohe.

Sve navedene formule su općepoznate u praksi tako da ih nisam htio detaljnije objašnjavati.

Ovaj statistički obračun je tzv. statistika I. koraka. Njoj je identična tzv. statistika II. koraka koje je izračunata za cijelu vrstu.

Na kraju je prikazana ukupna površina ploha koja je jednaka sumi pojedinih ploha.

U tablici br. 3 nalazi se primjer izlazne liste terestričkih podataka sa statističkom obradom I. i II. koraka.

Fotogrametrijski podaci – Photogrammetrial data

U prijašnjim poglavljima objašnjen je postupak određivanja koordinata svake pojedine točke. Na temelju tih koordinata (x , y , z) matematičkim obračunom dobivene su vrijednosti za promjer vidljivog dijela krošnje, visinu stabla i visinu vidljivog dijela krošnje, s daljnjim obračunom volumena vidljivog dijela krošnje.

Tražena udaljenost izračunata je pomoću formule:

$$D = (\delta x^2 + \delta y^2)^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

gdje je:

$$\delta x = x_2 - x_1 \quad (14)$$

$$\delta y = y_2 - y_1 \quad (15)$$

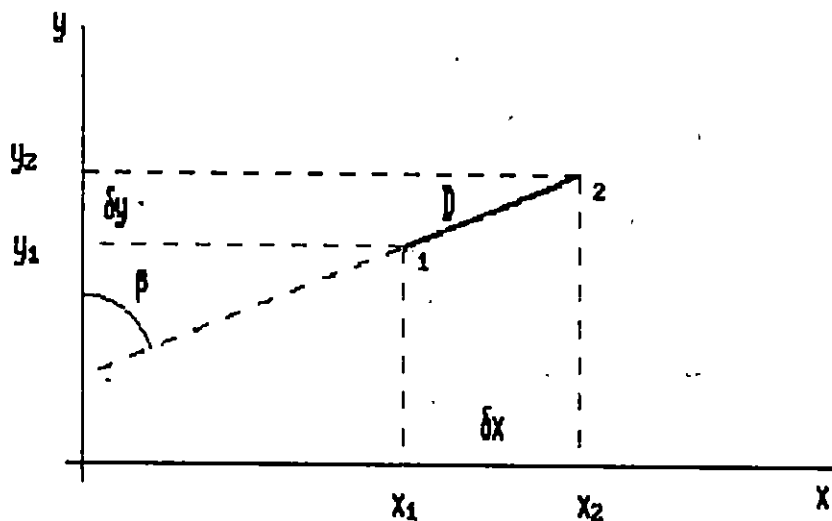
Izračunata vrijednost u konkretnom slučaju odgovara promjeru vidljivog dijela krošnje (D_1 ili D_2). Shematski prikaz nalazi se na slici broj 2.3.

Koordinata z očitana je u apsolutnom iznosu. To znači da je njezina vrijednost jednaka upravo nadmorskoj visini te točke. Kako je stereopar orijentiran na topografsku kartu, nadmorske visine terena (slojnice) očitane su s nje. Razlika

Tab. 3. Primjerna kompjutorska izlazna lista terestričkih podataka – Example of computer terestrial data

CRNA JOHA

| PP BR | PRS.PROM.88. (cm) | | | PROMJER KROSNJE (m) | | | VISINA (m) | PRIRAST (cm) | PRS.PROM.81 (cm) |
|---------------------------|---------------------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|---------------------|
| | d ₁ | d ₂ | d _m | D ₁ | D ₂ | D _a | h | i ₇ | d _{m-17} |
| 24 1 | 17.0 | 16.9 | 16.95 | 4.60 | 3.75 | 4.175 | 18.9 | .75 | 15.45 |
| 2 | 24.2 | 25.6 | 24.90 | 4.20 | 5.25 | 4.725 | 21.6 | .50 | 23.90 |
| 3 | 29.5 | 27.9 | 28.70 | 6.60 | 4.45 | 5.525 | 25.3 | .80 | 27.10 |
| 4 | 28.1 | 28.0 | 28.05 | 3.25 | 5.85 | 4.550 | 25.1 | .70 | 26.65 |
| 5 | 28.5 | 28.0 | 28.25 | 5.35 | 7.00 | 6.175 | 23.2 | .50 | 27.25 |
| 6 | 27.2 | 28.3 | 27.75 | 4.00 | 2.40 | 3.200 | 27.0 | .80 | 26.15 |
| 7 | 24.4 | 25.1 | 24.75 | 3.60 | 3.45 | 3.525 | 26.5 | .90 | 22.95 |
| 8 | 28.4 | 28.2 | 28.30 | 5.40 | 3.30 | 4.350 | 26.8 | .90 | 26.50 |
| 9 | 25.3 | 23.9 | 24.60 | 3.25 | 4.40 | 3.825 | 24.1 | .75 | 23.10 |
| 10 | 25.6 | 25.5 | 25.55 | 3.55 | 4.40 | 3.975 | 25.2 | .65 | 24.25 |
| 11 | 27.1 | 26.1 | 26.60 | 4.75 | 3.90 | 4.325 | 26.3 | .80 | 25.00 |
| 12 | 23.0 | 23.9 | 23.45 | 3.75 | 4.05 | 3.900 | 26.1 | .90 | 21.65 |
| 13 | 27.3 | 27.4 | 27.35 | 4.10 | 4.10 | 4.100 | 25.8 | .70 | 25.95 |
| 14 | 30.2 | 29.5 | 29.85 | 6.70 | 4.50 | 5.600 | 27.7 | .85 | 28.15 |
| 15 | 38.1 | 33.6 | 35.85 | 6.10 | 5.40 | 5.750 | 27.4 | 1.40 | 33.05 |
| 16 | 27.0 | 25.2 | 26.10 | 4.40 | 4.90 | 4.650 | 26.9 | 1.05 | 24.00 |
| 17 | 32.4 | 31.7 | 32.05 | 4.80 | 6.20 | 5.500 | 26.7 | .70 | 30.65 |
| n | 17 | | | | | | | | |
| \bar{x} | 27.003 | | | 4.579 | | | 25.33 | | 25.397 |
| s | 3.849 | | | .828 | | | 2.22 | | 3.707 |
| CV | 14.252 | | | 18.075 | | | 8.76 | | 14.597 |
| $s_{\bar{x}}$ | .933 | | | .201 | | | .54 | | .899 |
| | PP1 = 452 m ² | | | | | | | | |
| UKUPNO ZA VRSTU CRNA JOHA | | | | | | | | | |
| n | 106 | | | | | | | | |
| \bar{x} | 24.528 | | | 4.441 | | | 22.94 | | 22.507 |
| s | 5.030 | | | 1.144 | | | 2.47 | | 4.745 |
| CV | 20.506 | | | 25.752 | | | 10.75 | | 21.085 |
| $s_{\bar{x}}$ | .489 | | | .111 | | | .24 | | .461 |
| | PP1 = 1847 m ² | | | | | | | | |



Sl. - Fig. 2.3. Shematski prikaz obračuna promjera vidljivog dijela krošnje - Schematic view visible crown diameter account

između očitane vrijednosti i koordinate z su visine pojedinih stabala. Naime, čitavo se istraživano područje nalazi na ravničnom terenu tako da su razlike nadmorskih visina terena vrlo male. Ekvidistancija slojnica na topografskoj karti je 0,5 m, ali se između pojedinih slojnica nalaze brojne točke čije su vrijednosti nadmorskih visina zapisane na točnost od 0,01 m. Nadalje, zbog relativno gustog sklopa bilo je otežano spuštanje markice stereometra na podnožje uz svako stablo ili plohu. Iz navedenih razloga vrijednosti visina terena \bar{z} očitane su s karte (aproximacijom poznatih točaka) za svaku pojedinu plohu, na točnost 0,1 m.

Pomoću formule

$$\delta z = z_0 - \bar{z} \quad (16)$$

dobivene su visine stabala, gdje je:

$\delta z = h_0$ - visina stabla

z_0 - vrijednost koordinate »z« točke 0

\bar{z} - vrijednost točke 0 očitane s topografske karte.

Detaljan položaj i opis pojedinih točaka nalazi se na slici 2.4. gdje je:

0 - vrh stabla

1, 2, 3, 4 - obodne točke krune

0' - podnožje stabla

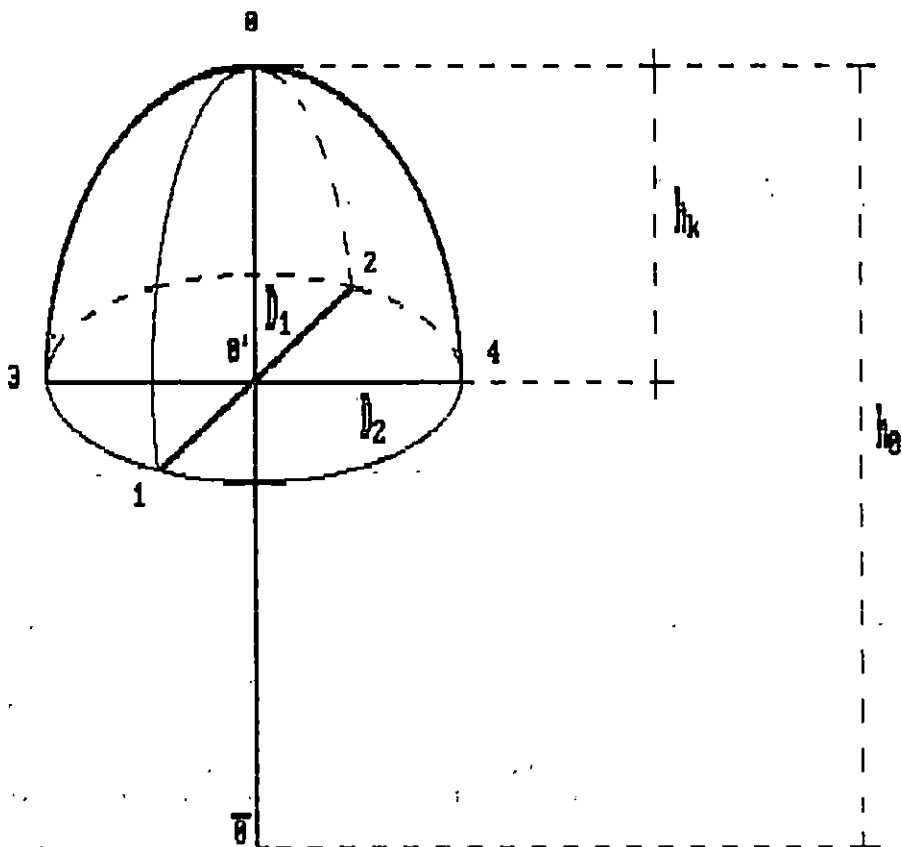
0'' - sjecište promjera D_1 i D_2

D_1 - prvi promjer vidljivog dijela krošnje

D_2 - drugi promjer vidljivog dijela krošnje

h_0 - visina stabla

h_k - visina vidljivog dijela krošnje.



Sl. - Fig. 2.4. Shematski prikaz stabla - Schematic view tree

Pomoću već poznate formule (br. 6) izračunat je srednji promjer vidljivog dijela krošnje (D_s).

Visina vidljivog dijela krošnje izračunata je po formuli

$$h_k = z_0 - z' \quad (17)$$

Za koordinatu z' uzeta je aritmetička sredina visina obodnih točaka vidljivog dijela krošnje po formuli

$$z' = \frac{z_1 + z_2 + z_3 + z_4}{4} \quad (18)$$

gdje su:

z' – aritmetička sredina visina obodnih točaka vidljivog dijela krošnje
 $z_1 \dots z_4$ – koordinate obodnih točaka vidljivog dijela krošnje.

Volumen vidljivog dijela krošnje izračunat je na nešto složeniji način.

Prema Kušan u (1988) »najpodesniji način mjerenja površine projekcije krošnje kartiranjem bio bi da se na terenu izmjere dva bilo koja međusobno okomita promjera krošnje te da se pomoću njih izračuna površina elipse« po formuli:

$$P = D_1 \cdot D_2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad (19)$$

To se može primijeniti i pri fotogrametrijskoj izmjeri.

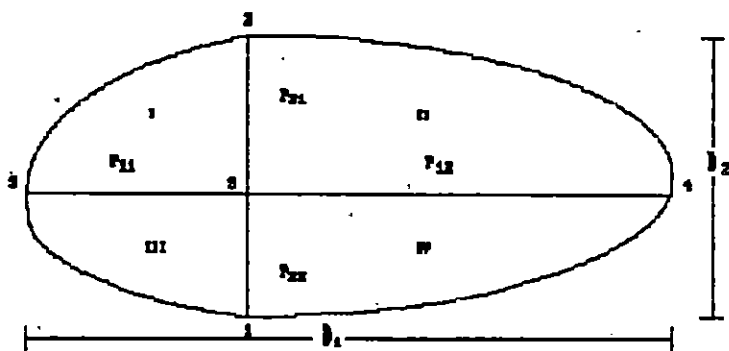
Köndler (1986) također vrši aproksimaciju projekcije površine elipse, ali tu elipsu raščlanjuje na četiri isječka četiri različite elipse. To je shematski prikazano na slici br. 2.5,

gdje su:

- I, II, ... = površine isječka elipse
- D_1, D_2 = promjeri vidljivog dijela krošnje
- r_{11}, r_{12}, \dots = osi elipse
- S = sjecište baze
- 1, 2, 3, 4 = obodne točke vidljivog dijela krošnje.

Zbog preciznijeg obračuna i mogućnosti koje pruža očitavanje koordinata pojedinih točaka odlučio sam se primijeniti Köndlerov način dvodimenzionalnog crtanja krošnje i izračunavanja volumena vidljivog dijela krošnje.

Köndler u svom radu proučava nekoliko različitih oblika vidljivog dijela krošnje. On je promatra kao stožac, normalni paraboloid, apolonski paraboloid, paraboloid I. i II. reda te elipsoid. Iz tog primjera vidljivo je da se najviše osvrće na različite modifikacije paraboloida. U daljnjoj razradi najviše se koristi oblikom normalnog paraboloida. Budući da nisam išao u tako detaljno razmatranje mog postavljenog problema, a i na temelju diskusije i razmišljanja o konkretnim istraživačkim vrstama odlučio sam se za oblik normalnog paraboloida.



Sl. – Fig. 2.5. Shematski prikaz projekcije krošnje (Kaendler 1986) – Schematic view crown projection

Na os baze vidljivog dijela krošnje, odnosno promjer vidljivog dijela krošnje D_2 postavljene su dvije parabole po formuli:

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 \quad (20)$$

Jedna parabola prolazi točkama »2« i »0« (tjeme), a druga točka »1« i »0« (tjeme). Ispod prve polovine parabole izračunata je površina tog lika po ovoj formuli:

$$P = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} (a \cdot x^2 + b \cdot x + c) \cdot dx \quad (21)$$

$$P = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} \left(\frac{a \cdot x^3}{3} + \frac{b \cdot x^2}{2} + c \cdot x \right) \cdot dx \quad (22)$$

$$P = \left[\frac{a \cdot x_{\max}^3}{3} + \frac{b \cdot x_{\max}^2}{2} + c \cdot x_{\max} \right] - \left[\frac{a \cdot x_{\min}^3}{3} + \frac{b \cdot x_{\min}^2}{2} + c \cdot x_{\min} \right] \quad (23)$$

Gaussov im algoritmom (tri jednadžbe s tri nepoznanice) izračunati su parametri a , b , c parabole pomoću kojih se iz jednadžbi broj 25, 26 i 27 izračuna površina ispod parabole.

Kako su obodne točke vidljivog dijela krošnje određene koordinatama, a između susjednih točaka povučena krivulja elipse, poznate su koordinate svake točke te krivulje. Polarnom metodom i korakom od 10° određena je koordinata neke točke na elipsi. Iz te točke postavljena je parabola čije je tjeme opet »0«, te je dobiven parabolni isječak čiji je volumen izračunat po ovim formulama:

$$V = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot \frac{t}{2} \quad (24)$$

$$\frac{t}{2} = r \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (25)$$

gdje je:

- p_1, p_2 – površine ispod parabola
- t – tetiva između dviju susjednih točaka elipse
- $r = D$
- $\alpha = 10^\circ$
- V_u – volumen paraboloida

Krećući se tako dalje po elipsi za isti korak, iraćunati su ostali isječci. Njihovim zbrajanjem dobiven je konačni volumen paraboloida.

Prikazani način je teoretski postavljen i razrađen. Praktično teško ga je ostvariti i provjeriti.

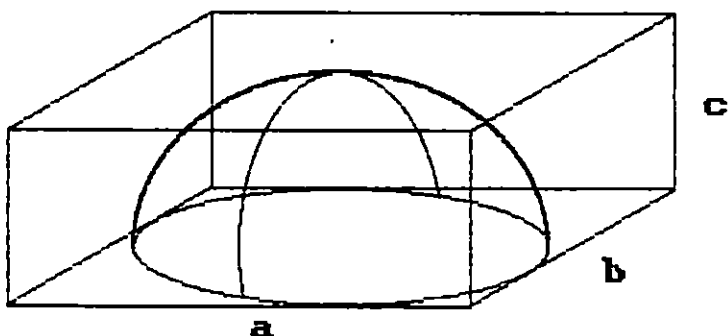
Idealno je kada su obodne točke vidljivog dijela krošnje na istoj nadmorskoj visini, imaju isti »z«, dakle kada se promjeri sijeku. Međutim kada taj uvjet nije zadovoljen, promjeri su mimosmjerni. Sjecište promjera, točka »0«, određeno je tada aproksimacijom po formuli za z' (br. 18).

Suočen sa svim tim problemima, pokušao sam na neki način provjeriti dobivene rezultate.

Postavio sam jedan kvadar kao na slici broj 2.6. sa stranicama a, b i c. Volumen tog kvadra izračunat je po formuli

$$V_{\alpha} = a \cdot b \cdot c \quad (26)$$

Zatim sam u taj kvadar uložio gornji dio kugle (kalotu) kojoj je



Sl. – Fig. 2.6. Shematski prikaz krošnje u odnosu na zamišljeni kvadar – Schematic view crown in relation to the projected quadar

$$r = \frac{a}{2} = \frac{b}{2} = c \quad (27)$$

Tako zadane elemente uvrstio sam u jednadžbu volumena kugle

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad (28)$$

i dobio volumen kalote

$$V_{ka} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad (29)$$

Usporedivši volumen idealne kalote s idealnim kvadrom, izračunao sam prema formuli

$$p = \frac{V_{ka}}{V_{\alpha}} \cdot 100 \quad (30)$$

da se taj postotak »p« kreće oko 60%.

Analogno tom postupku za svako promatrano stablo izračunat je volumen zamišljenog kvadra po formuli

$$V_{\beta} = D_s^2 \cdot h_k \quad (31)$$

Već prije izračunat volumen paraboloida stavljen je u odnos i izračunat je koeficijent po formuli

$$k_{vp} = \frac{V_p}{V_\beta} \quad (32)$$

Dobivene vrijednosti daju naslutiti pravilnost naprijed objašnjenog načina izračunavanja paraboloida, odnosno volumena vidljivog dijela krošnje. Primjer se nalazi u tablici 4, a srednje vrijednosti u tablicama br. 8, 9 i 10.

Jedan od ciljeva istraživanja je utvrđivanje funkcionalne ovisnosti volumena vidljivog dijela krošnje od promjera i visine vidljivog dijela krošnje. To je postavljeno jednadžbom

$$V_k = f(D, h_k) \quad (33)$$

Da bih riješio to pitanje, odlučio sam se za primjenu Schumacher-Hallove jednadžbe volumena stabla

$$V = a \cdot d^b \cdot h^c \quad (34)$$

gdje je:

V = volumen stabla
d = prsni promjer
h = visina stabla
a, b, c = parametri

Modificirani je oblik te jednadžbe A. Pranjić (1963) upotrijebila za istraživanje ovisnosti volumena stabla o promjeru krošnje i visini:

$$m = A \cdot D^b \cdot h^c \quad (35)$$

gdje je:

m = volumen stabla
D = promjer krošnje
ostale veličine su identične.

Za istraživanje navedene ovisnosti (jednadžba br. 33) upotrijebio sam jednadžbu

$$V_k = a \cdot D^b \cdot h_k^c \quad (36)$$

gdje je:

V_k = volumen vidljivog dijela krošnje
D = promjer vidljivog dijela krošnje
 h_k = visina vidljivog dijela krošnje
a, b, c = parametri

Za volumen vidljivog dijela krošnje (V_k) upotrijebio sam prije izračunate vrijednosti volumena paraboloida. Ta je jednadžba riješena pomoću logaritama pa u takvu obliku ona glasi:

$$\log V_k = a + b \cdot \log D + c \cdot \log h_k \quad (37)$$

U tu svrhu najprije je nacrtan graf, gdje su na osi x nanesenii podaci za visinu vidljivog dijela krošnje, a na os y za promjer vidljivog dijela krošnje. Vrijednosti su

izjednačene jednadžbom pravca (jednadžba br. 38).

U tablici br. 4 nalazi se primjer izlazne liste fotogrametrijskih podataka.

Tab. 4. Primjerna kompijutorska izlazna lista aerofotogrametrijskih podataka – Example of computer aerophotogrammetrical data

CRNA JOBA

| PP BR | PROMJER KRONE (m) | | | VISINA | | | VISINA | | KROŠNJA | |
|--|----------------------|----------------|----------------|----------|-----------------|---------|----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| | D ₁ | D ₂ | D _n | VRHA ST. | SJEC.PR. (m) | TERENA | STABLA | KROŠNJE (m) | VOLUMEN (m ³) | KOEF. |
| | | | | 0 | 0' | 0 | h ₀ | h _n | V _p | k _{vp} |
| 8 | 3.801 | 3.601 | 3.701 | 152.700 | 151.075 | 134.500 | 18.200 | 1.625 | 11.871 | .533 |
| 2 | 5.404 | 5.801 | 5.602 | 152.400 | 150.975 | 134.500 | 17.900 | 1.425 | 23.724 | .530 |
| 3 | 4.101 | 4.540 | 4.321 | 151.700 | 150.350 | 134.500 | 17.200 | 1.350 | 13.194 | .524 |
| 4 | 4.639 | 4.206 | 4.422 | 152.700 | 151.125 | 134.500 | 18.200 | 1.575 | 16.316 | .530 |
| 5 | 5.000 | 4.319 | 4.659 | 152.700 | 150.600 | 134.500 | 18.200 | 2.100 | 23.997 | .526 |
| 6 | 4.100 | 3.901 | 4.001 | 155.800 | 153.625 | 134.500 | 21.300 | 2.175 | 18.309 | .526 |
| 7 | 4.200 | 3.606 | 3.903 | 155.300 | 153.700 | 134.500 | 20.800 | 1.600 | 12.810 | .526 |
| 8 | 1.628 | 4.639 | 3.133 | 153.100 | 151.550 | 134.500 | 18.600 | 1.550 | 8.112 | .533 |
| 9 | 3.114 | 2.508 | 2.811 | 156.400 | 153.325 | 134.500 | 21.900 | 3.075 | 13.683 | .563 |
| 10 | 2.555 | 5.464 | 4.010 | 156.800 | 154.200 | 134.500 | 22.300 | 2.600 | 22.468 | .537 |
| 11 | 4.071 | 5.780 | 4.925 | 153.600 | 151.925 | 134.500 | 19.100 | 1.675 | 21.596 | .531 |
| 12 | 4.201 | 5.501 | 4.851 | 154.000 | 152.025 | 134.500 | 19.500 | 1.975 | 24.653 | .530 |
| 13 | 2.452 | 3.298 | 2.875 | 153.400 | 151.900 | 134.500 | 18.900 | 1.500 | 6.521 | .526 |
| 14 | 3.701 | 3.106 | 3.404 | 153.800 | 152.500 | 134.500 | 19.300 | 1.300 | 7.893 | .524 |
| 15 | 5.304 | 5.608 | 5.456 | 154.700 | 152.625 | 134.500 | 20.200 | 2.075 | 32.396 | .524 |
| 16 | 6.088 | 7.301 | 6.694 | 154.400 | 152.150 | 134.500 | 19.900 | 2.250 | 54.966 | .545 |
| 17 | 4.472 | 4.045 | 4.258 | 154.500 | 152.850 | 134.500 | 20.000 | 1.650 | 15.861 | .530 |
| 18 | 2.802 | 3.956 | 3.379 | 152.800 | 151.725 | 134.500 | 18.300 | 1.075 | 6.428 | .524 |
| 19 | 1.921 | 3.883 | 2.902 | 153.700 | 152.800 | 134.500 | 19.200 | .900 | 3.994 | .527 |
| 20 | 4.900 | 4.245 | 4.572 | 154.600 | 152.800 | 134.500 | 20.100 | 1.800 | 19.996 | .531 |
| 21 | 4.300 | 3.635 | 3.967 | 154.500 | 152.700 | 134.500 | 20.000 | 1.800 | 14.860 | .525 |
| 22 | 3.606 | 4.866 | 4.236 | 154.300 | 152.925 | 134.500 | 19.800 | 1.375 | 13.809 | .560 |
| 23 | 3.614 | 3.423 | 3.519 | 156.000 | 154.450 | 134.500 | 21.500 | 1.550 | 10.213 | .532 |
| 24 | 2.341 | 4.632 | 3.487 | 153.300 | 151.850 | 134.500 | 18.800 | 1.450 | 9.609 | .545 |
| D | 24 | | | | | | | | 24 | |
| \bar{r} | 4.129 | | | | | | 19.550 | 1.727 | 16.970 | .533 |
| s | .939 | | | | | | 1.325 | .479 | 10.698 | .011 |
| CV | 22.735 | | | | | | 6.778 | 27.752 | 63.039 | 1.996 |
| $s_{\bar{r}}$ | .192 | | | | | | .270 | .098 | 2.184 | .002 |
| PP1 = 707 m ² ; log a = -.268; b = 1.982; c = 1.054 (V _p = a · D ^b · h _R) | | | | | | | | | | |
| UKUPNO ZA VRSTU CRNA JOBA | | | | | | | | | | |
| n | 351 | | | | | | | | 347 | |
| \bar{r} | 2.491 | | | | | | 21.804 | 1.201 | 5.786 | .533 |
| s | 1.029 | | | | | | 2.120 | .583 | 7.533 | .059 |
| CV | 41.301 | | | | | | 9.722 | 48.543 | 130.197 | 11.049 |
| $s_{\bar{r}}$ | .055 | | | | | | .113 | .031 | .404 | .003 |
| PP1 = 4241 m ² ; log a = -.273; b = 1.990; c = 1.002 (V _p = a · D ^b · h _R) | | | | | | | | | | |

Grafički prikaz – Printing view

S obzirom na specifičnost istraživanja, postavljeni cilj, interesantnost rezultata i dostupne mogućnosti neke su zakonitosti i moguća praktična rješenja obrađena grafičkim postupcima. Općenito je poznato da su ljudi pretežno audiovizualni tipovi, s posebnim naglaskom na ovaj drugi dio (vizualni), najlakše i najizražajnije takav vizualni podatak ili rješenje ulazi u svijest i biva najlakše objašnjen i stoga jasan i razumljiv. S druge pak strane grafička rješenja pomažu matematičkim, dopunjuju i oplemenjuju ih. Promatrajući jedne i druge, promatrač istraživač sve detaljnije analizira postavljeni problem. On sve dublje ulazi u tajne prirode i na taj ih način brže i lakše upoznaje i tumači njihovo postojanje i međusobne zakonitosti. Općenito, prirodni zakoni su vrlo jednostavni, logični, ali je ljudskom umu potrebno mnogo truda, znanja, vremena i mukotrpnog rada da bi spoznao tu jednostavnost i logičnost. On otkriva dotad nepoznat svijet, tumači ga, objašnjava sebi i drugima. Nova spoznaja koristi mu za daljnja razmišljanja i tumačenja. Što su spoznaje naprednije i postupci razvijeniji, to je do rješenja lakše, brže i jednostavnije doći, a rezultati su bolji i brojniji.

S tim u vezi ovdje sam prikazao nekoliko načina grafičkog rješavanja triju različitih problema.

Grafovi – Graphs

Ovim načinom promatrano je i prikazano nekoliko međusobnih odnosa taksacijskih elemenata dobivenih terestričkom i fotogrametrijskom izmjerom.

Kompjutorskom obradom poštovana su unaprijed određena pravila, jedinstvena za sva rješenja. Svakom zadanom elementu određen je minimum i maksimum vrijednosti te »korak« ispisivanja vrijednosti po osi. Poštujući taj uvjet, kompjutor sam postavlja tražene elemente u određeni dio koordinatnog sustava.

Iscrtane su konkretne vrijednosti koje su zatim izjednačene pravcem ili krivuljom. U tu svrhu upotrijebljene su ove jednadžbe:

1. za pravac

$$y = a + b \cdot x \quad (38)$$

2. za parabolu

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 \quad (39)$$

3. za hiperbolu

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 \quad (40)$$

Sva tri oblika jednadžbe sastavni su dijelovi primijenjenoga postojećega programskog paketa MATHPACK, tako da za izjednačenje podataka za visinsku krivulju nije bilo moguće upotrijebiti Mihailovu funkciju koja daje najbolje izjednačenje tog odnosa.

Za svaki odnos ispisana je jednadžba s konkretnim vrijednostima parametara a, b, c ili d zaokružena na tri decimale, dok su u obračunu uzete vrijednosti bez zaokruživanja.

Nakon tako dobivenih jednadžbi u njih su uvršteni procijenjeni terestrički

podaci prsnog promjera od prije 7 godina (d_{s-17}) kako bismo izračunali vrijednosti visine stabala i promjera projekcije krošnje 1981. g. Ti su podaci ispisani na poseban listing i oni su upotrebljivi za usporedbu s identičnim fotogrametrijskim podacima.

Za svaki istraživani odnos dviju veličina izračunat je linearni koeficijent korelacije po formuli

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{(\sum (x - \bar{x})^2 \cdot \sum (y - \bar{y})^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (41)$$

Najpogodnija jednadžba izjednačenja odabrana je uspoređivanjem triju oblika krivulje izjednačenja (pravac, parabola, hiperbola) za svaki postavljeni odnos na osnovi podataka crne johe koji su najbrojniji.

Na primjer:

a) kod terestričkih podataka

– Za visinsku krivulju odabrana je jednadžba parabole koja od naprijed navedenih mogućih jednadžbi najbolje izjednačuje podatke s tim što se mora zanemariti gornji krak koji počinje padati.

– Za odnos promjera projekcije krošnje i prsnog promjera odabrana je jednadžba pravca (br. 38) jer je kod parabole lijevi krak počeo najprije padati, a kod hiperbole su lijevi krak i središnji dio nalikovali pravcu (najviše podataka), dok je tek desnim krakom pokazivala oblik hiperbole (malo difuznih podataka).

– Za odnos promjera projekcije krošnje i visine stabla odabrana je jednadžba pravca (br. 38) jer je parabola bila vrlo slična pravcu, a kod hiperbole je središnji dio bio horizontalan.

b) Kod fotogrametrijskih podataka kriterij i način odabiranja je bio identičan. Tako je za odnos promjera vidljivog dijela krošnje i visine stabla odabrana jednadžba parabole (br. 39), za odnos visine i promjera vidljivog dijela krošnje jednadžba pravca (br. 38), za odnos visine vidljivog dijela krošnje i visine stabla jednadžba pravca (br. 38), za odnos volumena i visine vidljivog dijela krošnje jednadžba parabole (br. 39) i za odnos volumena i promjera vidljivog dijela krošnje odabrana je jednadžba parabole (br. 39).

Tlocrtni prikaz krošanja – The ground-plan crowns view

Projekcija krošanja rađena je u dvodimenzionalnom sustavu te stoga nosi naslov »ortogonalna projekcija površina krošanja«. S obzirom na to da su osnovne točke krošanja određene i autografom kao koordinate, nazvana je i »koordinatna«. U stranoj literaturi nosi naziv »karta krošanja«.

U prijašnjim poglavljima opisan je najpogodniji način izmjere krošnje. Na slici br. 2.3. shematski je prikazano rješenje problema površine projekcije krošnje. Po istom principu kompjutor je to riješio i grafički. Poznate su koordinate (x, y) četiriju obodnih točaka na krošnji. Pomoću dviju susjednih točaka i točke »S«, koja predstavlja sjecište ortogonalnih promjera D_1 i D_2 , nacrtana je krivulja po jednadžbi elipse:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (42)$$

Krivulja je skup pojedinih točaka u nizu. Koordinata svake točke te krivulje određena je polarnom metodom pomoću određenog kuta kome se vrh nalazi u točki »S«.

Za svaku projekciju krošnje cijeli se postupak ponavlja četiri puta.
Slika je crtana u mjerilu 1:250.

Prostorni prikaz krošanja – The space crowns view

Ovim načinom prikazan je trodimenzionalni model konfiguracije krošanja, odnosno prostorni prikaz krošanja. Za tu priliku korišten je programski paket GEOTOP – potprogram DISSPLA, koji služi za prikazivanje trodimenzionalnog modela konfiguracije terena (topografske karte).

Svaka od (x, y, z) ovog sustava ima svoje mjerilo kako bi se postigla prostorna predodžba. Na osima su ispisane relativne vrijednosti koordinata modela. U ravnini x-y postavljena je koordinatna mreža. Pet koordinatno određenih točaka svake krošnje iscrtano je i međusobno povezano pravicima tako da krošnje imaju piramidalan oblik. Krošnje su također međusobno spojene pravicima jer je koordinatna mreža ravnina x-y dignuta na njihov nivo.

S osi z mogu se izračunati visine po jednadžbi br. 16.

Kartiranje – Mapping

Postupak kartiranja započet je ulaganjem snimaka u B8, što je objašnjeno u prijašnjim poglavljima. Nakon toga prišao sam interpretaciji stereomodela, detaljnom analizom promatranog područja, uz pomoć okulara povećanja 6×. Prvo se uočavaju razlike između prirodnih i neprirodnih objekata (šume, oranice, putovi, kanali, građevine, naselja). Nakon utvrđivanja granice istraživanog područja uočavaju se šumom obrasle površine i razlike unutar njih. Uočene razlike odnose se kao različiti tonovi boja, heterogenost ili homogenost strukture krošanja, različite visine stabala, obraslost i sklopljenost pojedinih dijelova područja. Na taj način počinju se uočavati granice između pojedinih dijelova te se u mislima počinju formirati granice sastojina. Detaljnom usporedbom i stalnim provjeravanjem uočenog počinju se donositi zaključci. Starije sastojine većih su dimenzija, ponegdje tamnije boje, heterogenije su strukture jer dolazi do većih razlika u dimenzijama unutar jedne sastojine. Mlade sastojine, potpuno sklopljene, homogenije su strukture, svjetlije boje, iako nijansa ovisi i o vrsti drveća. Uočavaju se zatim plješine obrasle travom i grmljem, zamočvareni dijelovi kao livade unutar šume, slabo obrasle površine gdje se primjećuju soliterna stabla, različitih dimenzija, naglim i čestim promjenama tonova.

Po donošenju konačnog zaključka počeo sam izlučivati pojedine dijelove krećući se mjeracom markicom po granicama. U tom instrumentu to je izvedeno pomoću ručke koja se nalazi na središnjem dijelu stola ispred restitatora i pomiče se objema rukama. Pomoću mehaničkog prijenosa svi pomaci rukama, odnosno pomaci mjerace markice prenose se preko olovke pantografa na uloženu topografsku kartu na pomoćnom stolu.

Rezultat toga rada je delineirana topografska karta s ucrtanim izlučenim sastojinama i njezinim dijelovima (plješine i sl.).

Tako iscrtana karta stavlja se na ploču digitajzera. Pomoću nitnog križa i tastature određene su (»skinute«) koordinate svih lomnih točaka linija izlučenja. Svaka točka dobiva oznaku – šifru, zapisanu na topografskoj karti. Točke se određuju tako da zatvore određeni dio područja te se na taj način formiraju tzv. table (zatvoreni poligoni) koje se također obilježavaju oznakama.

Po izvršenoj digitalizaciji pristupa se kompjutorskoj obradi pomoću programskih paketa GEODIG i GEOKOM, koji se koriste prilikom komasacijskih radova. Ti paketi omogućavaju formiranje 12 različitih razreda.

Kartira se na ploteru CALCOMP 1075 u željenom mjerilu.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA – RESULT RESEARCH

Promatrane veličine – Observed dimension

Pod promatranim veličinama razumijevam sve veličine stabla mjerene neposredno ili dobivene posredno. Tu spadaju prsni promjer stabla, visina stabla, promjer krošnje, visina i volumen vidljivog dijela krošnje. Prema načinu izmjere podijeljene su na terestričke i fotogrametrijske.

Terestričke veličine – Terrestrial dimension

U tablicama br. 5, 6 i 7 nalaze se statistički obračunate vrijednosti mjerenih veličina. Budući da postoji već prije spomenuta vremenska razlika, ovdje su prikazane njihove pretpostavljene (izračunate) vrijednosti.

Tab. 5. Terenski mjereni podaci (crna joha) – Field work data (Black alder)

| STAT. VEL. | PRSNİ PROMJER (cm) | | PROMJER KROŠNJE (m) | | VISINA STABLA (m) | |
|--------------------------------------|--------------------|-----------|---------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | d_{-} | d_{-17} | D_{-} | D_{-17} | h_{-} | h_{-17} |
| CRNA JOHA – SVA STABLA | | | | | | |
| n | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 105 |
| \bar{x} | 24.53 | 22.51 | 4.44 | 4.11 | 22.94 | 22.16 |
| s | 5.03 | 4.75 | 1.14 | 0.79 | 2.47 | 1.99 |
| CV | 20.51 | 21.08 | 25.75 | 19.15 | 10.75 | 9.00 |
| $s_{\bar{x}}$ | 0.49 | 0.46 | 0.11 | 0.08 | 0.24 | 0.19 |
| CRNA JOHA – DOMINANTNA STABLA | | | | | | |
| n | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 59 |
| \bar{x} | 26.55 | 24.35 | 4.61 | 4.41 | 24.46 | 23.00 |
| s | 4.56 | 4.14 | 1.29 | 0.69 | 1.46 | 1.44 |
| CV | 17.18 | 17.00 | 28.08 | 15.55 | 5.97 | 6.25 |
| $s_{\bar{x}}$ | 0.59 | 0.53 | 0.17 | 0.09 | 0.19 | 0.19 |

| STAT. VEL. | PRSNJI PROMJER (cm) | | PROMJER KROŠNJE (m) | | VISINA STABLA (m) | |
|--|---------------------|------------|---------------------|------------|-------------------|------------|
| | d_m | d_{m-17} | D_m | D_{m-17} | h_m | h_{m-17} |
| POLJSKI JASEN - SVA STABLA | | | | | | |
| n | 69 | 69 | 69 | 69 | 69 | 68 |
| \bar{x} | 26.23 | 24.02 | 5.74 | 5.19 | 25.72 | 23.86 |
| s | 7.49 | 6.87 | 2.16 | 1.69 | 2.85 | 4.95 |
| CV | 28.54 | 28.60 | 37.60 | 32.51 | 11.10 | 20.75 |
| $s_{\bar{x}}$ | 0.90 | 0.83 | 0.26 | 0.20 | 0.34 | 0.58 |
| POLJSKI JASEN - DOMINANTNA STABLA | | | | | | |
| n | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 33 |
| \bar{x} | 31.14 | 28.17 | 6.97 | 6.21 | 27.93 | 26.43 |
| s | 7.61 | 7.31 | 2.34 | 1.80 | 1.65 | 2.32 |
| CV | 24.43 | 25.96 | 33.60 | 28.93 | 5.90 | 8.78 |
| $s_{\bar{x}}$ | 1.30 | 1.25 | 0.40 | 0.31 | 0.28 | 0.40 |

Tab. 6. Terenski mjereni podaci (poljski jasen) – Field work data (Narrow-leaved ash)

Analiziramo li tablicu br. 5, zaključujemo da su prosječna odstupanja vrijednosti obilježja iz 1981. g. od aritmetičke sredine najmanja kod visina stabala, zatim kod promjera krošnji, a najveća kod prsnih promjera.

Analiziramo li tablicu br. 6, zaključujemo da su prosječna odstupanja vrijednosti obilježja iz 1981. g. od aritmetičke sredine najmanja kod visina stabala, a najveća kod promjera krošanja.

Analiziramo li tablicu br. 7, zaključujemo da je prosječno odstupanje vrijednosti obilježja iz 1981. g. najmanje kod visine stabala, a najveće kod promjera krošanja.

Usporedimo li međusobno sve tri tablice (5, 6 i 7), zaključujemo:

1. Najmanje vrijednosti CV su kod crne johe, odnosno kod najvećeg broja stabala.

2. Razlike vrijednosti CV između dominantnih stabala i svih stabala najmanje su kod bagrema, odnosno najmanjeg uzorka.

Fotogrametrijske veličine – Photogrammetrical dimension

U tablicama br. 8, 9 i 10 nalaze se statistički obračunate vrijednosti veličina vidljivog dijela krošnje i stabla.

Tab. 7. Terenski mjereni podaci (bagrem) – Field work data (False acacia)

| STAT. VEL. | PRSNI PROMJER (cm) | | PROMJER KROŠNJE (m) | | VISINA STABLA (m) | |
|-----------------------------------|--------------------|------------|---------------------|------------|-------------------|------------|
| | d_m | d_{m-17} | D_m | D_{m-17} | h_m | h_{m-17} |
| BAGREM - SVA STABLA | | | | | | |
| n | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 |
| \bar{x} | 26.81 | 24.25 | 5.24 | 4.69 | 24.31 | 23.72 |
| s | 6.96 | 6.87 | 1.75 | 1.48 | 2.10 | 1.41 |
| CV | 25.96 | 28.34 | 33.46 | 31.52 | 8.62 | 5.93 |
| $s_{\bar{x}}$ | 0.95 | 0.94 | 0.24 | 0.20 | 0.29 | 0.19 |
| BAGREM - DOMINANTNA STABLA | | | | | | |
| n | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| \bar{x} | 27.89 | 25.11 | 5.41 | 4.88 | 25.69 | 23.90 |
| s | 7.14 | 7.23 | 1.82 | 1.56 | 1.65 | 1.36 |
| CV | 25.61 | 28.81 | 33.59 | 31.92 | 6.44 | 5.69 |
| $s_{\bar{x}}$ | 1.37 | 1.39 | 0.35 | 0.30 | 0.32 | 0.26 |

Analiziramo li tablicu br. 8, zaključujemo da je vrijednost CV najmanja kod visine stabala i koeficijenta volumena vidljivog dijela krošnje, vrlo velika kod promjera vidljivog dijela krošnje i visina vidljivog dijela krošnje, a najveća kod volumena vidljivog dijela krošnje. Tako velika vrijednost CV kod volumena vidljivog dijela krošnje nastaje zbog vrlo velikog raspona vrijednosti te ona gubi svoj smisao.

Analiziramo li tablicu br. 9, zaključujemo da je vrijednost CV najmanja kod koeficijenta volumena vidljivog dijela krošnje i visina stabala, vrlo velika kod promjera vidljivog dijela krošnje, a najveća kod volumena vidljivog dijela krošnje.

Analiziramo li tablicu br. 10, zaključujemo da je vrijednost CV najmanja kod koeficijenta volumena vidljivog dijela krošnje za sva stabla, a kod visina stabala za skupinu dominantnih stabala. Vrlo velike su vrijednosti kod promjera vidljivog dijela krošnje i visine vidljivog dijela krošnje, a najveće kod volumena vidljivog dijela krošnje.

Usporedimo li međusobno sve tri tablice (8, 9 i 10), zaključujemo:

1. Vrijednosti CV ne ovise o veličini uzorka.
2. Razlike vrijednosti CV između skupine dominantnih stabala i svih stabala su minimalne, tek nešto veće kod najvećeg uzorka.

Tab. 8. Fotogrametrijski mjereni podaci (crna joha) – Photogrammetrical data (Black alder)

| STAT. VEL. | PROMJER KROŠNJE (m) | VISINA | | VOLUMEN | |
|--------------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|------------------------------|----------------------------|
| | | STABLA (m) | KROŠNJE (m) | KROŠNJE (m ³) | KOEFIC. |
| | D _m | h ₀ | h _k | V _p | k _{v_p} |
| CRNA JOHA - SVA STABLA | | | | | |
| n | 351 | 351 | 351 | 347 | 347 |
| \bar{x} | 2.49 | 21.80 | 1.20 | 5.79 | 0.53 |
| s | 1.03 | 2.12 | 0.58 | 7.53 | 0.06 |
| CV | 41.30 | 9.72 | 48.54 | 130.20 | 11.05 |
| s \bar{x} | 0.05 | 0.11 | 0.03 | 0.40 | 0.00 |
| CRNA JOHA - DOMINANTNA STABLA | | | | | |
| n | 184 | 184 | 184 | 182 | 182 |
| \bar{x} | 2.76 | 22.82 | 1.42 | 7.33 | 0.53 |
| s | 0.94 | 1.66 | 0.56 | 7.86 | 0.06 |
| CV | 34.22 | 7.29 | 39.62 | 107.22 | 10.64 |
| s \bar{x} | 0.07 | 0.12 | 0.04 | 0.58 | 0.00 |

Usporedimo li međusobno terestričke i fotogrametrijske vrijednosti CV za promjer krošnje i visinu stabla, vidimo da su one veće kod fotogrametrijske izmjere promjera vidljivog dijela krošnje, i to za sve tri vrste, a da kod visine stabla nema većih razlika.

Međusobne ovisnosti – Interacting dependence

Odnos veličina je stohastičkog karaktera pa treba utvrditi postoji li čvrsta veza među njima. Ako postoji, jednom utvrđena zakonitost može se primijeniti na drugim, manje-više sličnim primjerima. Nadalje, zavisne varijable mogu se tada procjenjivati na osnovi druge, odnosno mjerenjem jedne veličine procjenjujemo drugu. Te se zakonitosti s velikom pažnjom proučavaju u mjerenoj fotointerpretaciji gdje nije uvijek moguća izmjera klasičnih obilježja. Tako se može procjenjivati prsni promjer stabala na osnovi nekih drugih veličina koje se mogu mjeriti na aerosnircima.

Tab. 9. Fotogrametrijski mjereni podaci (poljski jasen) – Photogrammetrical data (Narrow-leaved ash)

| STAT. VEL. | PROMJER KROŠNJE (m) | VISINA | | VOLUMEN | |
|--|---------------------------|----------------|----------------|------------------------------|----------------------------|
| | | STABLA (m) | KROŠNJE (m) | KROŠNJE (m ³) | KOEFIC. |
| | D _m | h _o | h _k | V _P | k _{V_P} |
| POLJSKI JASEN - SVA STABLA | | | | | |
| n | 176 | 176 | 176 | 176 | 176 |
| \bar{x} | 3.44 | 25.38 | 2.07 | 19.28 | 0.53 |
| s | 1.69 | 2.56 | 0.76 | 26.44 | 0.01 |
| CV | 49.11 | 10.10 | 36.89 | 137.14 | 2.85 |
| $s_{\bar{x}}$ | 0.13 | 0.19 | 0.06 | 1.99 | 0.00 |
| POLJSKI JASEN - DOMINANTNA STABLA | | | | | |
| n | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 |
| \bar{x} | 3.78 | 26.97 | 2.26 | 24.97 | 0.54 |
| s | 1.86 | 1.76 | 0.80 | 31.48 | 0.02 |
| CV | 49.11 | 6.54 | 35.51 | 126.08 | 3.17 |
| $s_{\bar{x}}$ | 0.19 | 0.18 | 0.08 | 3.30 | 0.00 |

Utvrđivanje potrebnih zakonitosti najčešće se provodi na osnovi terestričkih mjerenja. Međutim i pomoću u ovom radu primijenjenoga fotogrametrijskog načina izmjere moguće je postaviti određene zakone međusobne zavisnosti pojedinih veličina.

Terestričke veličine – Terrestrial dimension

Ovdje su promatrani međusobni odnosi prsnog promjera, promjera krošnje i visine stabla.

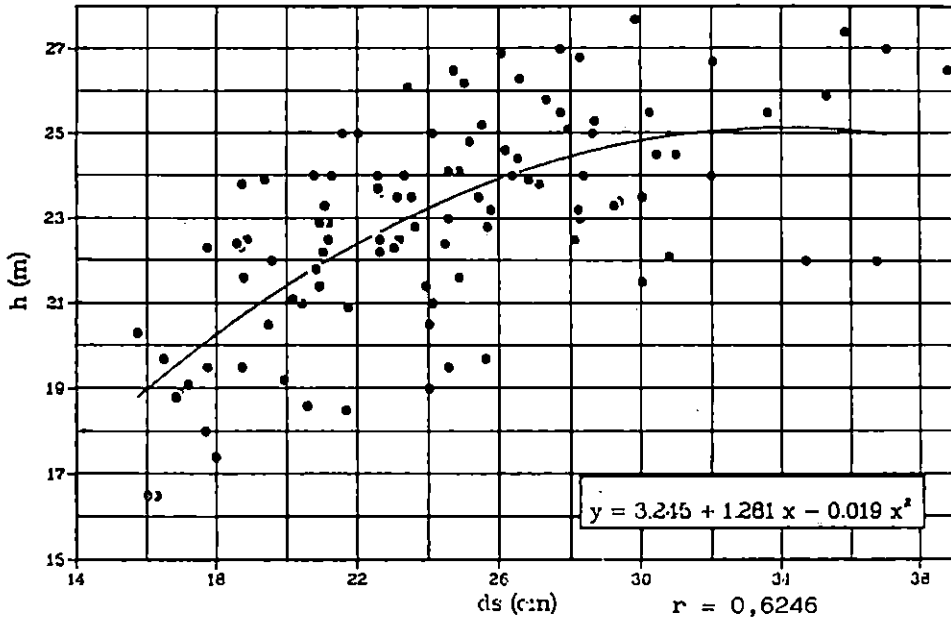
Tab. 10. Fotogrametrijski mjereni podaci (bagrem) – Pftogrammetrial data (False acacia)

| STAT. VEL. | PROMJER KROŠNJE (m) | VISINA | | VOLUMEN | |
|-----------------------------------|---------------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------------------|
| | | STABLA (m) | KROŠNJE (m) | KROŠNJE (m ³) | KOEFIC. |
| | D _m | h _o | h _k | V _P | k _{V_P} |
| BAGREM - SVA STABLA | | | | | |
| n | 217 | 217 | 217 | 216 | 216 |
| \bar{x} | 2.93 | 21.89 | 2.14 | 14.35 | 0.53 |
| s | 1.27 | 2.12 | 1.08 | 22.09 | 0.04 |
| CV | 43.31 | 9.70 | 50.54 | 153.95 | 7.22 |
| s \bar{x} | 0.09 | 0.14 | 0.07 | 1.50 | 0.00 |
| BAGREM - DOMINANTNA STABLA | | | | | |
| n | 110 | 110 | 110 | 109 | 109 |
| \bar{x} | 3.21 | 23.26 | 2.47 | 18.67 | 0.53 |
| s | 1.31 | 1.80 | 1.13 | 27.85 | 0.05 |
| CV | 40.70 | 7.75 | 45.66 | 149.14 | 9.92 |
| s \bar{x} | 0.12 | 0.17 | 0.11 | 2.67 | 0.00 |

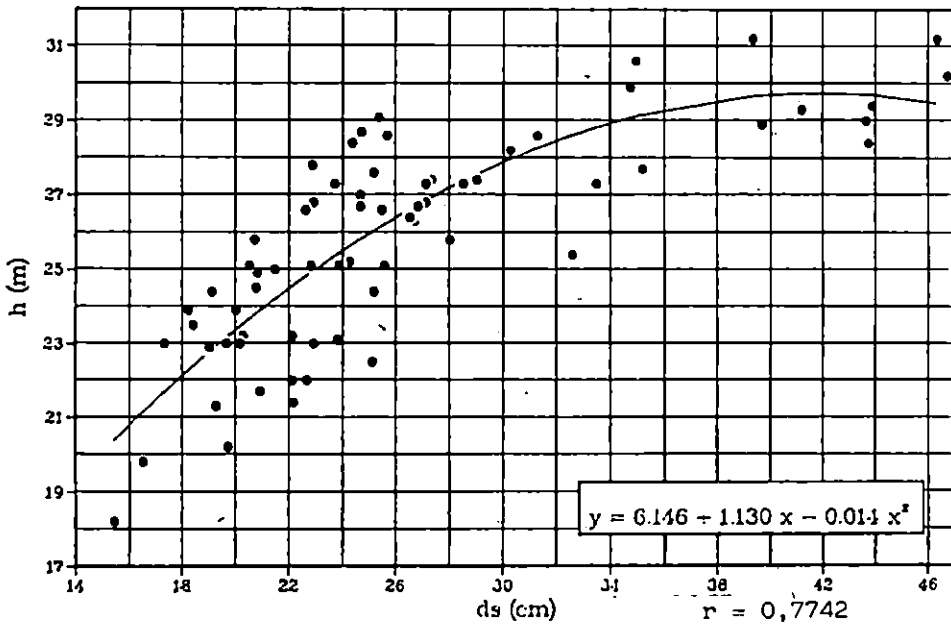
Tab. 11. Parametri – Parameters – do Tab. 18. zaključno!

| VRSTA DRVECA | P A R A M E T R I | | | KOEF. KOR. | BR. SLIKE |
|---------------|-------------------|-------|--------|------------|-----------|
| | a | b | c | r | |
| CRNA JOHA | 3.245 | 1.281 | -0.019 | 0.6246 | 5.1.1.1. |
| POLJSKI JASEN | 6.146 | 1.130 | -0.014 | 0.7742 | 5.1.2.1. |
| BAGREM | 16.263 | 0.387 | -0.003 | 0.6248 | 5.1.3.1. |

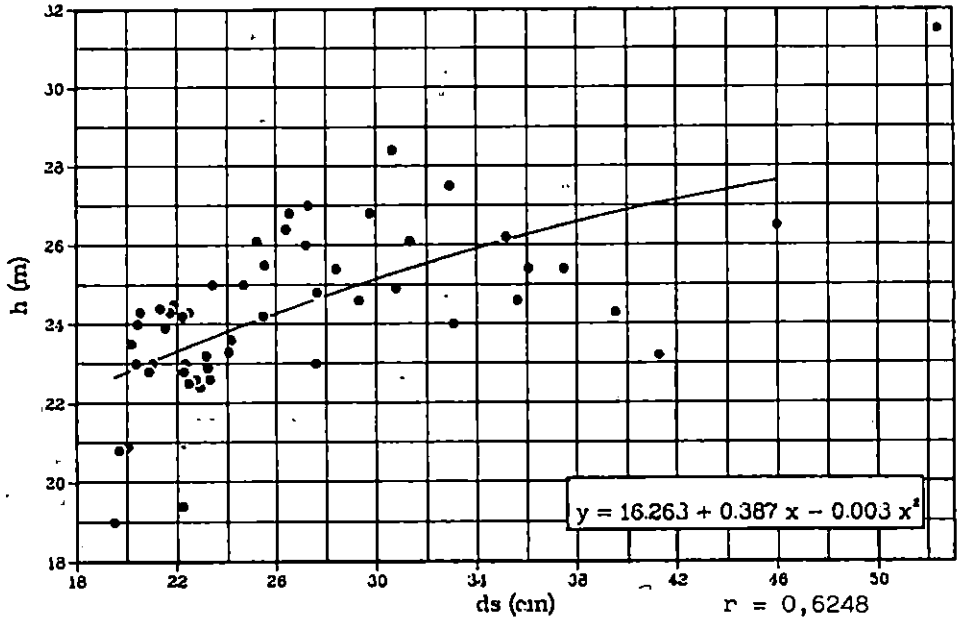
Sl. - Fig. 5.1.1.1. Visinska krivulja (crna joha) - Altitude curve (Black alder)



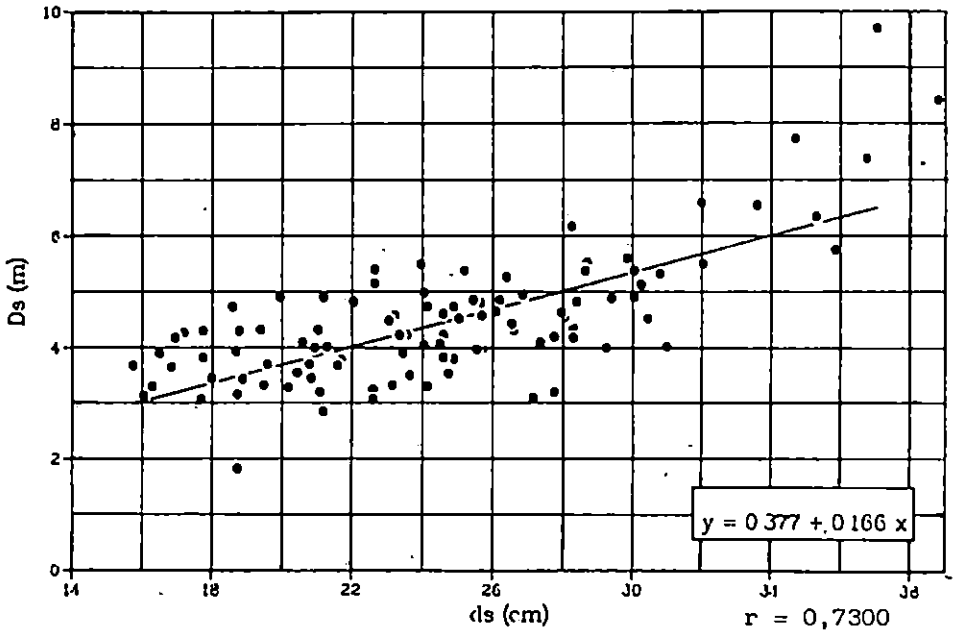
Sl. - Fig. 5.1.2.1. Visinska krivulja (poljski jasen) - Altitude curve (Narrow-leaved ash)



Sl. - Fig. 5.1.3.1. Visinska krivulja (bagrem) - Altitude curve (False acacia)



Sl. - Fig. 5.1.1.2. Odnos promjera projekcije krošnje i prsnog promjera (crna joh) - Projection crown diameter in relation to DBH (Black alder)



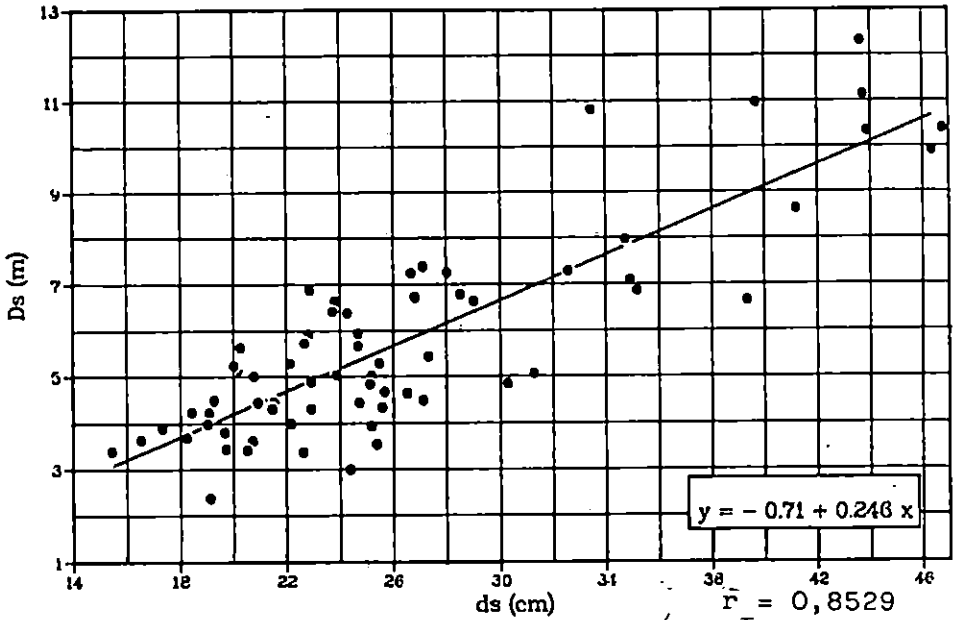
| VRSTA DRVEĆA | P A R A M E T R I | | KOEF.KOR. | BR.SLIKE |
|---------------|-------------------|-------|-----------|----------|
| | a | b | r | |
| CRNA JOHA | 0.377 | 0.166 | 0.7300 | 5.1.1.2. |
| POLJSKI JASEN | -0.710 | 0.246 | 0.8529 | 5.1.2.2. |
| BAGREM | -0.527 | 0.215 | 0.8545 | 5.1.3.2. |

| VRSTA DRVEĆA | P A R A M E T R I | | KOEF.KOR. | BR.SLIKE |
|---------------|-------------------|-------|-----------|----------|
| | a | b | r | |
| CRNA JOHA | 0.856 | 0.156 | 0.3346 | 5.1.1.3. |
| POLJSKI JASEN | -5.100 | 0.421 | 0.5572 | 5.1.2.3. |
| BAGREM | -4.274 | 0.392 | 0.4645 | 5.1.3.3. |

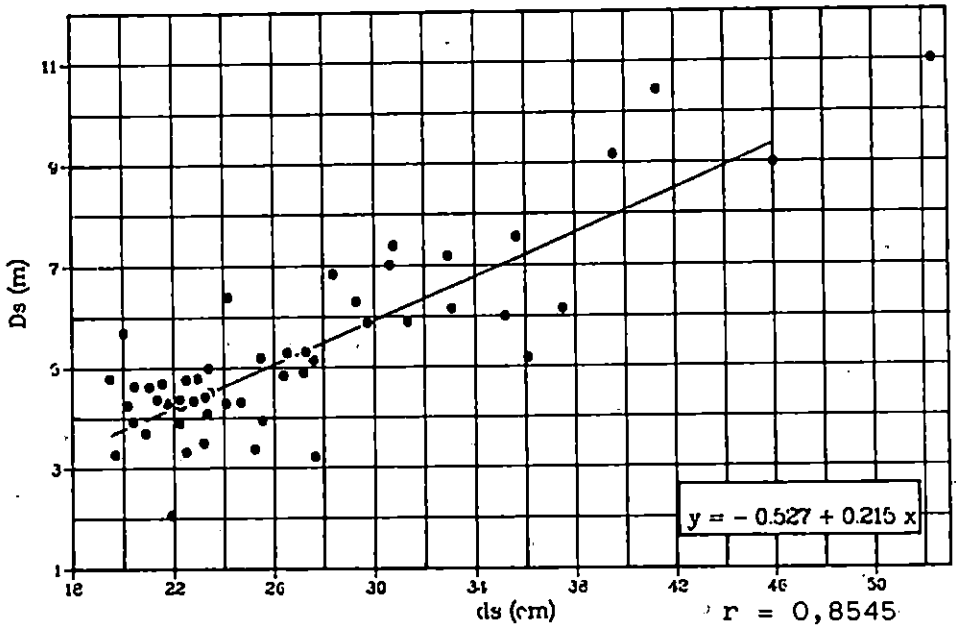
| VRSTA DRVEĆA | P A R A M E T R I | | | KOEF.KOR. | BR.SLIKE |
|---------------|-------------------|--------|--------|-----------|----------|
| | a | b | c | r | |
| CRNA JOHA | 6.599 | -0.365 | 0.008 | 0.0881 | 5.2.1.1. |
| POLJSKI JASEN | -3.066 | 0.526 | -0.011 | 0.0101 | 5.2.2.1. |
| BAGREM | -7.752 | 0.668 | -0.008 | 0.5095 | 5.2.3.1. |

| VRSTA DRVEĆA | P A R A M E T R I | | KOEF.KOR. | BR.SLIKE |
|---------------|-------------------|-------|-----------|----------|
| | a | b | r | |
| CRNA JOHA | 0.240 | 0.398 | 0.6637 | 5.2.1.2. |
| POLJSKI JASEN | 1.206 | 0.252 | 0.5567 | 5.2.2.2. |
| BAGREM | 0.659 | 0.506 | 0.5942 | 5.2.3.2. |

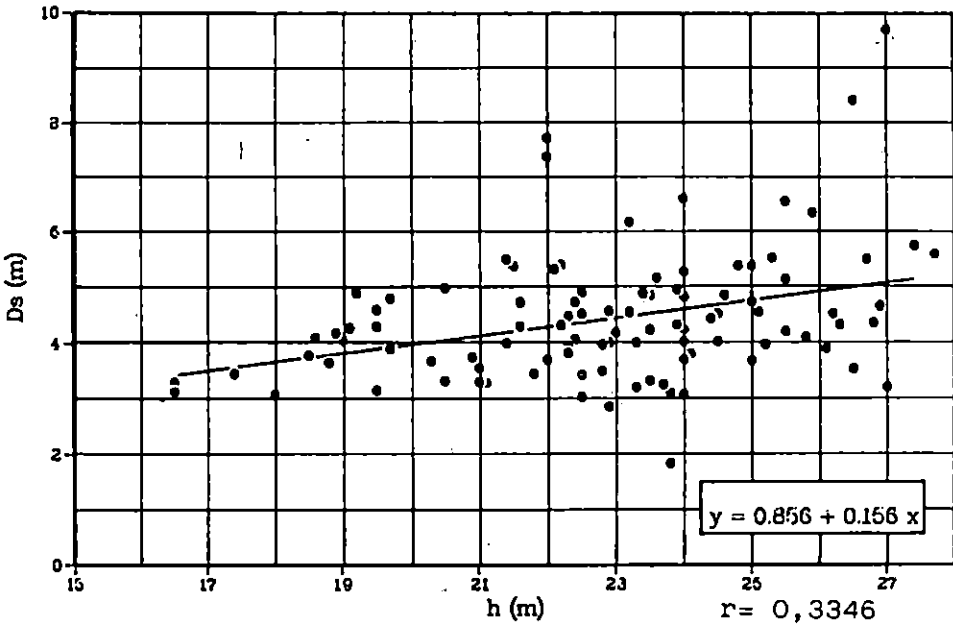
Sl. – Fig. 5.1.3.2. Odnos promjera projekcije krošnje i prsnog promjera (poljski jasen) – Projection crown diameter in relation to DBH (Narrow-leaved ash)



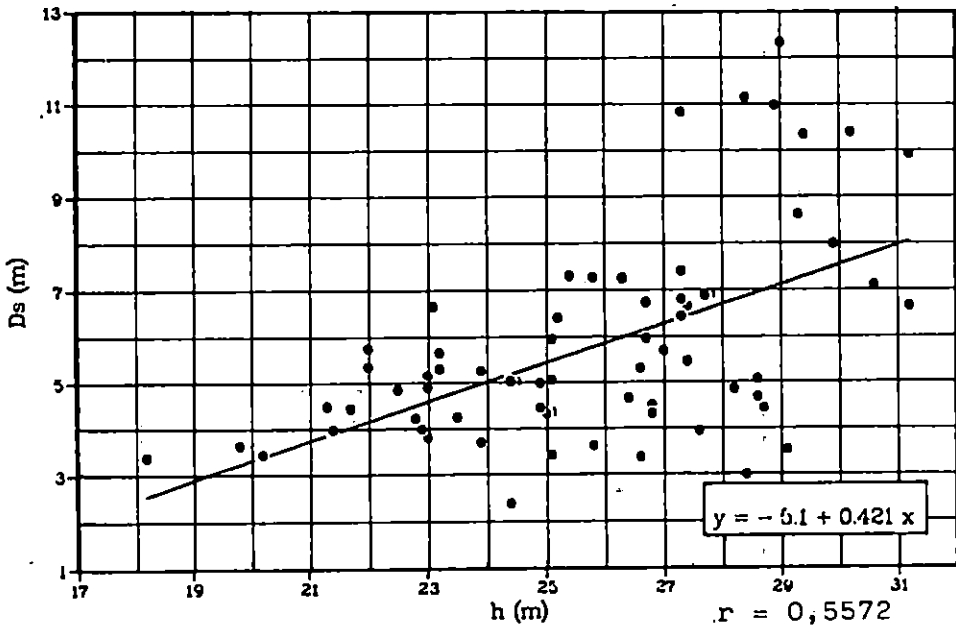
Sl. – Fig. 5.1.3.2. Odnos promjera projekcije krošnje i prsnog promjera (bagrem) – Projection crown diameter in relation to DBH (False acacia)



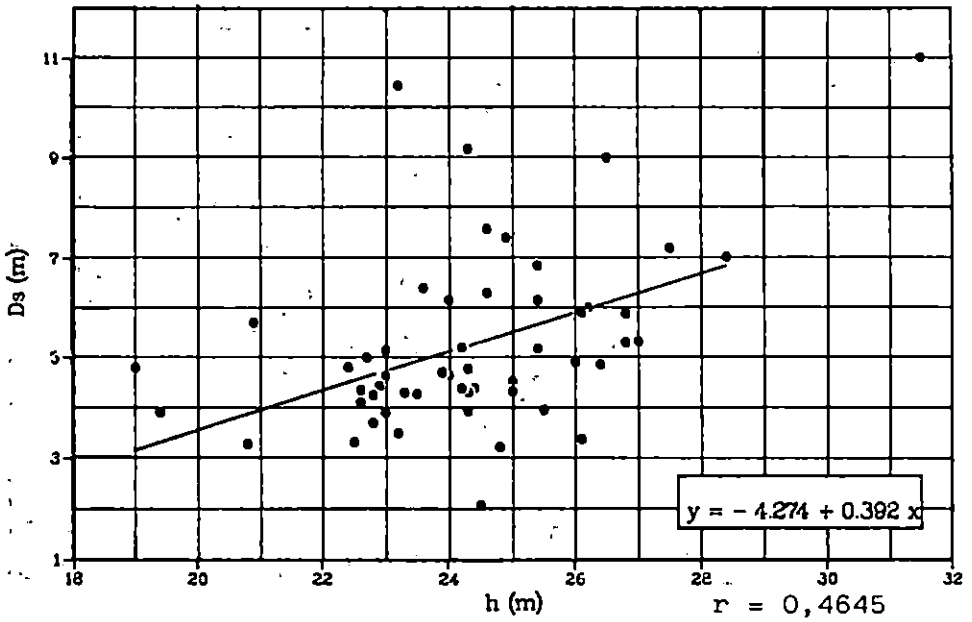
Sl. – Fig. 5.1.1.3. Odnos promjera projekcije krošnje i visine stabla (crna joha) – Projection crown diameter in relation to tree height (Black alder)



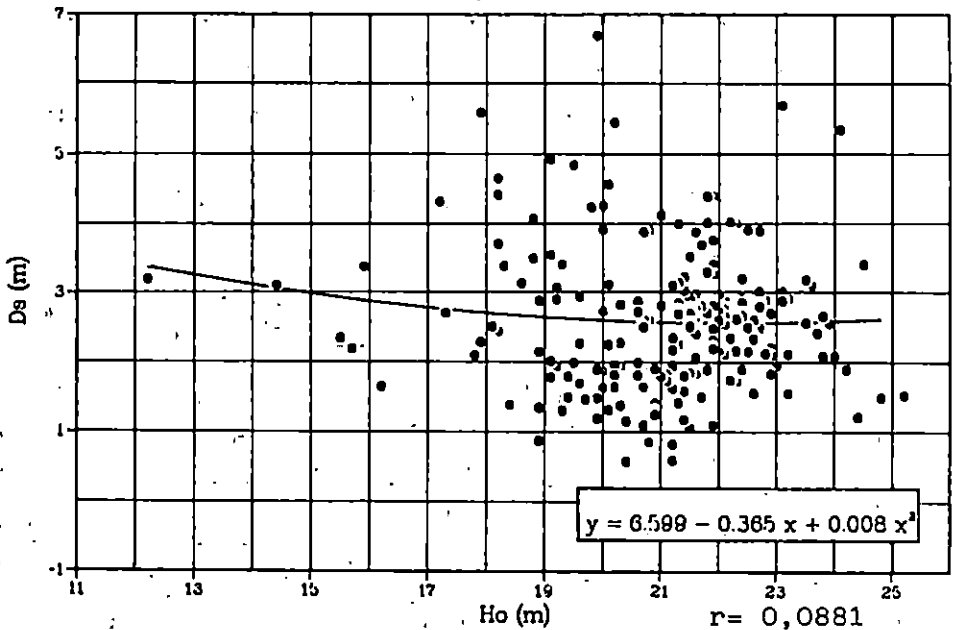
Sl. – Fig. 5.1.2.3. Odnos promjera projekcije krošnje i visine stabla (poljski jasen) – Projection crown diameter in relation to tree height (Narrow-leaved ash)



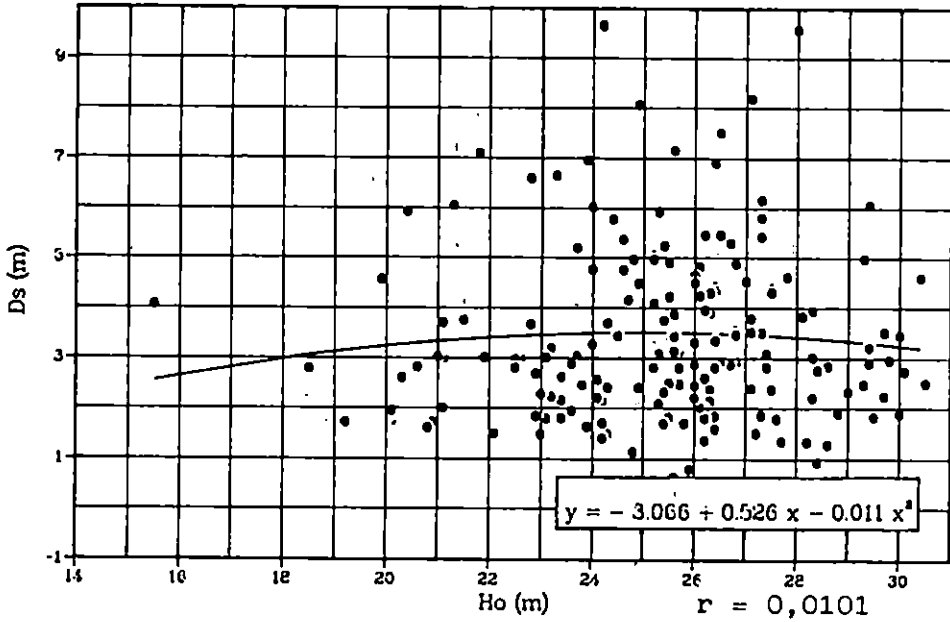
Sl. – Fig. 5.1.3.3. Odnos promjera projekcije krošnje i visine stabla (bagrem) – Projection crown diameter in relation to tree height (Falsc acacia)



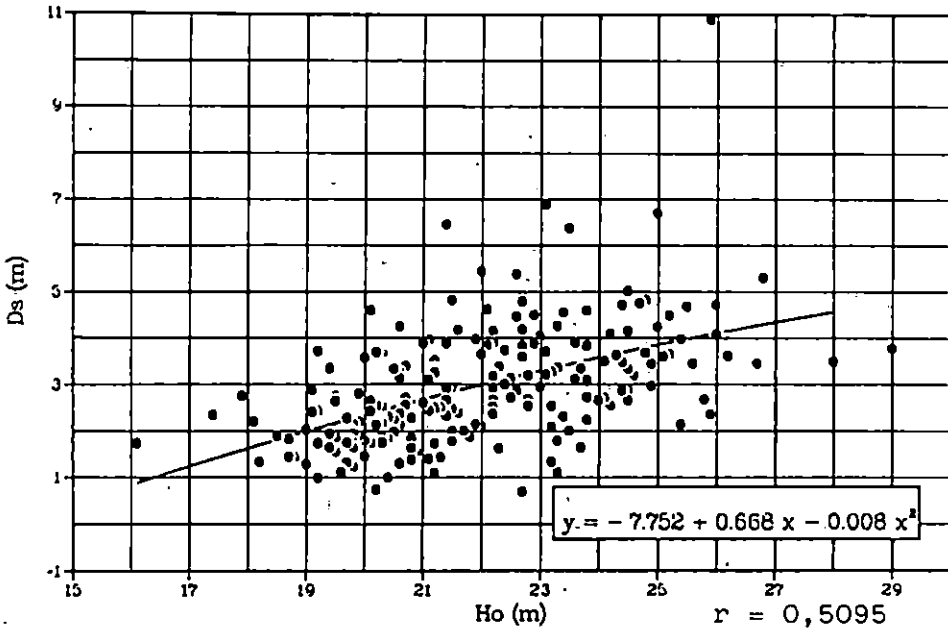
Sl. – Fig. 5.2.1.1. Odnos promjera vidljivog dijela krošnje i visine stabla (crna joha) – Visible crown diameter in relation to tree height (Black alder)



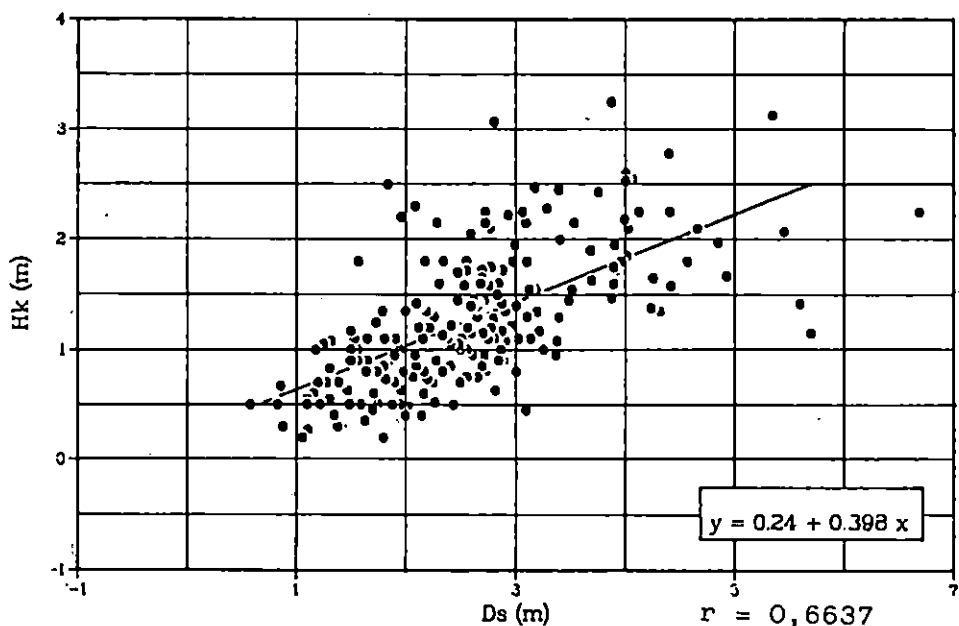
Sl. - Fig. 5.2.2.1. Odnos promjera vidljivog dijela krošnje i visine stabla (poljski jasen) - Visible crown diameter in relation to tree height (Narrow-leaved ash)



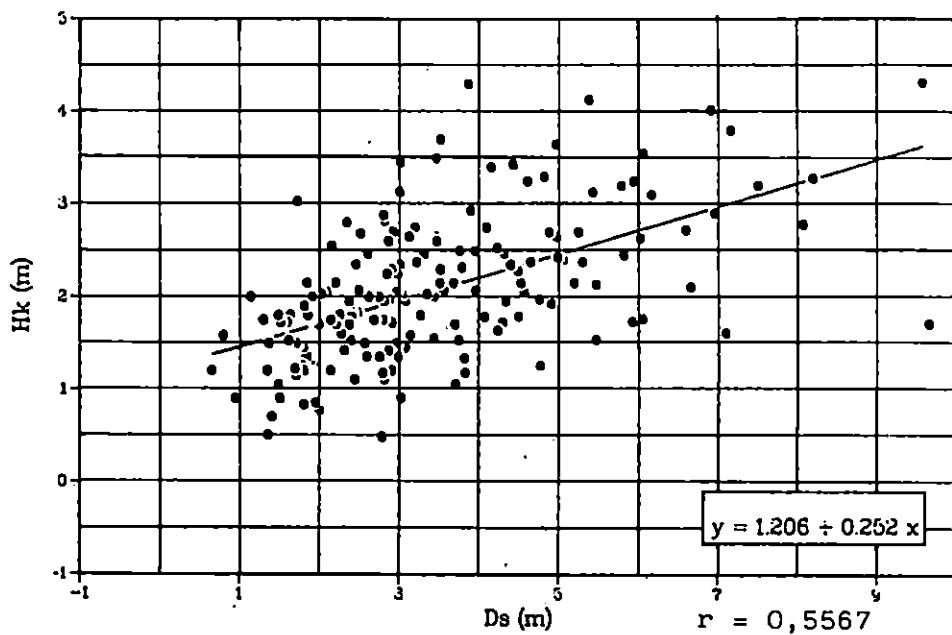
Sl. - Fig. 5.2.3.1. Odnos promjera vidljivog dijela krošnje i visine stabla (bagrem) - Visible crown diameter in relation to tree height (False acacia)



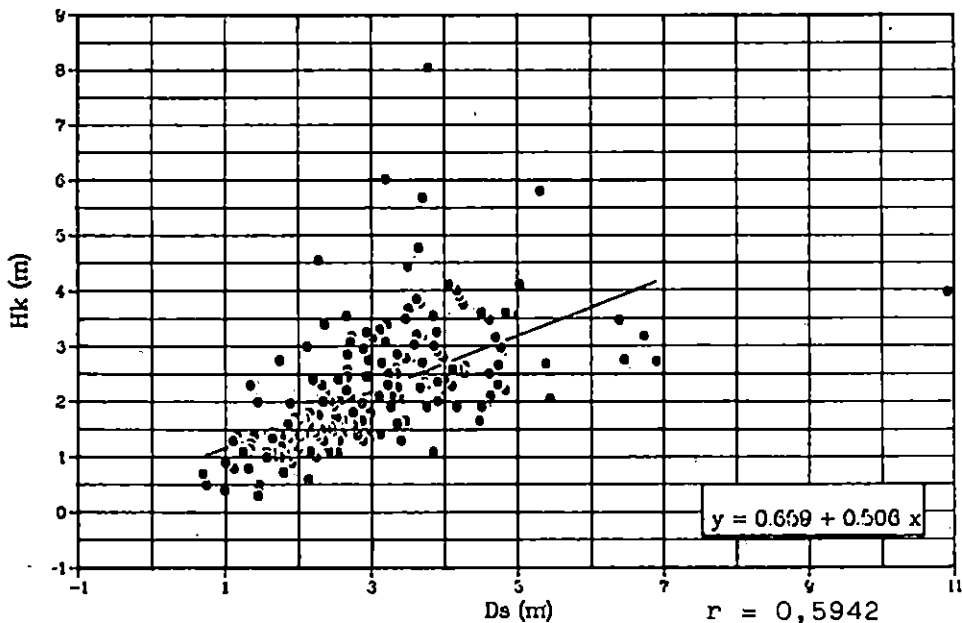
Sl. - Fig. 5.2.1.2. Odnos visine i promjera vidljivog dijela krošnje (crna joha) - The tree height in relation to visible crown diameter (Black alder)



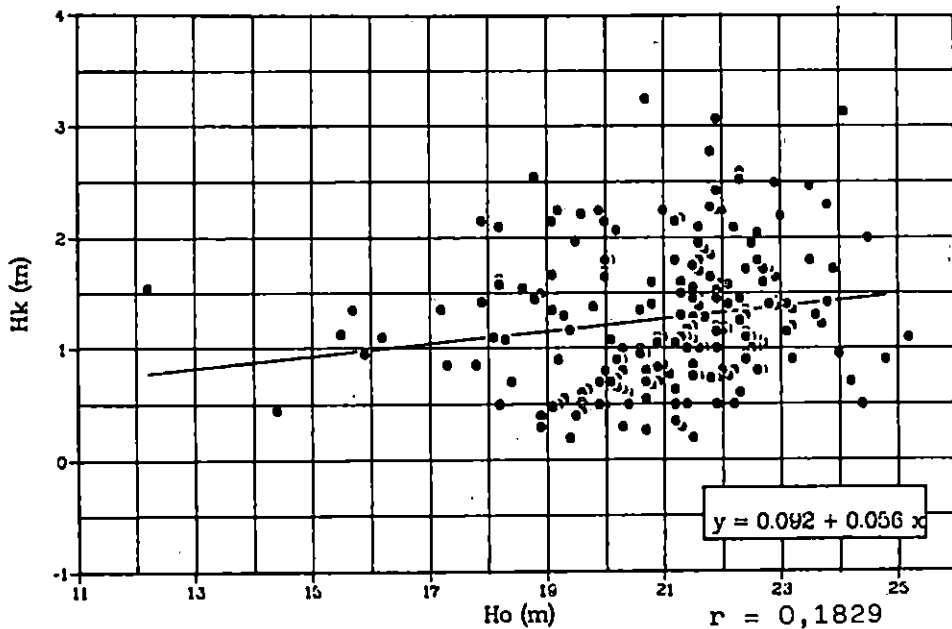
Sl. - Fig. 5.2.2.2. Odnos visine i promjera vidljivog dijela krošnje (poljski jasen) - The tree height in relation to visible crown diameter (Narrow-leaved ash)



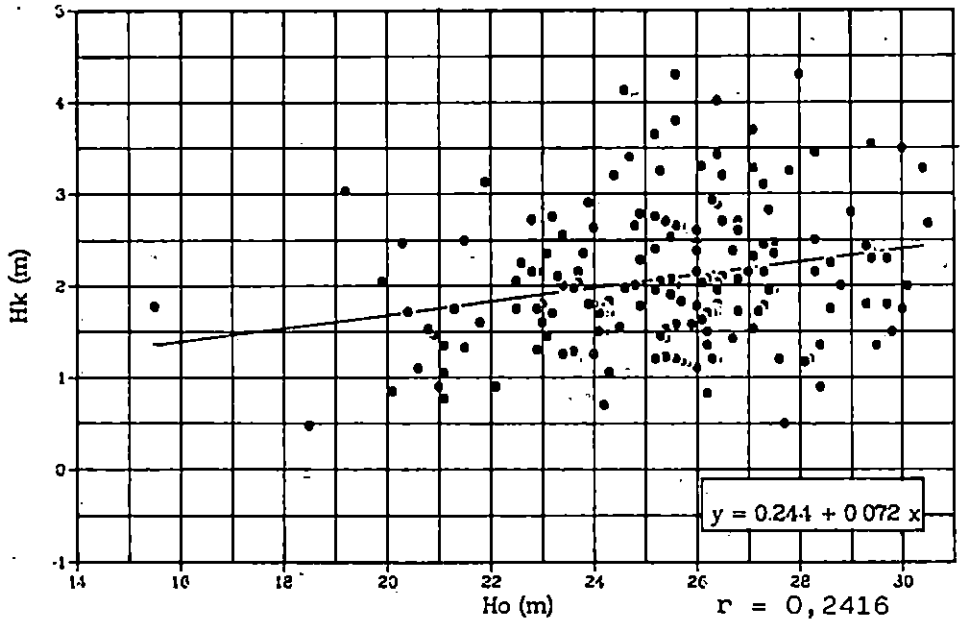
Sl. – Fig. 5.2.3.2. Odnos visine i promjera vidljivog dijela krošnje (bagrem) – The three height in relation to visible crown diameter (False acacia)



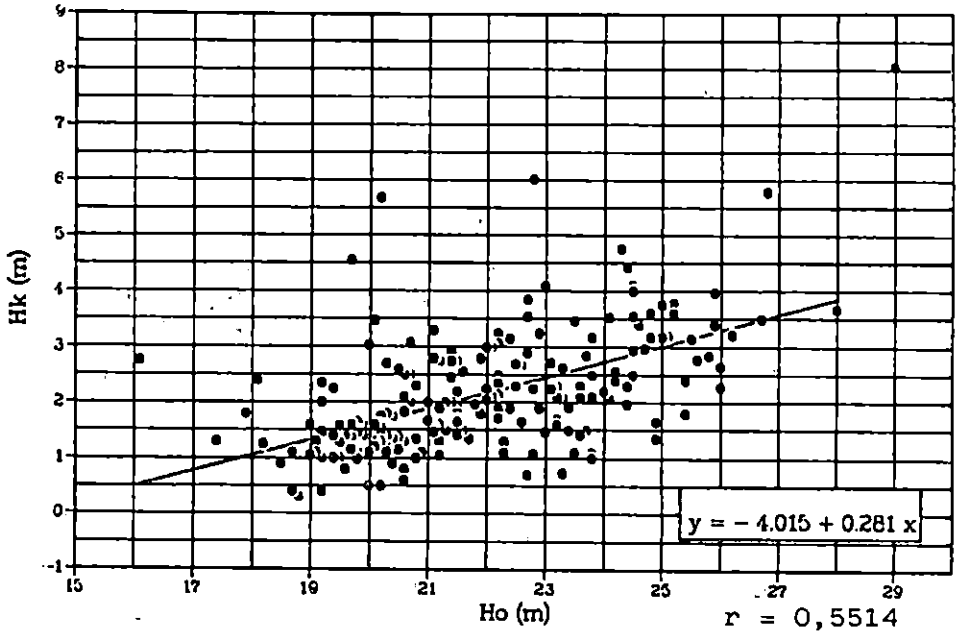
Sl. – Fig. 5.2.1.3. Odnos visine vidljivog dijela krošnje i visine stabla (crna joha) – The visible crown height in relation to tree height (Black alder)



Sl. – Fig. 5.2.2.3. Odnos visine vidljivog dijela krošnje i visine stabla (poljski jasen) – The visible crown height in relation to the tree height (Narrow-leaved ash)



Sl. – Fig. 5.2.3.3. Odnos visine vidljivog dijela krošnje i visine stabla (bagrem) – The visible crown height in relation to tree height (False acacia)



Visinska krivulja – Altitude curve

To je najviše proučavana funkcija izražena jednadžbom

$$h = f(d_s) \quad (43)$$

Ovdje je izjednačenje izvršeno jednadžbom parabole.

Na osnovi te krivulje izjednačenja i njezine jednadžbe izračunate su vrijednosti visine stabla prije 7 godina (h_{s-17}) pomoću prsnog promjera prije 7 godina (d_{s-17}).

U idućoj tablici prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti parametara, koeficijenta korelacije i grafičke prikaze, vidimo da se kod svih vrsta podaci mogu izjednačiti jednadžbom parabole, s tim što se u tom slučaju moraju zanemariti vrijednosti na gornjem kraku krivulje kada ona počinje padati. Korelacijska veza postoji.

Promjer krošnje kao funkcija prsnog promjera – Crown diameter as function of DBH

U fotogrametriji najviše je proučavana funkcija

$$d_s = f(D_s) \quad (44)$$

Međutim ovdje je proučavana njezina recipročna funkcija

$$D_s = f(d_s) \quad (45)$$

sa strogo određenom namjerom. Pomoću dobivene linije izjednačenja i njezine jednadžbe izračunate su vrijednosti promjera krošnje prije 7 godina (D_{s-17}) na osnovi prsnog promjera prije 7 godina (d_{s-17}).

U tablici br. 12 prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, vidimo da postoji korelacijska veza i da se izjednačenje pravcem može izvesti. S obzirom na manji kut nagnutosti pravca, zaključujemo da kod crne johe promjeri krošnje imaju manju varijabilnost u odnosu na prsni promjer, odnosno znatnije povećanje prsnog promjera ne uzrokuje tako veliko povećanje promjera krošnje.

Promjer krošnje kao funkcija visine stabla – Crown diameter as function of tree height

Ova funkcija izražena jednadžbom

$$D_s = f(h) \quad (46)$$

nosi naziv »razvoj vrijednosti promjera projekcije krošnje u odnosu na visinu stabla«. Podaci su izjednačeni pravcem.

U tablici br. 13. prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, vidimo da je korelacijska veza kod crne johe slabija. I u ovom slučaju kut nagnutosti pravca crne johe je nešto manji, što pokazuje da promjer krošnje ima manju varijabilnost u odnosu na prsni promjer.

Fotogrametrijske veličine – Photogrammetrial dimension

Ovdje su promatrani međusobni odnosi visine stabla, te promjera, visine i volumena vidljivog dijela krošnje.

Promjer vidljivog dijela krošnje kao funkcija visine stabla – Visible crown diameter as function of tree height

Ova funkcija izražena je jednadžbom

$$D = f(h_0) \quad (47)$$

nosi naslov »razvoj vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje u odnosu na visinu stabla«. U ovom slučaju krivulja izjednačenja je parabola.

U tablici br. 14 prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, zaključujemo da se podaci mogu izjednačiti krivuljom jedino kod bagrema.

Kod crne joha vrijednosti krivulje padaju po osi y usprkos povećanju vrijednosti po osi x. To je nelogično i suprotno dosadašnjim tumačenjima bioloških zakonitosti.

Kod poljskog jasena krivulja izjednačenja je gotovo horizontalna, tako da se ni ovdje ne mogu izvući pravilni zaključci.

Oba ta slučaja suprotna su rezultatima terestričke izmjere.

Visina vidljivog dijela krošnje kao funkcija promjera vidljivog dijela krošnje – Visible crown height as function of visible crown diameter

Ova funkcija izražena je jednadžbom

$$h_k = f(D) \quad (48)$$

nosi naziv »razvoj vrijednosti visine vidljivog dijela krošnje u odnosu na promjer vidljivog dijela krošnje«. Linija izjednačenja je pravac.

U tablici br. 15 prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, zaključujemo da postoji korelacijska veza i da se podaci mogu izjednačiti pravcem.

Visina vidljivog dijela krošnje kao funkcija visine stabla – Visible crown height as function tree height

Ova funkcija izražena je jednadžbom

$$h_k = f(h_0) \quad (49)$$

nosi naziv »razvoj vrijednosti visine vidljivog dijela krošnje u odnosu na visinu stabla«. Linija izjednačenja je pravac, a podaci su prikazani u tablici br. 16.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, zaključujemo da je korelacijska veza nešto čvršća kod bagrema i da se podaci mogu izjednačiti pravcem. Kut nagnutosti pravca nešto je manji kod crne joha i poljskog jasena.

Volumen vidljivog dijela krošnje kao funkcija visine vidljivog dijela krošnje – Visible crown volume as function visible crown height

| VRSTA DRVEĆA | P A R A M E T R I | | KOEF.KOR. | BR. SLIKE |
|---------------|-------------------|-------|-----------|-----------|
| | a | b | r | |
| CRNA JOHA | 0.092 | 0.056 | 0.1829 | 5.2.1.3. |
| POLJSKI JASEN | 0.244 | 0.072 | 0.2416 | 5.2.2.3. |
| BAGREM | -4.015 | 0.281 | 0.5514 | 5.2.3.3. |

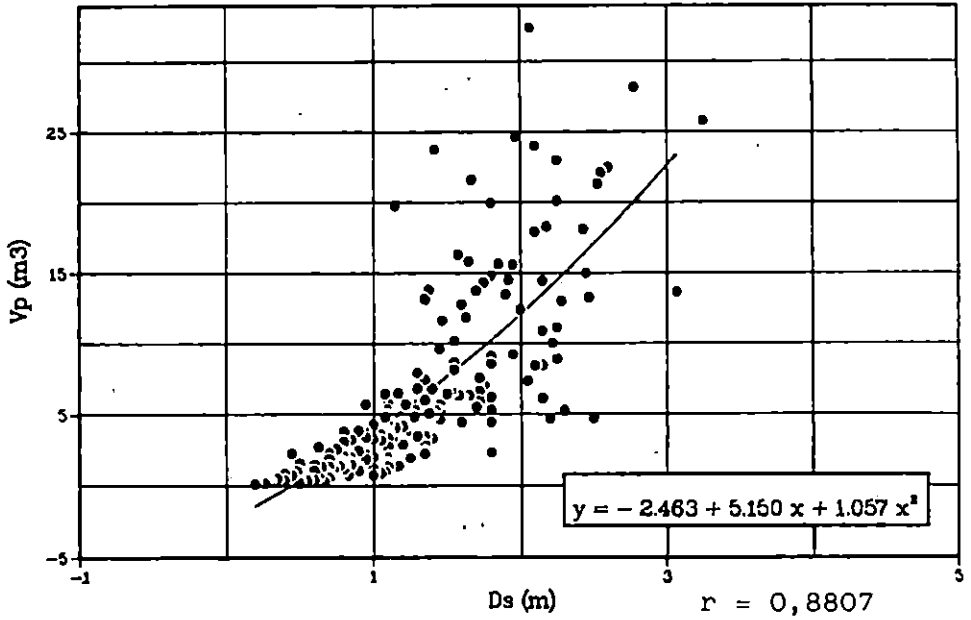
| VRSTA DRVEĆA | P A R A M E T R I | | | KOEF.KOR. | BR. SLIKE |
|---------------|-------------------|-------|-------|-----------|-----------|
| | a | b | c | r | |
| CRNA JOHA | -2.179 | 0.356 | 0.982 | 0.7171 | 5.2.1.5. |
| POLJSKI JASEN | -4.945 | 2.832 | 0.792 | 0.6514 | 5.2.2.5. |
| BAGREM | -4.054 | 1.341 | 1.297 | 0.5947 | 5.2.3.5. |

| VRSTA DRVEĆA | P A R A M E T R I | | | KOEF.KOR. | BR. SLIKE |
|--------------|-------------------|-------|-------|-----------|-----------|
| | a | b | c | r | |
| CRNA JOHA | -2.463 | 5.150 | 1.057 | 0.8807 | 5.2.1.4. |

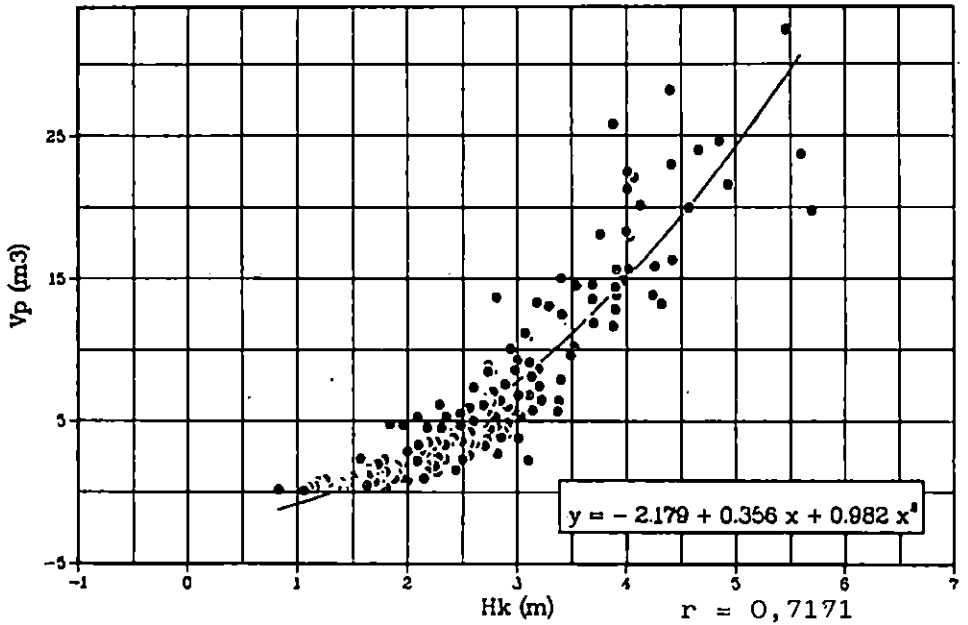
Tab. 19. Usporedba promjera krošanja mjerenih terestrički i acrofotogrametrijski - Comparison crown diameter measurement different method

| VRSTA DRVEĆA | STATIST. VELICINE | SVA STABLA | | DOMINANTNA STABLA | |
|---------------|----------------------|------------|-------|-------------------|-------|
| | | D_T | D_F | D_T | D_F |
| CRNA JOHA | \bar{x} | 4.11 | 2.49 | 4.41 | 2.76 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0.08 | 0.06 | 0.09 | 0.07 |
| POLJSKI JASEN | \bar{x} | 5.19 | 3.44 | 6.21 | 3.78 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0.20 | 0.13 | 0.31 | 0.19 |
| BAGREM | \bar{x} | 4.69 | 2.93 | 4.88 | 3.21 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0.20 | 0.09 | 0.30 | 0.12 |

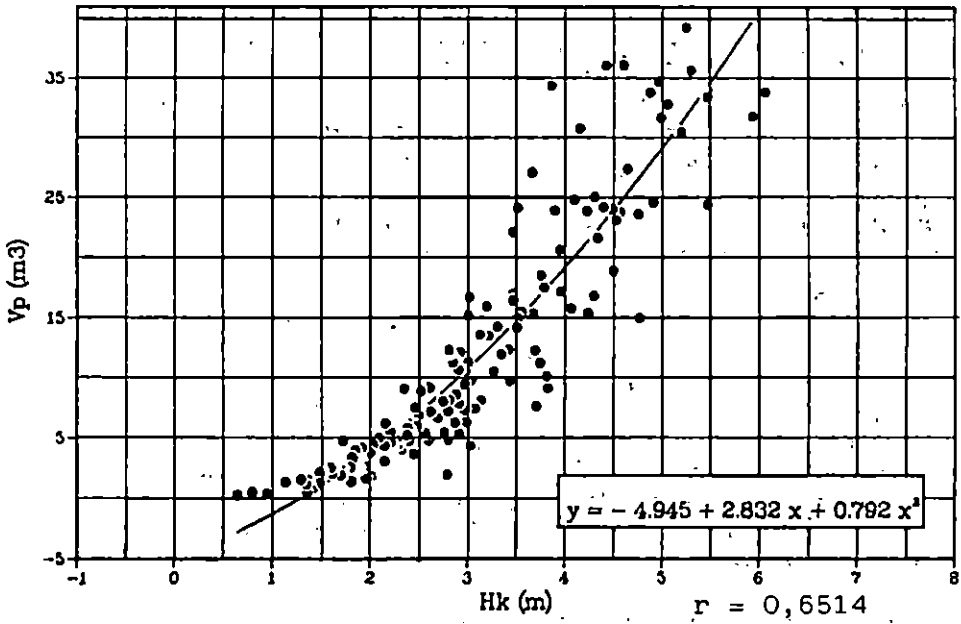
Sl. - Fig. 5.2.1.4. Odnos volumena i promjera vidljivog dijela krošnje (crna joha) - The visible crown volume in relation to visible crown diameter (Black alder)



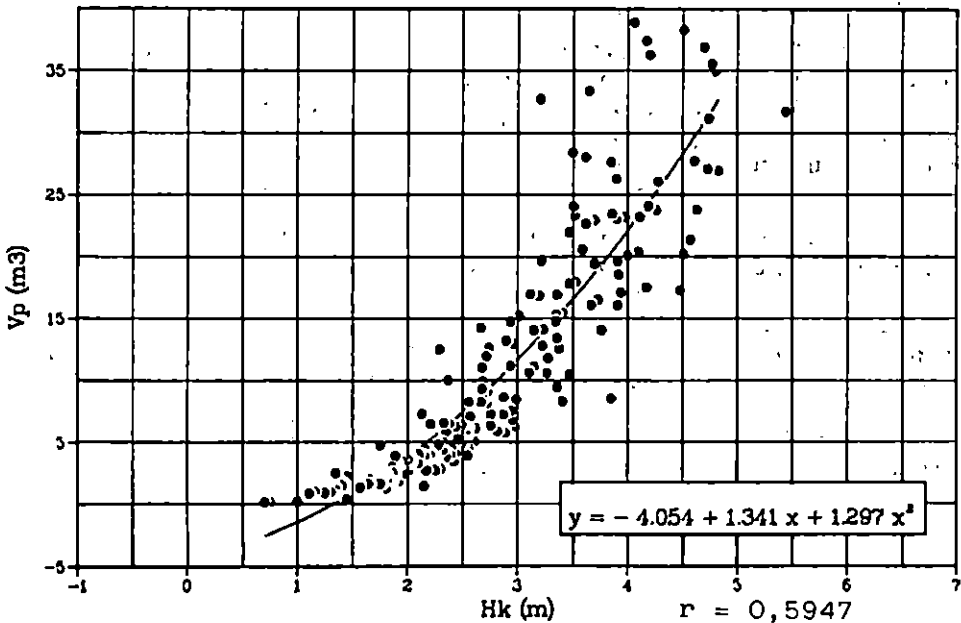
Sl. - Fig. 5.2.1.5. Odnos volumena i visine vidljivog dijela krošnje (crna joha) - The visible crown volume in relation to the visible crown height (Black alder)



Sl. – Fig. 5.2.2.5. Odnos volumena i visine vidljivog dijela krošnje (poljski jasen) – The visible crown volume in relation to visible crown height (Narrow-leaved ash)



Sl. – Fig. 5.2.3.5. Odnos volumena i visine vidljivog dijela krošnje (bagrem) – The visible crown volume in relation to visible crown height (False acacia)



Ova funkcija izražena jednadžbom

$$V_k = f(h_k) \quad (50)$$

nosi naziv »razvoj vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje u odnosu na visinu vidljivog dijela krošnje«. U ovom slučaju linija izjednačenja je parabola.

U tablici br. 17 prikazane su vrijednosti parametara za sve tri vrste.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafičke prikaze, zaključujemo da se podaci mogu izjednačiti parabolom i da postoji korelacijska veza kod sve tri vrste.

Volumen vidljivog dijela krošnje kao funkcija promjera vidljivog dijela krošnje – Visible crown volume as function of visible crown diameter

Ova funkcija izražena jednadžbom

$$V_k = f(D) \quad (51)$$

nosi naziv »razvoj vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje u odnosu na promjer vidljivog dijela krošnje«. U ovom slučaju linija izjednačenja je parabola. U idućoj tablici prikazane su vrijednosti parametara za crnu johu.

Analizirajući dobivene vrijednosti i grafički prikaz, zaključujemo da se podaci mogu izjednačiti parabolom i da postoji korelacijska veza.

Za poljski jasen i bagrem numeričke vrijednosti, kao ni grafovi, nisu prikazani iz tehničkih razloga.

Usporedba veličina stabala mjerenih različitim načinom – Comparison tree dimension measurement by difference method

Usporedba promjera krošanja – Comparison crowns diameters

Većina korelacija u fotogrametriji bazira se na odnosu promjera krošanja prema drugim veličinama. Da bi se utvrdile postojeće biološke zakonitosti, odnosno jačina korelativne veze, ispituje se na terestrički mjerenim veličinama. Pri izmjeri promjera krošanja polazi se od pretpostavke da između vrijednosti dobivenih terestričkim i fotogrametrijskim putem nema signifikantne razlike.

Da li je ta pretpostavka točna?

Kao što sam već prije opisao u određenim poglavljima, u ovom istraživanju upotrijebio sam dva različita načina izmjere krošanja, i to jedan uobičajen, u praksi poznat (terestrički) i drugi manje korišten, ali vrlo precizan (fotogrametrijski).

Kako je razlika između snimanja i terenske izmjere 7 godina, posredno uz pomoć linija izjednačenja izračunate su vrijednosti promjera krošanja u vrijeme snimanja. To je detaljnije objašnjeno u prethodnim poglavljima.

Radi lakšeg praćenja u tablici br. 19 prikazane su vrijednosti aritmetičkih sredina i standardnih pogrešaka promjera krošanja mjerenih različitim načinom za sve tri vrste, i to za sva stabla i za dominantna stabla.

Tu je:

$D_T - D_{s-iz}$ (terestrički)
 $D_F - D$ (fotogrametrijski)

Da bih odgovorio na prije postavljeno pitanje, proveden je test aritmetičkih sredina.

Kao primjer prikazane su vrijednosti za crnu johu.

U-test

Postavljena je hipoteza

$$H_0; \bar{X}_T = \bar{X}_F \text{ (nulta ili radna)} \quad (52)$$

$$H_A; \bar{X}_T \neq \bar{X}_F \text{ (alternativna)} \quad (53)$$

$$u = \frac{\delta}{s_\delta} \quad (54)$$

gdje je:

$$\delta = x_T - x_F \quad (55)$$

$$s_\delta = (s_{xT}^2 + s_{xF}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (56)$$

Uvrstimo li u gornje jednadžbe odgovarajuće vrijednosti, dobit ćemo $u = 16.68$. Kako je $u > 2.58$, nulta hipoteza se odbacuje, odnosno prihvaća se alternativna hipoteza. Dakle za crnu johu postoji signifikantna razlika između aritmetičkih sredina različitih načina izmjere.

Istim postupkom izračunate su i ostale vrijednosti za poljski jasen i bagrem, i to za sva stabla (općenito) i za dominantna stabla.

U tablici br. 20 prikazane su te vrijednosti s 99% vjerojatnosti.

Tab. 20. U-test

| T E S T | | u |
|---------------|-------------------|-------|
| CRNA JOHA | SVA STABLA | 16.68 |
| | DOMINANTNA STABLA | 14.46 |
| POLJSKI JASEN | SVA STABLA | 7.39 |
| | DOMINANTNA STABLA | 6.63 |
| BAGREM | SVA STABLA | 8.08 |
| | DOMINANTNA STABLA | 5.14 |

Analiziramo li gornju tablicu, vidimo da su vrijednosti u $>2,58$ za sve vrste (crna joha, poljski jasen, bagrem), i to za sva stabla i za dominantna stabla. Dakle u svim slučajevima odbacuje se nulta hipoteza, odnosno prihvaća se alternativna hipoteza koja govori da postoji signifikantna razlika između vrijednosti aritmetičkih sredina mjerenih terestrički i fotogrametrijski.

Drugim riječima, ovim je istraživanjem utvrđeno da za crnu johanu, poljski jasen i bagrem fotogrametrijski mjerene veličine promjera krošnji nisu jednake veličinama mjerenim terestrički. Fotogrametrijski izmjeren promjer krošnje za crnu johanu iznosi 60% od vrijednosti izmjerene terestrički, za poljski jasen 66%, a za bagrem 62%, za sva mjerena stabla.

Prijašnja je pretpostavka da je taj omjer 1:1 opovrgnuta.

Fotogrametrijski promjer u odnosu na terestrički iznosi: za crnu johanu 0,60:1, za poljski jasen 0,66:1, a za bagrem 0,62:1, odnosno koeficijent korekcije iznosi: za crnu johanu 1,67, za poljski jasen 1,52, a za bagrem 1,61.

Pritom treba imati na umu da je mjerilo snimka bilo 1:10 000, da je restitucija obavljena na autografu A7 i da je restitutor, inače geodetski stručnjak, prvi put na taj način mjerio dimenzije stabala (bilježio koordinate) te da je tom prilikom mjeracu markicu pomicao do granice stereoskopnosti.

Postavlja se pitanje da li i u kojoj mjeri svi ti faktori utječu na izmjeru veličina stabala, kao i na koji način se mogu svesti na minimum?

Uz to javlja se problem uraštanja krošanja, odnosno sklopljenost sastojine.

Dobiveni rezultati istraživanja stvaraju nove poglede na fotogrametrijsku izmjeru i postavljaju brojna pitanja. Iz tog razloga trebalo bi nastaviti istraživanja u sljedećim pravcima:

1. Koja je donja granica mjerila snimaka da se omjer promjera krošanja što više približi optimumu,
2. Kako se taj omjer ponaša kod različitih dobi sastojina, i istraživanih vrsta i ostalih?
3. Kako se taj omjer ponaša kod različito sklopljenih sastojina istih vrsta?
4. Koliki je omjer kod soliternih stabala?
5. Kako se taj omjer ponaša kod ostalih fotogrametrijskih načina izmjere?
6. Koliko šumarsko iskustvo restitutora utječe na taj omjer?
7. Da li i u kojoj mjeri na taj omjer utječe vrsta fotomaterijala za snimanje?
8. Koliki je općenito najniži prag koeficijenta korekcije?

U svakom slučaju za praktičnu primjenu ove metode, kao i za daljnju upotrebu, treba bez obzira na mjerilo snimka, upotrijebljeni instrumentarij, vrstu fotomaterijala, iskustvo restitutora, sklopljenost sastojina, vrstu drveća i njezinu dob svakom prilikom utvrditi koliki je taj omjer. Odnosno, nakon fotogrametrijski izmjerenih veličina promjera krošanja treba na terenu postaviti uzorke (dakako, manjeg intenziteta) i na njima također izmjeriti promjere krošanja.

Tek nakon toga možemo prići daljnjoj upotrebi dobivenih rezultata (utvrđivanju korelacije s prsnim promjerom, utvrđivanju drvne mase i sl.).

Tokom provedenog istraživanja pojavila se sumnja u vjerodostojnost restitucije opisanom načinom. Iz tog razloga prišlo se restituciji drukčijega načina, tzv. metodom profila, ali samo na manjim uzorcima.

Nakon provedenog obračuna u-testa dobivene vrijednosti prikazane su u tablici br. 22.

Tab. 21. usporedba visina stabala mjerenih terestrički i aerofotogrametrijski – Comparison tree height measurement different method

| VRSTA DRVEĆA | STATIST. | SVA STABLA | | DOMINANTNA STABLA | |
|---------------|---------------|------------|-------|-------------------|-------|
| | VELIČINE | h_T | h_F | h_T | h_F |
| CRNA JOHA | \bar{x} | 22.16 | 21.80 | 23.00 | 22.82 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0.19 | 0.11 | 0.19 | 0.12 |
| POLJSKI JASEN | \bar{x} | 23.86 | 25.38 | 26.43 | 26.97 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0.58 | 0.19 | 0.40 | 0.18 |
| BAGREM | \bar{x} | 23.72 | 21.89 | 23.90 | 23.26 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0.19 | 0.14 | 0.26 | 0.17 |

Tab. 22. U-test

| T E S T | | u |
|---------------|-------------------|------|
| CRNA JOHA | SVA STABLA | 1.64 |
| | DOMINANTNA STABLA | 0.80 |
| POLJSKI JASEN | SVA STABLA | 2.49 |
| | DOMINANTNA STABLA | 1.23 |
| BAGREM | SVA STABLA | 7.75 |
| | DOMINANTNA STABLA | 2.06 |

Usporedba visina stabala – Comparison trees heights

S obzirom na to da su u ovom istraživanju visine izmjerene terestrički i fotogrametrijski, osvrnut ću se na njihovu usporedbu. Za to će poslužiti tablica br. 21, gdje je:

$$h_T = h_{s-17} \text{ (terestrički)}$$

$$h_F = h_0 \text{ (fotogrametrijski)}$$

I u ovom slučaju proveden je test aritmetičkih sredina uz primjenu formule br. 54, 55 i 56.

Analizirajući gornju tablicu, vidimo da su vrijednosti u $< 2,58$ u svim slučajevima, osim kod bagrema za sva stabla. Dakle, u većini slučajeva s 99% vjerojatnosti prihvaća se nulta hipoteza koja govori da ne postoji signifikantna razlika između vrijednosti aritmetičkih sredina mjerenih terestrički i fotogrametrijski.

Slučaj kod bagrema objašnjavam nepoznatim uvjetima u tom dijelu sastojine koji su se pojavili u vremenskoj razlici između dvaju mjerenja.

Dakle, može se zaključiti da se vrijednosti visina stabala ne mijenjaju usprkos različitom načinu izmjere, odnosno mijenjaju se u granicama dopuštenih odstupanja. Fotogrametrijski na taj način mjerene visine odgovaraju stvarnim, terestrički mjerenim visinama stabala.

Usporedba promjera i visine krošanja te visine stabla metodom profila – Comparison crowns diameters, crowns heights and trees heights by profile method

U ovom poglavlju želio sam na neki način provjeriti dobivene, a prije opisane rezultate.

Za tu priliku odabrao sam tri plohe (po jednu za svaku vrstu drveća) i u svakoj plohi postavio sam dva međusobno okomita profila, jedan u smjeru osi x, a drugi u smjeru osi y.

Snimci su ponovo uloženi u autograf A7. Restitutor je mjeracu markicu pomicao najprije u smjeru osi x, a zatim u smjeru osi y po pokusnoj plohi, a instrument je automatski bilježio koordinate pojedinih točaka po liniji krošanja. Korak bilježenja koordinata tih točaka (razmak) iznosio je 0,03 mm u modelu. Tim je načinom za pojedinu krošnju zabilježeno od 5 do 29 točaka, ovisno o veličini i položaju krošnje.

Zabilježena očitavanja kompjutorski su obrađena te su dobiveni grafički prikazi poprečnih profila krošanja.

Nakon toga numerički su izračunate vrijednosti promjera i visine krošanja te visine stabala. U tablici br. 23 nalaze se spomenute vrijednosti aritmetičkih sredina u usporedbi s prije izračunatim vrijednostima (terestrički i fotogrametrijski), gdje su:

- tera – terestrički podaci
- orto – fotogrametrijski podaci dobiveni u prijašnjim poglavljima opisanim načinom
- profil – fotogrametrijski podaci dobiveni postavljanjem poprečnih profila.

Broj izmjerenih krošanja u pojedinoj plohi kretao se od 11 do 13.

Tab. 23. Usporedba promjera krošanja, visina krošanja i visina stabala mjerenih različitim načinima – Comparison crown diameter, crown height and tree height measurement different method

| VRSTA DRVETA | PLOHA | \bar{D} | | | \bar{h}_k | | \bar{h}_o | | |
|-----------------|-------|-----------|------|--------|-------------|--------|-------------|-------|--------|
| | | TERA | ORTO | PROFIL | ORTO | PROFIL | TERA | ORTO | PROFIL |
| C. JOHA | 19 | 4.07 | 2.44 | 3.03 | 1.25 | 1.20 | 22.17 | 21.08 | 22.10 |
| P. JASEN | 3 | 4.51 | 5.37 | 4.15 | 1.77 | 1.75 | 23.54 | 21.61 | 21.82 |
| BAGREM | 12 | 4.68 | 3.81 | 3.38 | 3.49 | 1.48 | 23.82 | 23.77 | 31.03 |

| PLOHA | U | |
|-------|------|------|
| | P/T | P/O |
| 19 | 3.28 | 1.95 |
| 3 | 0.44 | 1.44 |
| 12 | 3.42 | 1.14 |

Tab. 24. U-test

| TABLA br. | POVRŠINA ha |
|--------------|----------------|
| 1 | 4.2871 |
| 2 | 0.0377 |
| 3 | 5.8407 |
| 4 | 1.5687 |
| 5 | 0.5219 |
| 6 | 0.4593 |
| 7 | 18.4078 |
| 8 | 1.5719 |
| 9 | 0.5748 |
| 10 | 0.5564 |
| 11 | 16.5502 |
| 12 | 0.2479 |
| 13 | 2.8149 |
| 14 | 1.9968 |
| 15 | 0.6406 |
| 16 | 0.0284 |
| 17 | 1.9033 |
| 18 | 0.3980 |
| 19 | 2.4142 |
| 20 | 1.5260 |
| 21 | 4.9626 |
| 22 | 0.0627 |
| 23 | 0.1832 |
| 24 | 1.7021 |
| 25 | 0.8603 |
| 26 | 0.8025 |
| 27 | 2.0843 |
| 28 | 1.8982 |
| Σ | 74.9025 |

Tab. 26. Prikaz izlučenih površina – Elimination area view

Budući da provjeravam u prvom redu promjere krošanja, proveo sam test aritmetičkih sredina pomoću jednadžbi br. 52, 53 i 54. Test je proveden za dva odnosa:

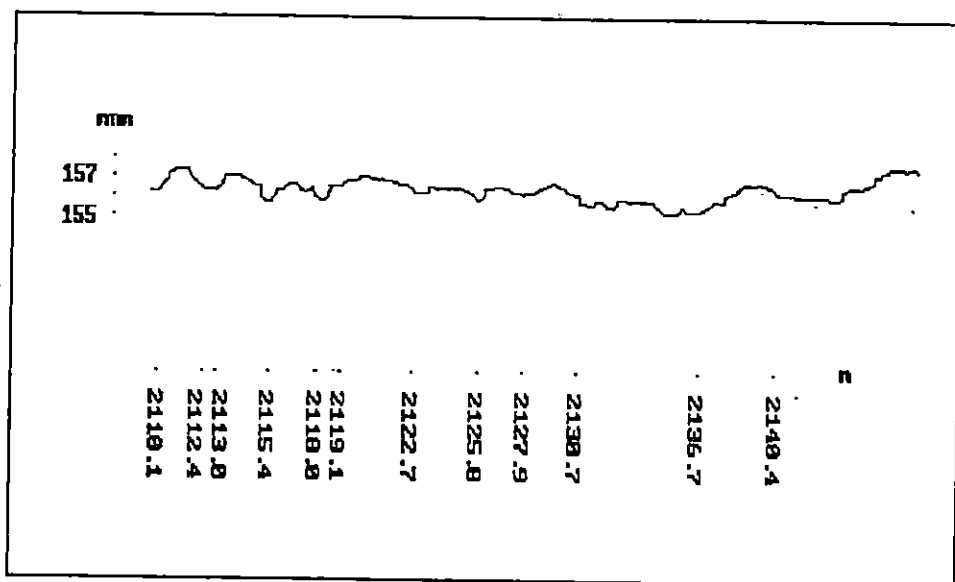
1. Vrijednosti profila u odnosu na terestričke podatke (u tablici oznaka P/T)
 2. Vrijednost profila u odnosu na »orto« vrijednosti (u tablici oznaka P/O).
- Analiziramo li rezultate u-testa prikazanih u tablici br. 24, zaključujemo:
- a) U odnosu P/O vrijednost u $< 2,58$ za sve tri plohe (vrste drveta) te se s 99%

Tab. 25. Parametri - Parameters

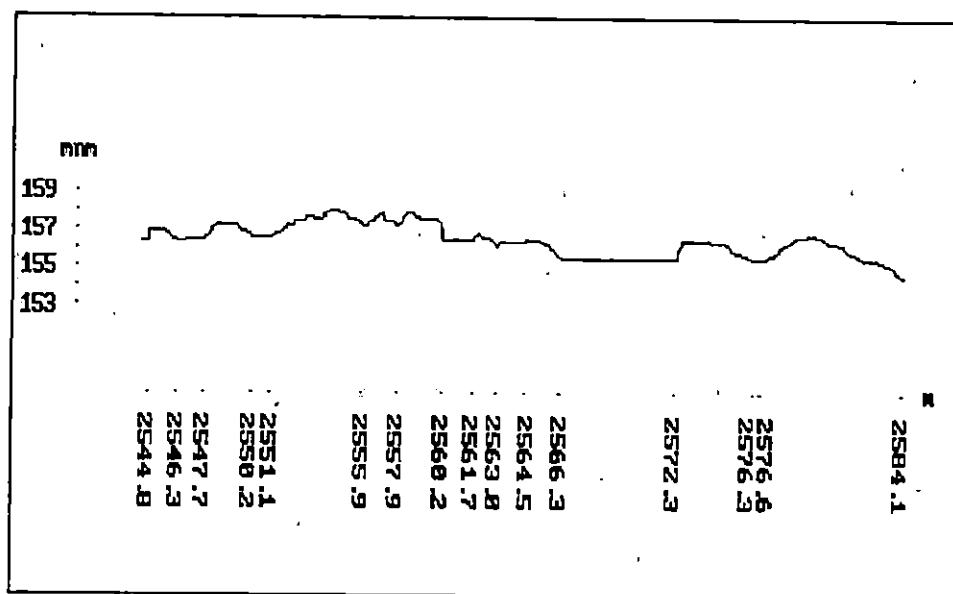
| VRSTA DRVEĆA | log a | b | c |
|---------------|--------|-------|-------|
| CRNA JOHA | -0.273 | 1.990 | 1.002 |
| POLJSKI JASEN | -0.272 | 1.989 | 1.007 |
| BAGREM | -0.281 | 2.016 | 0.993 |

Tab. 27. Kategorije izlučenih površina - Extracted area categories

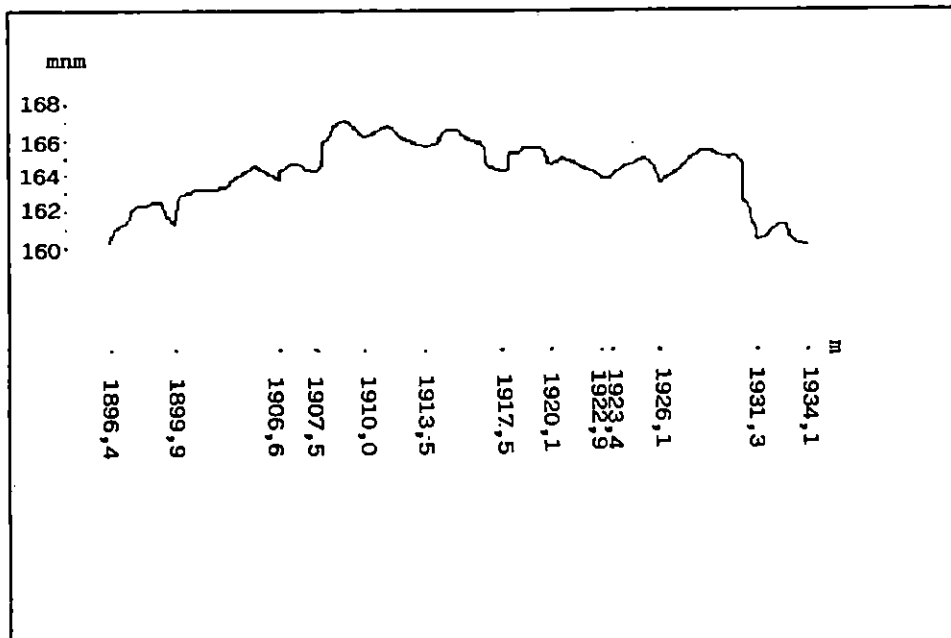
| RED.BR. | R A Z R E D | POVRŠINA U ha | UKLJUČENE TABLE |
|-------------|--|---------------|--|
| 1 | Starija šuma - - potpun sklop | 32.9299 | 2, 3, 4, 5, 6, 11, 16, 18, 21, 24, 25 |
| 2 | Starija šuma - - nepotpun sklop | 5.0012 | 8, 17, 20 |
| 3 | Mlada šuma | 24.6917 | 1, 7, 14 |
| 4 | Oranica | 0.5564 | 10 |
| 5 | Plješina obrasla prizemnim rašćem | 0.2459 | 22, 23 |
| 6 | Vlažno tlo obraslo zeljastim rašćem | 0.2479 | 12 |
| 7 | Prizemno rašće i grmlje u fazi formiranja | 6.4445 | 9, 13, 15, 19 |
| 8 | Kanal | 2.7007 | 26, 28 |
| 9 | Cesta | 2.0843 | 27 |
| U K U P N O | | 74.9025 | 28 |



Sl. - Fig. 4.1. Poprečni profil krošanja u smjeru osi x (crna joha-ploha 19) - Cross crowns profile in x-axis (Black alder-plot 19)



Sl. - Fig. 4.2. Poprečni profil krošanja u smjeru osi y (poljski jasen-ploha 3) - Cross crowns profile in y-axis (Narrow-leaved ash-plot 3)



Sl. – Fig. 4.3. Poprečni profil krošanja u smjeru osi x (bagrem ploha 12) – Cross crowns profile in x-axis (False acacia-plot 12)

vjerojatnosti prihvaća nulta hipoteza, koja govori da ne postoji signifikantna razlika između vrijednosti aritmetičkih sredina mjerenih fotogrametrijski u oba slučaja (profil i orto).

b) U odnosu P/T vrijednost u $> 2,58$ za crnu johu i bagrem te se prihvaća alternativna hipoteza koja govori da postoji signifikantna razlika između vrijednosti aritmetičkih sredina mjerenih terestrički i fotogrametrijski po profilu. Kod poljskog jasena vrijednost u $< 2,58$ te se prihvaća nulta hipoteza.

Analiziramo li usput vrijednosti visine krošnje i visine stabala iz tablice br. 23, vidimo da su vrijednosti visine krošanja približne kod crne johe i poljskog jasena, a tek nešto veća razlika nastaje kod bagrema. Analogni odnosi vrijede i za vrijednosti visina stabala.

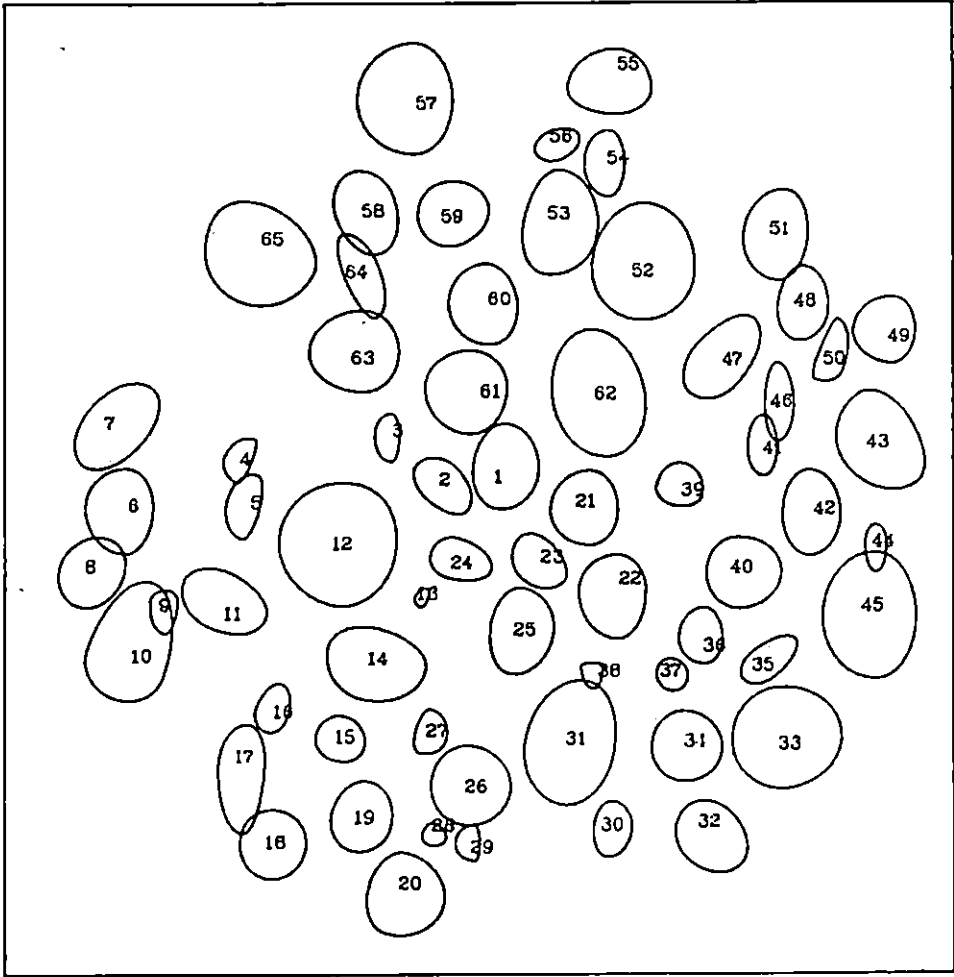
Uočenu razliku kod bagrema tumačim grubom pogreškom.

Na kraju se može zaključiti da je ova provjera potvrdila prijašnje zaključke, s napomenom da bi podaci bili vjerodostojniji kod većeg uzorka.

Volumen vidljivog dijela krošnje – Visible crown volume

Dobiveni rezultati volumena vidljivog dijela krošnje, opisanog načina obračuna u prijašnjim poglavljima, nalaze se u tablicama br. 8, 9 i 10. Zato ću ovdje samo komentirati prikazane vrijednosti.

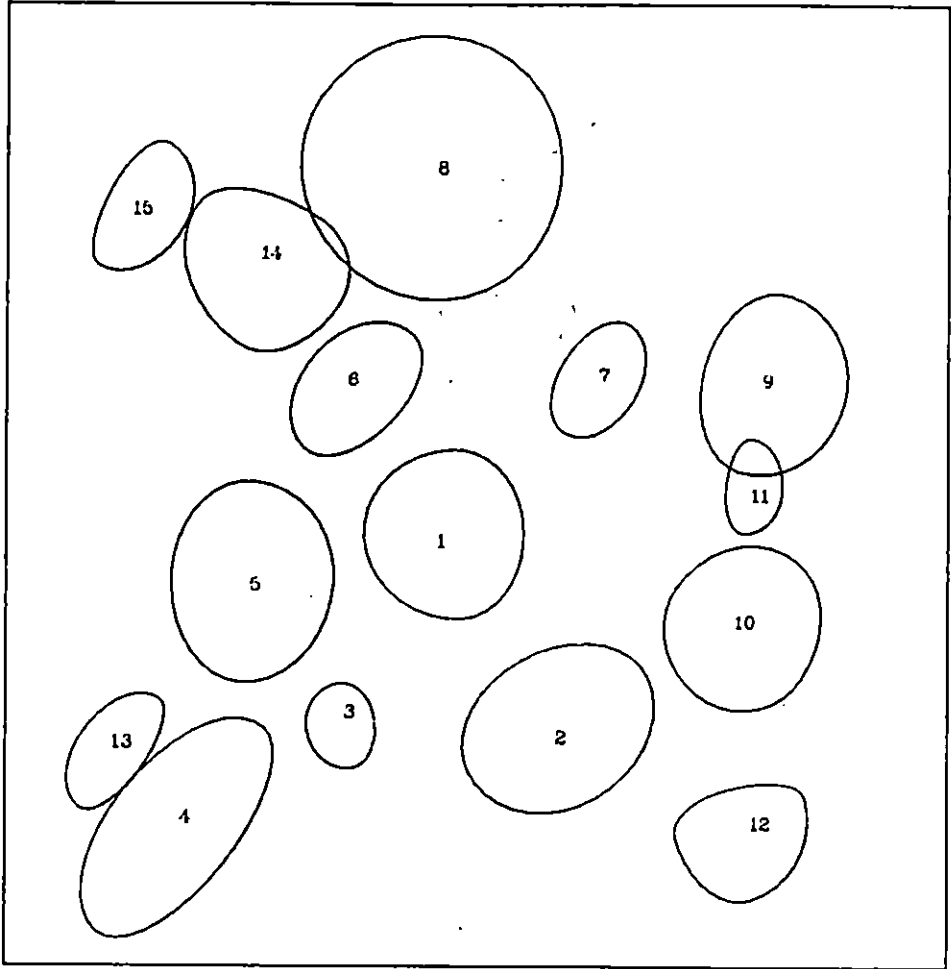
Budući da se volumen računa kao treća potencija, dobivene vrijednosti aritmetičkih sredina, a ujedno i njihova odstupanja, vrlo su velike. Tako su i vrijednosti



Sl. - Fig. 6.1. Tlocrtni prikaz krošnja (crna joha-ploha 19) - The ground-plan crowns view (Black alder-plot 19)

CV preko 100%, i to zbog velikog raspona volumena vidljivog dijela krošnji.

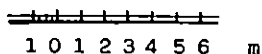
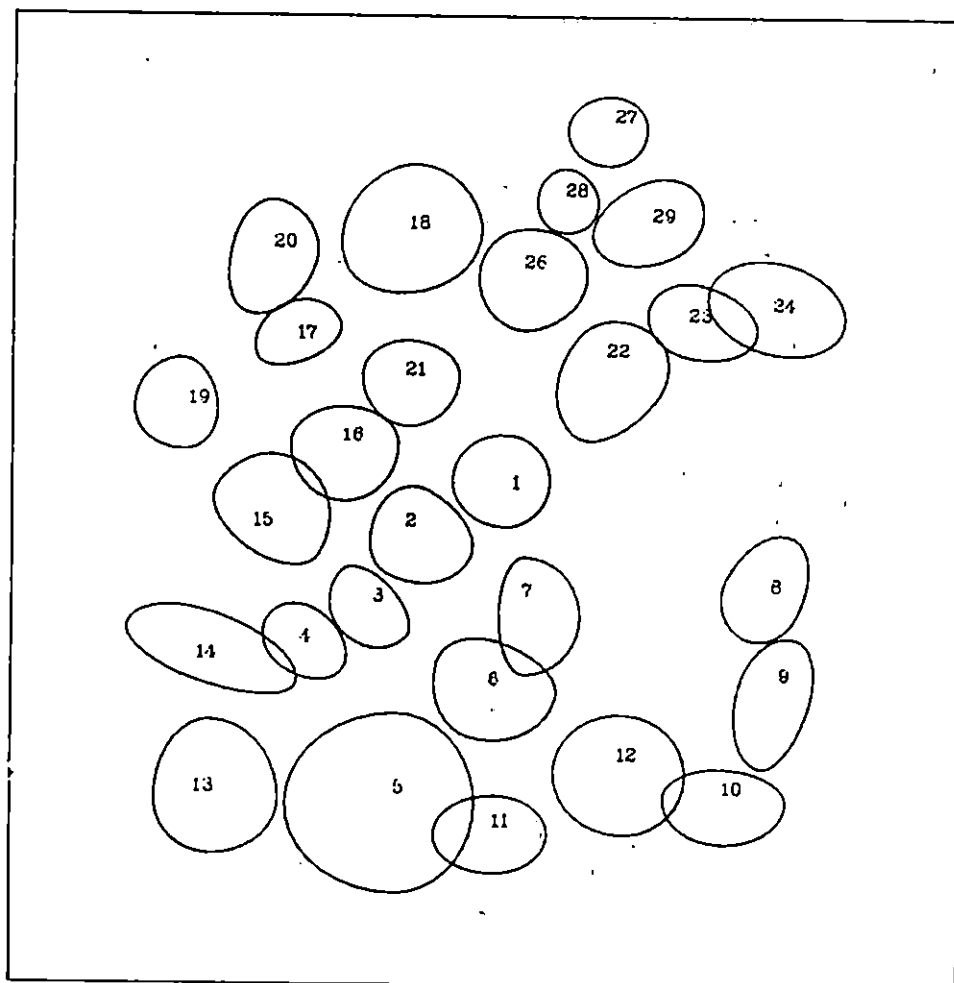
Da bi se mogli donijeti adekvatni zaključci, upotrijebljen je koeficijent volumena vidljivog dijela krošnje koji izražava odnos stvarnog volumena iraćunatog kao paraboloid prema volumenu kvadra, istih dimenzija. Analizirajući taj koeficijent, vidljivo je da njegova aritmetička sredina u većini iznosi 0,53, odnosno da volumen paraboloida iznosi 53% volumena kvadra. Ujedno su i vrijednosti CV realne veličine.



Sl. – Fig. 6.2. Tlocrtni prikaz krošnja (posljski jasen-ploha 3) – The ground-plan crowns view (Narrow-leaved ash-plot 3)

Na taj način provjerena je ispravnost takva obračuna volumena vidljivog dijela krošnje izraženoga kao paraboloid.

Te su konkretne veličine upotrijebljene u daljnjem istraživanju uz primjenu Schumacher-Hallove formule.



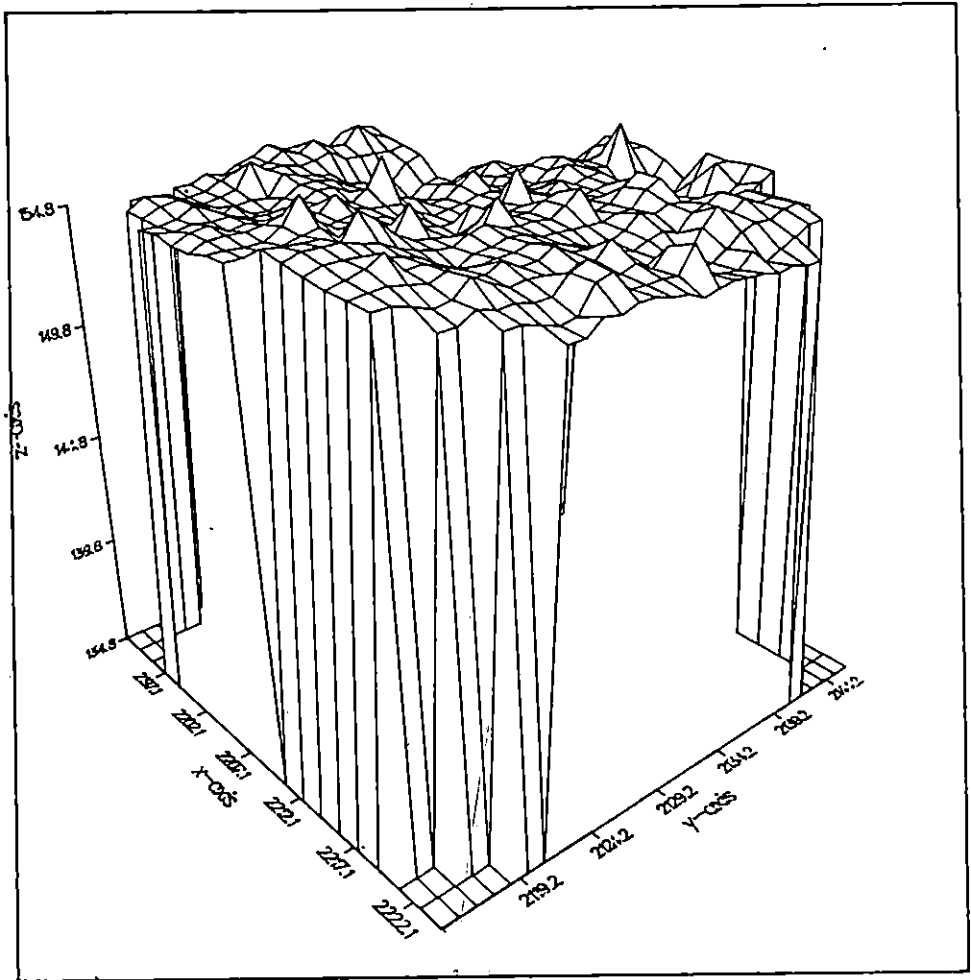
Sl. - Fig. 6.3. tlocrtni prikaz krošanja (bagrem-ploha 12) - The ground-plan crowns view (False acacia-plot 12)

Funkcionalna ovisnost volumena vidljivog dijela krošnje o promjeru i visini vidljivog dijela krošnje -

Functional visible crown volume dependence on visible crown diameter and visible crown height

Ova funkcionalna ovisnost izražena je jednadžbom

$$V_k = f(D, h_k) \quad (57)$$



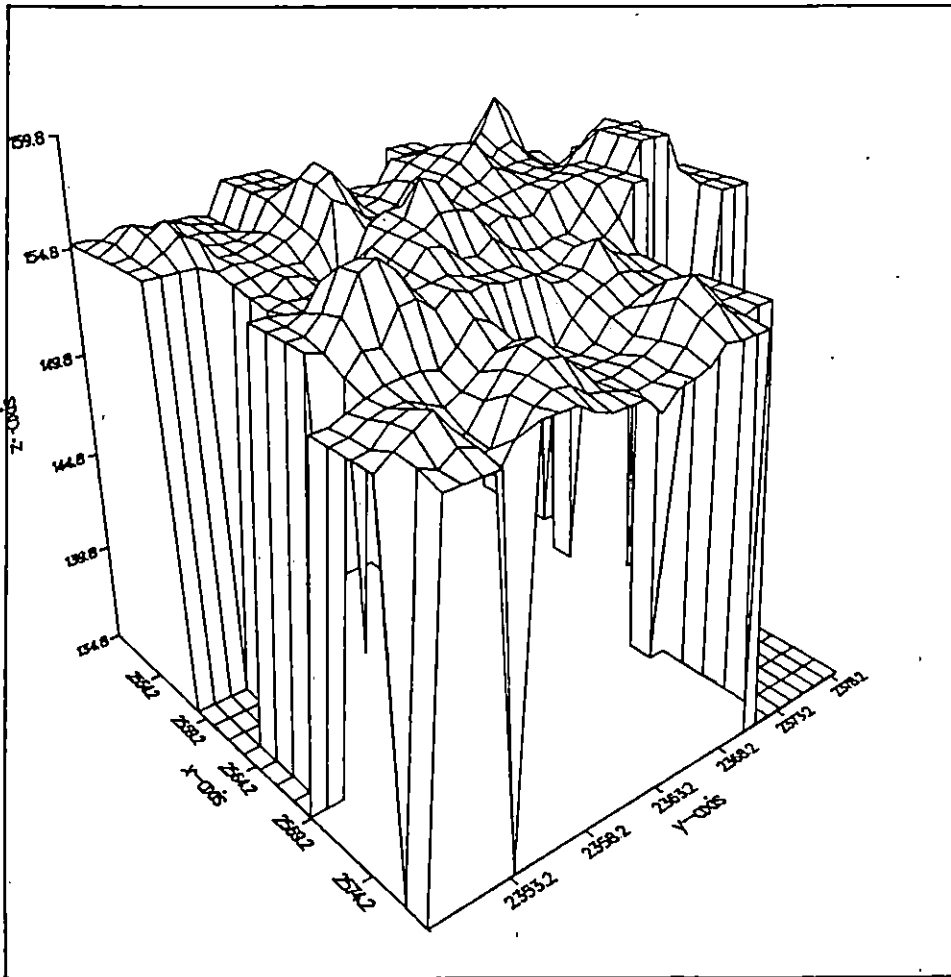
Sl. – Fig. 7.1. Prostorni prikaz krošnja (crna joha-ploha 19) – The space crowns view (Black alder-plot 19)

Za njezino rješenje upotrijebljena je Schumacher-Hallova formula (br. 36). Njezinim logaritmiranjem i uvrštavanjem konkretnih podataka izračunati su parametri potrebni za njezino daljnje korištenje.

U tablici br. 25 nalazi se prikaz tih parametara za sve tri istraživane vrste drveća.

Na osnovi prije objašnjenih i dokazanih funkcija (jednadžbe br. 50 i 51) zaključuje se da postoji korelacijska veza između volumena vidljivog dijela krošnje, s jedne, i promjera i visine vidljivog dijela krošnje, s druge strane (jednadžba br. 57).

Modificirani oblik Schumacher-Hallove jednadžbe za obračun volumena vidljivog dijela krošnje zadovoljava. Vrijednosti parametra b se kreću oko 2, a parametra c oko 1, bez obzira na vrstu drveća. To znači da volumen vidljivog dijela krošnje svakog stabla raste s drugom potencijom promjera vidljivog dijela krošnje i prvom potencijom visine vidljivog dijela krošnje. $\log a$ ima vrijednost oko 0.27.



Sl. - Fig. 7.2. prostorni prikaz krošanja (poljski jasen-ploha 3) - The space crowns view (Narrow-leaved ash-plot 3)

Usporede li se ti rezultati s rezultatima dobivenim primjenom Schumacher-Hallove formula za izračunavanje drvene mase stabala kod izrade dvoulaznih tablica istih vrsta, zaključuje se da se vrijednosti parametra b i c ne razlikuju, iako svi drugi odgovaraju potencijama prsnog promjera i visine stabla. Razlika je jedino u vrijednosti logaritma parametra a.

Iz objašnjenoga se može zaključiti da je moguće izraditi dvoulazne tablice volumena vidljivog dijela krošnje.

Međutim, postavlja se pitanje kako iskoristiti prikazane rezultate i iz njih dobivene zaključke o volumenu vidljivog dijela krošnje, odnosno gdje i na koji način primijeniti Schumacher-Hallovu formulu (br. 36).

Poznato je da je krošnja, između ostalih dijelova stabla, pokazatelj brojnih karakteristika, ali i stanja samog stabla, a i njegove okolice i uvjeta u kojima živi.

Šumarsku praksu najviše interesira korelacijski odnos između pojedinih dimenzija stabla, a u prvom redu se to donosi na utvrđivanje drvene mase.

Iz tog razloga trebalo bi daljnja istraživanja usmjeriti u ovim pravcima:

1. Utvrditi volumen vidljivog dijela krošnje za ostale vrste.
2. Koliki je odnos na taj način utvrđenog volumena vidljivog dijela krošnje i stvarnog volumena krošnje?
3. Koliki je odnos volumena vidljivog dijela krošnje u odnosu na volumen debla, odnosno drvenu masu?
4. Kako se mijenjaju vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje u odnosu na različita staništa istih vrsta i dobi?
5. Koliki je prirast volumena vidljivog dijela krošnje u različitim vremenskim (godišnjim) razdobljima?
6. Da li se i na koji način volumen vidljivog dijela krošnje mijenja u odnosu na promjenu stanja sastojine i promjenu zdravstvenog stanja stabla?

U svakom slučaju potrebno je nastaviti istraživanje. Možda se promjene zdravstvenog stanja stabla mogu uočiti kroz promjene volumena vidljivog dijela krošnje, bez obzira na vrstu upotrijebljenog fotomaterijala. U tom slučaju trebalo bi ciklički snimati pojedina područja.

Primjenom Schumacher-Hallove formule moguće je relativno lako utvrditi volumen vidljivog dijela krošnje, a on može biti dobar pokazatelj brojnih stanja stabla i sastojine.

Tlocrtni prikaz krošanja – The ground-plan crowns view

Grafičko je rješenje tlocrtnog prikaza krošanja nazvano »koordinatna ortogonalna projekcija površina krošanja«.

Rezultat, u prijašnjim poglavljima opisane metode, prikazan je na slikama 6.1, 6.2 i 6.3. Promatrajući te slike, uočavaju se dimenzije promjera krošanja, čije su numeričke vrijednosti prikazane u prijašnjim tablicama i opisane. Nadalje, uočava se nepravilnost pojedinih krošanja zbog različitih promjera (D_1 , D_2). Razlike između najveće i najmanje površine projekcije krošnji najmanje su kod bagrema (na slici 6.3). Na slici 6.2, kod poljskog jasena, primjećuju se veliki međuprostori.

Uočeni međuprostori još jednom potvrđuju razlike promjera izmjerenih različitim načinom, jer su ovdje ti međuprostori mnogo veći nego u prirodi.

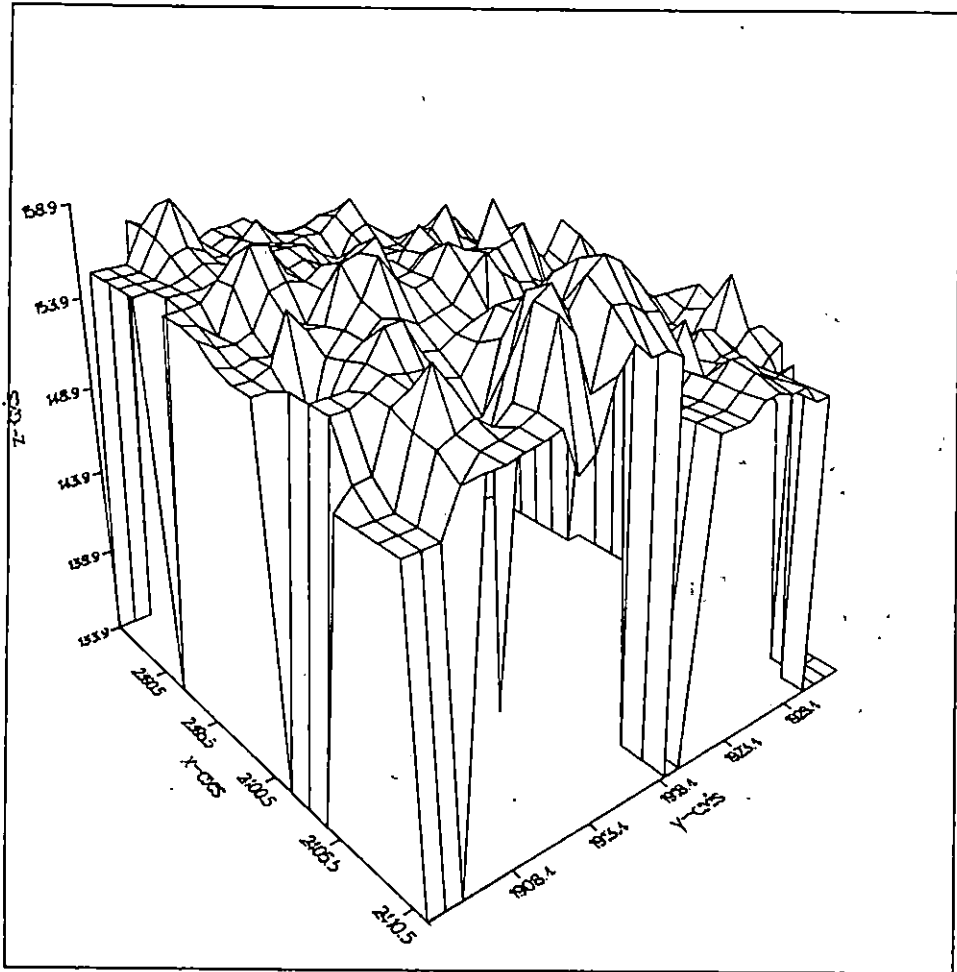
Pojedine se krošnje preklapaju zbog prije opisanog načina izmjere i crtanja.

Vrh stabla određuje brojka na krošnji svojim donjim lijevim dijelom.

Položaj krošanja točno određuje položaj stabala u plohi, odnosno sastojini. Greška nastaje jedino kod jako nagnutih stabala.

Takav način prikazivanja upotpunjuje predodžbu o sastojini i njezinim elementima na temelju numeričkih vrijednosti. Sklop utvrđen fotogrametrijski uočava se i vizualno. Paralelnim promatranjem dviju ili više slika uočavaju se razlike, ali i sličnosti pojedinih ploha, odnosno sastojina. Ovaj prikaz ima i tu prednost da se uvijek možemo bez većega fizičkog napora i mnogo utrošenog vremena »vraćati« u sastojinu i provjeravati prije donesene zaključke te dodatno ispitivati.

Sve prije izračunate vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje moguće je i izmjeriti.



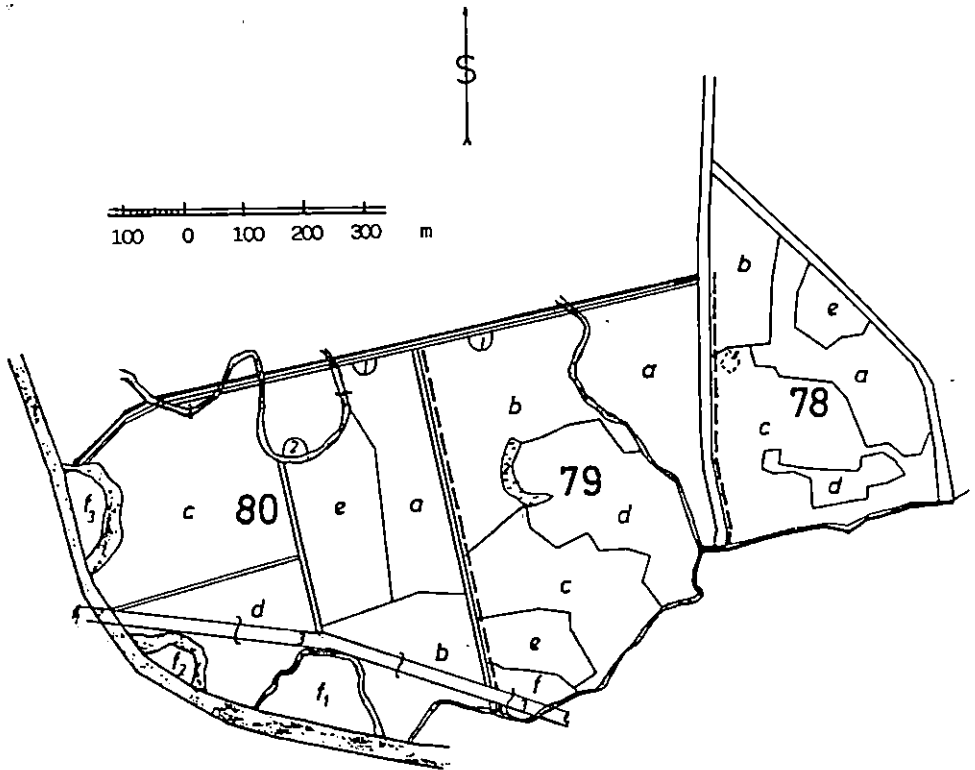
Sl. - Fig. 7.3. Prostorni prikaz krošanja (bagrem-ploha 12) - The space crowns view (False acacia-plot 12)

Prostorni prikaz krošanja - The space crowns view

Grafičko rješenje prostornog prikaza krošanja samo po sebi je interpretacija rezultata. Prikazano je kao primjer na sl. 7.1, 7.2 i 7.3.

Takav način prikazivanja još više upotpunjuje prije opisanu predodžbu, daje još veću kvalitetu donesenim zaključcima. Usprkos tomu što su ovdje moguća mjerenja svedena na minimum, kvaliteta se dobiva u prvom redu na plastičnosti prikaza i na uočavanju određenih odnosa i u jednoj plohi i između pojedinih ploha. Na primjer, na slici br. 7.1, na kojoj je prikazana crna joha, uočavaju se brojne krošnjice, za

K.o. Kotoriba



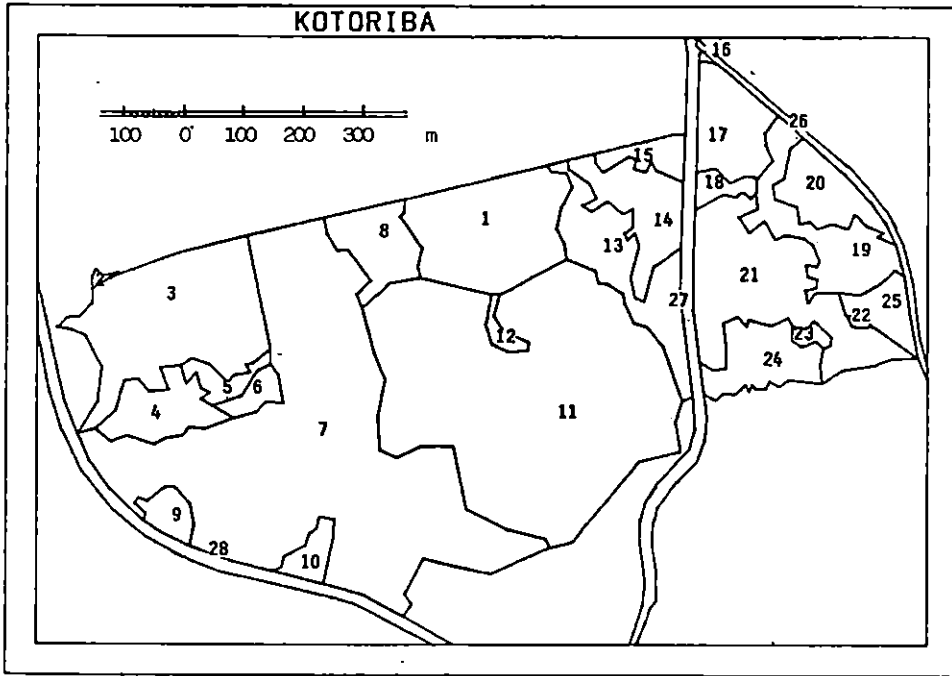
Sl. - Fig. 8.1. Karta izrađena uobičajenim načinom - Usual map

razliku od ostalih slika. Uz to uočavaju se odnosi visina krošanja prema visini stabala, jer početna vrijednost na osi z prikazuje stvarnu nadmorsku visinu terena izraženu u metrima.

Prilikom crtanja moguće je odabrati i smjer gledanja za svaku pojedinu promatranu plohu, tako da se još više istakne plastičnost i bolja uočljivost većeg dijela plohe.

Gledajući tako ovu sliku, promatrač dobiva trodimenzionalnu predodžbu, i to bez inače teško dostupnih aerosnimaka i skupog instrumentarija, te se na taj način jednim dijelom omogućuje uvid u tajne i ljepotu prostornog prikaza velikom broju ljudi istovremeno. Promatrač ima osjećaj kao da »u brišućem letu nadire« prema šumi.

Uz to ovaj programski paket omogućava crtanje tlocrtnog prikaza u x-y sustavu projekcija krošanja na istoj slici.



Sl. - Fig. 8.2. Digitalna karta - Digital map

Kartiranje - Mapping

Opisanim načinom u prijašnjim poglavljima istraživano područje podijeljeno je u 28 tabli ukupne površine 74,9025 ha. Pregled svih tabli s pripadajućim površinama nalazi se u tablici br. 26:

Sve table podijeljene su u 9 različitih razreda. Detaljni pregled nalazi se u tablici br. 27.

Istraživano područje kartirano je u mjerilu 1:10 000 (sl. 8.2). Za usporedbu i provjeru točnosti priložena je gospodarska karta mjerila 1:10 000 (sl. 8.1).

Analiziramo li obračun površina (tablica 27), na prvom mjestu uočava se preciznost i brzina obračuna. Dvadeset i osam izlučenih tabli grupirano je u devet različitih razreda te je ponovo obračunata površina.

U tablici br. 27 vidljivo je da je izlučena obrasla površina od neobrasle (ceste, kanali), poljoprivredne kulture, plješine i vlažnije tlo. Što se šume tiče, izlučeni su dijelovi šuma u odnosu na razlike u dobi (starije, mlađe), te sklopljenost (potpuna, nepotpuna), kao i sastojine u fazi formiranja.

Usporedimo sada same karte.

Uočavaju se razlike digitalne karte s gospodarskom kartom, u prvom redu zbog vremenske razlike te promjene stanja sastojina (odsjeci 80/a, b, d, e). Međutim, kod starijih dijelova, koji nisu doživjeli velike promjene u stanju sastojine, novo izlučivanje je puno detaljnije (odsjek 80/c, odjeli 78, 79).

Ovdje moram napomenuti da naknadno nije uspoređivano sa stvarnim stanjem na terenu, i to najviše zbog promjene stanja sastojine nakon vremenske razlike od sedam godina. No, prilikom rekognosciranja terena, kao i prilikom izmjere po plohama, uočeni su neki karakteristični detalji koji potvrđuju opisanu usporedbu.

Iz svega navedenoga dolazi se do sljedećih zaključaka.

Fotogrametrijsko izlučivanje sastojina ima određene prednosti zbog svoje preciznosti, ali se nikako ne možemo osloniti samo na sobni rad. Ono će biti kompletno i vrlo precizno tek nakon uvida u teren i usporedbe sa stvarnim stanjem, posebno kod manje recentnih snimaka i promjena stanja sastojina te zbog neuočljivosti ostalih elemenata važnih za izlučivanje.

Kompjutorsko kartiranje ima mnogo veće prednosti, pogotovu što jednom digitalizirane točke ostaju trajno memorirane te se mogu dopunjavati novim podacima ili mijenjati. Uz to brzina i preciznost obračuna površina mnogo je veća od bilo kojega drugog načina utvrđivanja.

Nadalje, moguće je u svako doba iscrtati cijele karte ili njihove dijelove u željenom mjerilu i potrebnoj količini, ovisno o potrebama.

ZAKLJUČAK - CONCLUSION

U ovom istraživanju osnovni je cilj bio procjena taksacijskih elemenata stabala na infracrvenim kolornim aerosnimcima. Taj osnovni cilj dijelio se na nekoliko užih, konkretnijih ciljeva koji su detaljno opisani u poglavlju 2.1.

Imajući ih na umu, iz provednih istraživanja izlaze ovi zaključci:

1. Ova istraživanja provedena su za crnu johu, poljski jasen i bagrem.
2. Moguća je procjena taksacijskih elemenata sastojine pomoću vidljivih parametara stabala na infracrvenim kolornim aerosnimcima.
3. Primjena infracrvenih kolornih aerosnimaka, osim svoje najvažnije prednosti – utvrđivanja zdravstvenog stanja šuma, daje također mogućnost utvrđivanja taksacijskih vidljivih elemenata na aerosnimku. Izražajnost oblika krošanja pojedinih stabala, dijelova sastojine ili cijelog područja je vrlo velika i kvalitetna te zajedno sa širokom lepezom preslikanih tonova stvara prostor za precizan rad.
4. Primijenjeni snimci mjerila 1:10 000 blizu su granice upotrebljivosti za utvrđivanje taksacijskih elemenata sastojina.
5. Instrumenti II, a posebno I. reda, iako konstrukcijski komplicirani, omogućuju vrlo jednostavan, a nadasve precizan rad. Višestruka povećanja perspektive, široke mogućnosti kartiranja u različitim mjerilima i upisivanje podataka na različitim medijima omogućuju kompleksnu obradu dijelova ili cijelog područja vidljivog na uloženom stereoparu.
6. Očitavanjem koordinata (x, y, z) samo pet točaka na krošnji stvara se mogućnost utvrđivanja brojnih elemenata stabla, odnosno sastojina, te mogućnost spoznavanja novih zakonitosti važnih za kompletiranje cjelovite slike stabla. jednom očitane koordinate ostaju trajno zapisane te se mogu koristiti u bilo koje vrijeme i biti obrađene na bilo koji način.
7. Primjena kompjutora u šumarstvu uopće, a posebno u fotogrametriji, prijeko je potrebna, u zajednici s instrumentima višeg reda čak bi se moglo reći i obavezna.

Brzina obrade obilja podataka, malog ulaza, s nebrojeno mnogo izlaznih rezultata različita oblika i karaktera, toliko je važna i potrebna za daljnja istraživanja i praktičnu primjenu u šumarstvu.

Razvijeni svijet je davno zaboravio uobičajenu obradu »pješice«, ne iz razloga što je to zastarjelo, nego zato što je to preskupo. U današnje vrijeme stručnjak istraživač više nema vremena da se »šeće« između podataka i da se koristi uobičajenom tehnikom obrade.

8. Kombinacijom analitičke obrade i grafičkog prikaza dobivenih na tako brz način korisnik najprije dobiva uvid u cjelokupan problem, a zatim, promatrajući ga i analizirajući s više strana, dolazi do vrlo kvalitativnih i kvantitativnih rješenja. Neopterećen tehnikom obrade ostavljen mu je i prostor i vrijeme da se maksimalno usredotoči na postavljeni problem.
9. Zajedničkom primjenom aerofotogrametrijskih snimaka, instrumenata višeg reda i kompjutera korisnik dobiva mogućnost sveobuhvatnih istraživanja te uvid u otkrivanje novih spoznaja i utvrđivanje novih zakonitosti, dotad nemoguće ostvarivih rješenja, odnosno operacionalizacijom prikazanih metoda dobiva mogućnost racionalizacije određivanja drvne zalihe u praksi.
10. Promjer krošnje mjeren fotogrametrijski nije jednak promjeru mjeren terestrički. Provedeni u-test pokazuje da postoji signifikantna razlika između aritmetičkih sredina kod sve tri vrste, i to s 99% vjerojatnosti.
Promjer krošnje mjeren fotogrametrijski u odnosu na terestrički iznosi:
 - za crnu johu 0.60:1,
 - za poljski jasen 0.66:1 i
 - za bagrem 0.62:1odnosno koeficijent korekcije iznosi
 - za crnu johu 1.67,
 - za poljski jasen 1.52 i
 - za bagrem 1.61.
11. Prikazani rezultati dobiveni su uporabom aerosnimaka sitnog mjerila (1:10 000) u sklopljenim sastojinama.
12. Prilikom svake fotogrametrijske izmjere promjera krošanja treba utvrditi koeficijent korekcije, odnosno razliku D_T i D_F .
13. Nastaviti započeta istraživanja, a posebno utvrditi korelacije terestričke i fotogrametrijske izmjere promjera krošnji za ostale gospodarske vrste drveća.
14. Ne postoji signifikantna razlika vrijednosti visina stabala mjerenih različitim načinom.
15. U nedostatku programa za kompjutorsko izjednačenje visinske krivulje po Mihailovljevoj formuli visinska krivulja se može izjednačiti i jednadžbom parabole, s tim da se ne može upotrijebiti desni krak parabole izjednačenja, tj. od momenta kada se vrijednost h počinju smanjivati, odnosno krivulja »padati«. Pomoću jednadžbi:
 - za crnu johu $h = 3.245 + 1.281 \cdot d_s - 0.019 \cdot d_s^2$
 - za poljski jasen $h = 6.146 + 1.130 \cdot d_s - 0.014 \cdot d_s^2$
 - za bagrem $h = 16.263 + 0.387 \cdot d_s - 0.003 \cdot d_s^2$moguće je na osnovi izmjerenih prsnih promjera izračunati visine stabala spomenutih vrsta.
16. Na osnovi korelacijske veze između promjera krošnje i prsnog promjera

iskazane izrazom $D = f(d)$ i jednadžbom pravca:

- za crnu johu $D_s = 0.377 + 0.166 \cdot d_s$

- za poljski jasen $D_s = -0.710 + 0.246 \cdot d_s$

- za bagrem $D_s = -0.527 + 0.215 \cdot d_s$

moguće je izračunati vrijednosti promjera krošnja. Također je moguće analizirati promjer krošnje u odnosu na intenzitet debljinskog prirasta.

17. Postoji korelacijska veza između promjera krošnje i visine stabla

- Kod poljskog jasena $D_s = -5.100 + 0.421 \cdot h$

- kod bagrema $D_s = -4.274 + 0.392 \cdot h$

Kod crne johe kut nagnutosti pravca nešto je manji zbog toga što su promjeri krošnja ujednačeniji. Na osnovi postavljenih jednadžbi i izračunatih vrijednosti parametara mogu se na temelju izmjerenih visina izračunati promjeri krošnja spomenutih vrsta.

18. Korelacijska veza fotogrametrijski dobivenih rezultata između promjera vidljivog dijela krošnje i visine stabala dokazana je jedino kod bagrema te jednadžba glasi

$$D = -7.752 + 0.668 \cdot h_0 - 0.008 \cdot h_0^2$$

Za tu vrstu izjednačenje se može izvesti krivuljom parabole, koja je više nalik pravcu.

Kod crne johe i poljskog jasena korelacijska veza nije dokazana. Nelogično je da povećanjem vrijednosti visine stabla dolazi do smanjenja vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje (crna joha, slika 5.2.1.1) ili da se vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje ne mijenjaju (poljski jasen, slika 5.2.2.1). Razlog tomu možda se krije u zastrtosti krošnja, koje su inače manje varijabilnih vrijednosti, pa je restitutoru otežano očitavanje.

19. Iz odnosa vrijednosti visine vidljivog dijela krošnje i njezina pomjera zaključuje se da postoji korelacijska veza za sve tri istraživane vrste. Pomoću jednadžbe pravca

- za crnu johu $h_k = 0.240 + 0.398 \cdot D$

- za poljski jasen $h_k = 1.206 + 0.252 \cdot D$

- za bagrem $h_k = 0.659 + 0.506 \cdot D$

i konkretnih vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje moguće je izračunati vrijednost visine vidljivog dijela krošnje.

20. Korelacijska veza između visine vidljivog dijela krošnje u odnosu na visinu stabla postoji samo za bagrem. Na temelju jednadžbe pravca

$$h_k = -4.015 + 0.281 \cdot h_0$$

i konkretnih vrijednosti visine stabla može se izračunati visina vidljivog dijela krošnje.

21. Odnos vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje i njezine visine može se prikazati parabolom. Na temelju konkretnih vrijednosti visine vidljivog dijela krošnje uvrštenih u jednadžbe

- za crnu johu $V_k = -2.179 + 0.356 \cdot h_k + 0.982 \cdot h_k^2$

- za poljski jasen $V_k = -4.945 + 2.832 \cdot h_k + 0.792 \cdot h_k^2$

- za bagrem $V_k = -4.054 + 1.341 \cdot h_k + 1.297 \cdot h_k^2$

mogu se izračunati vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje.

22. Također na temelju vrijednosti promjera vidljivog dijela krošnje uvrštenih u jednadžbu parabole

– za crnu joku

$$V_k = -2.463 + 5.150 \cdot D + 1.057 \cdot D^2$$

mogu se izračunati vrijednosti volumena vidljivog dijela krošnje.

23. Volumen vidljivog dijela krošnje izračunat kao volumen paraboloida jedno je od mogućih rješenja i zadovoljava naprijed postavljenu pretpostavku. Vrijednost standardne devijacije i koeficijenta varijacije velika je zbog velikog raspona minimalnih i maksimalnih vrijednosti. Upotrebom koeficijenata paraboloida dobivenog na ovaj način moguća je provjera obračuna volumena vidljivog dijela krošnje prikazanoga kao paraboloid.
24. Nastaviti istraživanja u primjeni Schumacher-Hallove formule
 $V_k = a \cdot D^b \cdot h_k^c$,
jer je pomoću nje relativno lako utvrditi volumen vidljivog dijela krošnje, a on može biti dobar pokazatelj stanja stabla i sastojine.
25. Iz dobivenih vrijednosti (tablica br. 25) moguće je izraditi dvoulazne tablice volumena vidljivog dijela krošnje.
26. Gdje je god moguće, treba primijeniti fotogrametrijsko izlučivanje sastojina.
27. Primjena digitajzera i kompjutorsko kartiranje opravdava uloženi trud s obzirom na dobiveni rezultat. Postignuta preciznost vanjskih granica i unutrašnjih novoizlučenih ili potvrđenih postojećih unutrašnjih vrlo je velika. Istovremeni rezultat je i obračun površine. U svakom momentu možemo mijenjati mjerilo crtanja. Vrlo je jednostavno izvršiti dopune i promjene nastale nakon određenog vremenskog razdoblja. Moguća je izrada tzv. »sendvič karata«, odnosno višeslojnih folija povezanih u jedan kumulativan rezultat.
Jednom upisani podaci koordinata karata ostaju trajno zapisani na vrlo prikladnom mediju, a karta ili njezini dijelovi mogu se dobiti na vrlo brz i jednostavan način u željenom mjerilu.
28. Tlocrtni prikaz krošanja, nazvan »koordinatna ortogonalna projekcija površina krošanja« (sl. 6.1.–6.3), otvara nove mogućnosti istraživanja bez terenskog rada: od utvrđivanja sklopa, obraslosti, analize promjera, površine projekcije pojedinog stabla, međusobne udaljenosti i položaja.
29. Tlocrtni prikaz može se koristiti kada se želi imati trajan uvid u položaj i raspored stabala na pojedinim površinama.
30. Prostorni prikaz krošanja daje predodžbu konfiguracije krošanja velikom broju ljudi bez snimaka i stereoinstrumenata. Na isti način moguće je izraditi prostorni prikaz konfiguracije terena s istovremenim kartiranjem topografske karte. Takav grafički prikaz svojom plastičnošću upotpunjuje opću sliku promatranih problema.
31. Terenski rad svodi se na minimum. Potrebno je rekognoscirati teren te testirati pretpostavke i rezultate metodom uzoraka. Sistematskim radom obrađuju se brzo velike površine na precizan način.
32. Fotogrametrijske i fotointerpretacijske metode mogu biti primjenjive i isplative i za analizu manjih površina, ako postoji već snimljeni vjerodostojni materijal.

LITERATURA – REFERENCES

- Cestar, D., i dr., 1985: Ekološko gospodarski tipovi šuma. Svezak 5, Zagreb.
Cimerman, V., & Z. Tomašegović, 1966: Atlas fotogrametrijskih instrumenata. Zagreb.
Donassy, V., M., Olučić & Z. Tomašegović, 1983: Daljinska istraživanja u geoznanostima. Zagreb.

- Fiedler, T., 1986: Razvoj fotogrametrije. Međimurje 9: 55-60, Čakovec.
- Hadživuković, S., 1977: Planiranje eksperimenata. Beograd.
- Hitrec, V., 1984: Mjerenje u drvnj industriji. Zagreb.
- Köndler, G., 1986: Die Ermittlung von Bestandsparametern als Eingangsgroößen fuer Interzeption-
modelle mit Hilfe aerophotogrammetrischer Verfahren. Freiburg.
- Klepac, D., 1965: Uređivanje šuma. Zagreb.
- Kostijal, V., 1986: Korelacijski odnos uočljivog broja krošnji u stereomodelima jednodobnih šuma
bukve s prsnim promjerom centralnog stabla. Magistarski rad, Banja Luka.
- Krejšči, V., 1988: Prirast širina krošanja hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom na području Hrvatske.
Radovi 77, Zagreb.
- Kušan, V., 1988: Točnost određivanja površina projekcije krošnje obične jele. Šumarski list 11-12:
489-496, Zagreb.
- Loetsch, F., & K. E. Haller, 1973: Forest inventory. Vol. I, Muenchen.
- Lukić, N., 1983: Izmjera jednodobnih sastojina primjenom uzoraka promjenljive vjerojatnosti selekcije.
Magistarski rad, Zagreb.
- Obrež-Spoljar, J., 1986: Kompjutorizacija u geodeziji i prostornom planiranju. Međimurje 9: 71-78,
Čakovec.
- OSNOVA GOSPODARENJA G. J. »DONJE MEĐIMURJE«, 1982. Zagreb.
- Pleško, J., 1986: Automatizacija u fotogrametriji. Međimurje 9: 61-70, Čakovec.
- Pranjić, A., 1963: Ovisnost drvene mase stabla o promjeru krošnje i visini. Šumarski list 9-10: 364-366,
Zagreb.
- Pranjić, A., 1965: Korelaciona analiza između prsnog promjera, promjera krošnji, visine i drvene mase
stabala kod nekih tipova jelovih šuma i šuma poljskog jasena. Šumarski list 1-2, Zagreb.
- Pranjić, A., 1977: Dendrometrija. Zagreb.
- Pranjić, A., 1986: Šumarska biometrija. Zagreb.
- Štamenković, V., 1974: Prirast i proizvodnost stabala i šumskih sastojina. Beograd.
- ŠUMSKOGOSPODARSKA OSNOVA VARAŽDINSKO-MEĐIMURSKOG ŠUMSKOGOSPO-
DARSKOG PODRUČJA, 1986. Varaždin.
- Tomasegović, Z., 1986: Fotogrametrija i fotointerpetacija u šumarstvu. Zagreb.
- Tomasegović, Z., 1961: Ovisnost promjera $d_{1,30}$ jele i smreke o širini krošnje i visini stabla. Šumarski
list 7-8: 254-261, Zagreb.
- Tomasegović, Z., 1987: primjerna fotogrametrije i fotointerpretacije u planiranju. Glasnik za šumske
pokuse 3: 85-94, Zagreb.
- Tomasegović, Z., 1963: Primjena fotogrametrije kod izrade šumskogospodarskih projekata. Šumar-
ski list 3-4: 103-110, Zagreb.
- Vukelić, J., 1985: Doprinos fotointerpretacijske analize vegetacijskom istraživanju šumskih zajednica
Nacionalnog parka »Risnjak«. Glasnik za šumske pokuse 23: 95-140, Zagreb.

MIROSLAV BENKO

Original scientific paper

ASSESSMENT OF STANDS ELEMENTS ON COLOUR INFRARED AERIAL PHOTOGRAPHS

Summary

In this work estimation of stand elements on CIR aerial photographs scale 1:10 000 has been described. Establishments and methodes that are rarely used in practice have been used in the study because of their possibility to achieve simple and practical solutions. The research purpose was the approach of realized results to the daily forest practice, as well as their practical usage.

Photointerpretation and measurements on photos have been done using the I and II row instruments (»B8« and »A7«).

Extraction and readings of coordinates of the five (5) points on visible crown part on example trees of black alder, narrow-leaved ash and false acacia have been done in the study. Field heights have been taken from a topographic map-scale 1:5 000. On the basis of these data the diameter, height and volume of the visible crown part as well as tree height have been calculated. DBH, projection of the crown diameter, increment and tree height have been calculated in the field. Mutual relations of single parameters have been researched with a stress on correlation of crown diameter and tree height measured by different methods.

Numerical and textual elaboration as well as graphical views have been processed by computer, c.g. researched functions graphs, ground-plan crown view, space crown view and digital map.

Received August 31, 1992
Accepted October 1, 1992

Author's address:
Miroslav Benko
Directorate of Forestry
43 300 Koprivnica
Croatia