

Stojanović O.:

**TAKSACIONE OSNOVE  
ZA GAZDOVANJE ŠUMAMA BIJELOG BORA U BOSNI**

**TAXATIONSGRUNDLAGEN FÜR DIE BEWIRTSCHAFTUNG  
DER WALDFÖHRE—WÄLDER IN BOSNIEN**

Doktorska disertacija

branjena 8. oktobra 1965. godine na Šumarskom fakultetu u Sarajevu  
pred komisijom koju su sačinjavali:

Dr inž. **Žarko Miletić**, red. profesor Univerziteta u Beogradu

Dr inž. **Dragoljub Mirković**, red. profesor Univerziteta u Beogradu

Inž. **Fazlija Alikalfić**, red. profesor Univerziteta u Sarajevu

Inž. **Vasilije Matić**, red. profesor Univerziteta u Sarajevu

## PREDGOVOR

U toku 1952. godine tadašnji Zavod za uređivanje šuma Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Sarajevu započeo je da vrši istraživanja taksacionih elemenata privredno važnijih šuma u NR BiH. Ta istraživanja su bila naročito obimna u toku 1953. godine, ali su se sve do 1956. godine ograničila na istraživanja šuma jele, smrče i bukve kao privredno najvažnijih (Matić, 1955, 1956). Godine 1956. započeto je istraživanje šuma crnog bora (Drinić, 1962), a u ljeto 1957. preuzeo sam ja, u okviru naučnoistraživačkih zadataka pomenu-tog zavoda, istraživanje taksacionih elemenata šuma bijelog bora u Bosni. (Iste godine počela su i istraživanja šuma hrasta kitnjaka na području Bosne (Vukmirović, 1962)).

Radovi na terenu (izbor privremenih oglednih površina, terenski premjer i izračunavanje taksacionih elemenata stabala i oglednih površina) obavljani su u periodu juni-oktobar 1957. i juni-novembar 1958. godine. Ukupno je izabrano i premjereno 60 oglednih površina. Izboru oglednih površina posvećena je naročita pažnja i u fitocenološkom pogledu te je većina oglednih površina izabrana uz saradnju V. Stefanovića, tadašnjeg asistenta za Šumarsku botaniku u Zavodu za dendrologiju i fitocenologiju Šumarskog fakulteta u Sarajevu.

Članovi terenskih sekcija bili su studenti IV godine i apsolvanti šumarstva (s položenim ispitom iz dendrometrije).\*

Pod svakodnevnim rukovođenjem autora ovog rada oni su obavili terenska mjerenja i računanje taksacionih elemenata stabala i oglednih površina (kao cjeline). Izbor ogledne površine, njen taksacioni opis i izravnjanje podataka (povlačenje krivulja visina, debljinskog prirasta, projekcija krošanja i zapreminskih linija) obavio je sam autor.

Početakom 1959. godine započeta je statistička obrada prikupljenog materijala kao cjeline. Pripremu podataka za normalne jednačine (za regresione analize), rješenje normalnih jednačina i mnoge poslove oko provođenja regresionih analiza obavili su drugovi: Pavlič Janez, Prolić Nihad i Uš-

---

\* U toku 1957. godine članovi sekcije bili su: Jašarević Muris, Konjičanin Mugdim, Krupljanin Bogdan, Kurtalić Meho, Siljegović Zoran, Sućur Slavko, kraće vrijeme i Salković Adem, i tehničar Knežević Mićo.

U toku 1958. godine članovi sekcije bili su: Kuluglija Šefket, tehničar Sašić Savo, Šinik Milorad, Šolaja Vaso, inž. Sućur Slavko, Urbas Peter, a kraće vrijeme i Krupljanin Bogdan.

čuplić Midhat, asistenti Šumarskog fakulteta, a povremeno i Mihaliček Martin, službenik FŠOD »Igman«. Jednostavnije, ali veoma obimne, tehničke poslove oko pripreme podataka za normalne jednačine i tehničke poslove za pripremu analize dobivenih rezultata (u periodu od aprila 1960. do kraja 1962. godine) obavila je drugarica Marin Stojanka, tadašnji pomoćni laborant na Katedri uređivanja šuma Šumarskog fakulteta. Ona je s velikim strpljenjem obavila bezbrojna zamorna kolacioniranja dobivenih rezultata i izrađenih tablica.

U toku 1957 i 1958. godine rad je obavljan u okviru Zavoda za uređivanje šuma Poljoprivredno-šumarskog fakulteta, a u periodu 1959—1962. u okviru Odjeljenja za uređivanje šuma Instituta za šumarstvo Šumarskog fakulteta u Sarajevu. Finansiranje rada vršila su šumska gazdinstva sa područja SRBiH putem Zavoda za uređivanje šuma SRBiH, tj. današnjeg Preduzeća za uređivanje šuma »Šumaplan« u Sarajevu.

## A. OPŠTI DIO

### 1. ZADATAK RADA

Čiste sastojine bijelog bora ili mješovite sastojine bijelog bora i drugih vrsta drveća prirodno su rasprostranjene na velikom području SRBiH i imaju znatan privredni značaj za našu Republiku. Prema procjeni Preduzeća za uređivanje šuma »Šumaplan« u Sarajevu (bivši Zavod za uređivanje šuma NR BiH), u šumama opštenarodne imovine na području SRBiH (u stvari na užem području Bosne) ima oko 3.300.000 m<sup>3</sup> drveta (mase krupnog drveta) bijelog bora, dok ga u privatnim i zadružnim šumama (na istom području) ima oko 450.000 m<sup>3</sup>. Šumsko privredni značaj bijelog bora ne ogleda se samo u prostranstvu njegovog areala. On se ogleda i u pionirskoj ulozi bijelog bora pri pošumljavanju požarišta i pašnjaka, a naročito u tome što se sa ovom vrstom, kao vrstom drveća brzog rasta, računa u našim novim stremljenjima u vezi sa skraćivanjem produkcionog perioda, sa povećanjem prinosa naših šuma, pri melioraciji degradiranih šuma na znatnim površinama itd.

U predgovoru je već rečeno da su do početka 1957. godine istraživanja taksacionih elemenata bila uveliko u toku za naše privredno najvažnije šume — šume jele, smrče i bukve, a tek započeta za šume crnog bora. Analogna ispitivanja u šumama bijelog bora nametala su se sama po sebi, u prvom redu zbog zaokružavanja tih ispitivanja u jednu cjelinu, a zatim i zbog zaokružavanja istraživanja vezanih za bijeli bor na području naše Republike. Radi se, naime, o sljedećem: Na području SRBiH do sada su izvršena istraživanja areala prirodnog rasprostranjenja bijelog bora i znatna fitocenološka istraživanja, pri čemu su izdvojene (utvrđene i opisane) neke šumske zajednice bijelog bora (Stefanović, 1958a; 1958b; 1959). Istraživanja taksacionih elemenata šuma bijelog bora mogla su se zasnivati na rezultatima tih istraživanja i logično su slijedila njima.

Na kraju, ali ne manje važna, bila je činjenica da je u našoj Republici zvanični uzgojni oblik — preborno gazdovanje stablimičnog oblika — primjenjivan i na šume bijelog bora. Budući da se, zbog nepostojanja odgovarajućih domaćih istraživanja, manje vodilo računa o uzgojnim svojstvima bijelog bora a više o unifikaciji gazdovanja šumama u Republici, ovaj uzgojni oblik je, naročito kad se radi o obnavljanju — podmlađivanju sastojina bijelog bora, u našoj Republici u potpunosti promašio. Stoga je za gazdovanje šumama bijelog bora u Bosni vrlo aktuelno iznalaženje podesnog prebornog oblika gazdovanja

ili usvajanje nekih prelaznih vidova između prebornog i sastojinskog oblika gazdovanja na bazi podmlađivanja na malim površinama.

Iz izloženog proizilaze slijedeći zadaci ovog rada:

1. Utvrđivanje prosječnih (najvjerojatnijih) veličina važnijih taksacionih elemenata stabala i sastojina bijelog bora i pronalaženje njihovih međusobnih (korelacionih) veza.

2. Na osnovu rezultata tih ispitivanja i šumsko-uzgojnih osobina bijelog bora utvrđenih proučavanjem dosadašnjih istraživanja i vlastitim zapažanjima na terenu izbor najpogodnijeg uzgojnog oblika za šume bijelog bora i utvrđivanje tzv. »normalnog stanja« sastojina bijelog bora u Bosni.

Rješenja ovih zadataka značiće doprinos uspješnijem gazdovanju šuma-ma bijelog bora i korisno će poslužiti u svrhe šumsko-privrednih planiranja.

## 2. OSNOVNI MATERIJAL

### 2.1. Rasprostranjenost šuma bijelog bora u Bosni i izbor privremenih oglednih površina

Bijeli bor kao vrsta drveća ima danas areal širokog dopiranja koji je po prostranstvu veći nego ijedne druge vrste drveća.

Na području naše države šume bijelog bora nalaze se na južnom graničnom dijelu njegovog areala. One su odvojene od glavnine areala, koja čini ogromnu kompaktnu cjelinu u Evropi i Aziji i idući iz srednje Evrope na jug dopire otprilike do granice između SR Slovenije i SR Hrvatske.

Areal bijelog bora u Bosni čine tri, teritorijalno prilično odvojene, skupine njegovih nalazišta. Idući pravcem sjeverozapad — jugoistok, prvu skupinu čine nalazišta bijelog bora na području jugozapadne Bosne (u području Glamoč-Livno-Kupres do lijeve obale Vrbasa); druga skupina je znatno manja i u stvari je izolovano ostrvo u slivovima rijeka Usore i Ukraine u blizini Teslića.

Glavni i najveći dio areala bijelog bora u Bosni je treća skupina njegovih šuma, koja se pruža istočno od rijeke Bosne. Obuhvatajući cijeli sliv rijeke Krivaje i prostranu Romanijsku visoravan, ona u istočnoj Bosni (na sjeveru do linije Han-Pijesak — Žepa a na jugu do Višegrada) dopire do rijeke Drine. Odatle se nalazišta bijelog bora u neprekinutom nizu nastavljaju u SR Srbiji i Crnoj Gori. Ova, treća, skupina u Bosni, sa nalazištima u Srbiji i Crnoj Gori, predstavlja, uz nalazišta u Sloveniji, najveći dio areala bijelog bora u Jugoslaviji (Stefanović V., 1958a).

Prilikom izbora privremenih oglednih površina za ispitivanje taksacionih elemenata bijelog bora vodilo se računa o tome da u njihovom ukupnom broju budu zastupljena glavna područja njegovog areala u Bosni. Pri tome je jedino zaobidena druga skupina (područje rijeka Usore i Ukraine kod Teslića), koja i po površini i po svom privrednom značaju predstavlja neznatan dio šuma bijelog bora u Bosni.

Prva skupina (područje jugozapadne Bosne) zastupljena je sa 24 privremene ogledne površine (ili 40% od ukupnog broja oglednih površina) koje su po gospodarskim jedinicama ovako raspodijeljene:

Gospodarska jedinica »Prusačka Rijeka«: 19 privremenih oglednih površina.

Gospodarska jedinica »Škrta-Nišan«: 5 privremenih oglednih površina.

Treća skupina, i po prostranstvu i po privrednom značaju šuma bijelog bora u Bosni najvažnija, zastupljena je sa 36 (ili 60%) privremenih oglednih površina. Njihov raspored po gospodarskim jedinicama je sljedeći:

Gospodarska jedinica	Šumska uprava	Broj oglednih površina
»Donja Krivaja«	Vozuća	4
»Kaljina-Bioštica«	Sokolac	11
»Romanija-Jahorina«	Sokolac i Pale	12
»Rakitnica«	Rogatica	2
»Sjemeč«	Višegrad	7

Zbog kriterija usvojenih pri izboru oglednih površina i niza drugih praktičnih razloga, pored ostalog i zbog teškoća pri određivanju prave površine koju zauzimaju borove šume — čiste i mješovite, u pojedinim gospodarskim jedinicama broj postavljenih privremenih oglednih površina nije u potpunosti proporcionalan površinama pod bijelim borom u tim gospodarskim jedinicama.

## 2.2. Geomorfološke karakteristike osnovnog materijala

Kao vrsta prostranog areala bijeli bor pokazuje veliku raznolikost u pogledu nadmorske visine, ekspozicije i oblika terena. U Bosni, gde je on na južnoj granici svog areala koji se pretežno rasprostire u sjevernoj Evropi, bijeli bor se, kao i svaka takva vrsta drveća, penje do znatnih nadmorskih visina. Prema Stefanoviću (1958a), bijeli bor se u Bosni, »u sastojinama i većim skupinama« prostire od oko 400 m do na oko 1500 m nadmorske visine. Pretežna većina sastojina bijelog bora u Bosni nalazi se, međutim, u pojasu od 800 do 1400 m nadmorske visine.

Raspodjela oglednih površina prema nadmorskoj visini je sljedeća:

Nadmorska visina (m)	do 700	701—900	901—1100	1101—1200	1201—1300	1301—1500	Σ
Broj oglednih površina	2	7	14	13	17	7	60

I u pogledu ekspozicije bijeli bor u Bosni pokazuje pličinu raznolikost. Pa ipak, naročito ako su sastojine bijelog bora na većim nadmorskim visinama, on se nalazi pretežno na toplijim ekspozicijama: zapadnoj (W), jugozapadnoj (SW) i južnoj (S).

Raspored oglednih površina prema ekspoziciji je sljedeći:

Ekspozicija	ravno	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Σ
Broj oglednih površina:	3	1	4	4	4	13	16	12	3	60

Što se tiče inklinacije i oblika terena, Stefanović ističe da su staništa bijelog bora u Bosni »raspoređena većinom na grebenima ili zaobljenim istaknutim glavicama, kao i na prostranim otvorenim visinskim zaravnima. Uglavnom, bijeli bor se nalazi, kao vrsta koja za svoj razvoj traži dosta svjetla, na takvoj konfiguraciji terena kakva omogućava dovoljan priliv svjetla« (Stefanović, 1958a, — str. 193—195). Vlastita zapažanja na terenu ukazuju na to (pa i raspored oglednih površina s obzirom na inklinaciju terena to pokazuje) da preovlađuje uticaj eksponiranosti svjetlu nad uticajem nagiba zemljišta, tj. da sastojina bijelog bora ima na svim nagibima terena — od zaravni do najstrmijih padina.

Raspodjela oglednih površina s obzirom na inklinaciju terena je slijedeća:

Inklinacija ravno do	5°	5—10°	10—15°	15—20°	20—25°	25—30°	30—35°	Σ
Broj oglednih površina	3	9	14	5	3	8	15	3
								60

Raznolikost geološke podloge na kojoj se nalaze šume bijelog bora u Bosni je takođe znatna. U svom prilično širokom arealu bijeli bor gradi sastojine koje se nalaze na podlozi sve tri velike grupe stijena — sedimentnih, metamorfnih i eruptivnih stijena. U područjima koja su bila obuhvaćena istraživanjima sastojine bijelog bora se nalaze na: serpentinama (gospodarska jedinica »Donja Krivaja«), krečnjacima (gospodarske jedinice »Kaljina-Bioštica«, »Romanija-Jahorina«, »Sjemeč« i »Rakitnica«), verfenskim sedimentima (gospodarska jedinica »Romanija-Jahorina«), eruptivnim stijenama (kvareporfiri, dijabaz i gabro) — gospodarske jedinice »Kaljina-Bioštica« i »Sjemeč« i dolomitima (gospodarske jedinice »Prusačka rijeka« i »Škrta-Nišan«).

Ne ulazeći u detaljniju specifikaciju (naročito krečnjaka i dolomita), raspodjela postavljenih privremenih oglednih površina s obzirom na geološku podlogu (matični supstrat) je slijedeća:

Najviše oglednih površina ima na dolomitu (40%), zatim na krečnjaku (30%), na eruptivnim stijenama (oko 22%), serpentinu (oko 7%) a najmanje na verfenskim sedimentima (samo jedna ogledna površina).

### 2.3. Taksacione karakteristike osnovnog materijala

Osnovne jedinice (elementi) za ova istraživanja su, što se već iz ranijeg izlaganja moglo vidjeti, privremene ogledne površine postavljene u čistim sastojcima bijelog bora i mješovitim sastojinama bijelog bora i drugih vrsta drveća. Pa i kad se radilo o ispitivanju taksacionih elemenata stabala bijelog bora, u analize nisu ulazila pojedinačna (ili u zbiru) stabla bijelog bora nego ogledne površine kao cjeline.

Na ovom mjestu ćemo se ukratko osvrnuti na karakteristike onih taksacionih elemenata osnovnog materijala koji neće biti obrađeni u posebnom dijelu rada (pri obradi pojedinih taksacionih elemenata).

#### 2.3.1. Sklop sastojina bijelog bora

Kao izrazita (tipična) vrsta svjetlosti, bijeli bor gradi prosvijetljene sastojine, koje čak i u smjesi sa drugim vrstama drveća imaju veoma rijetko



potpuni sklop (sklop 1.0). Prilikom izbora oglednih površina nastojali smo da, po mogućnosti, budu zastupljene sastojine svih stepena sklopa (Prema našim zapažanjima stepeni sklopa 0,8 i 0,9 zastupljeni su u osnovnom materijalu većim procentom nego što je inače slučaj u ukupnoj površini šuma bijelog bora u Bosni). Sastojine bijelog bora potpunog stepena sklopa (sklop 1,0) nismo uopšte pronašli!

Raspodjela oglednih površina prema sklopu sastojina vidi se iz sljedećeg pregleda:

Stepen sklopa sastojine	≥ 0,45	0,46—	0,56—	0,66—	0,76—	0,86—	0,96—	Σ
		—0,55	—0,65	—0,75	—0,85	—0,95	—1,00	
Broj oglednih površina	1	7	21	20	10	1	0	60

ili:

Stepen sklopa sastojine	≥ 0,40	0,41—	0,51—	0,61—	0,71—	0,81—	0,91—	Σ
		—0,50	—0,60	—0,70	—0,80	—0,90	—1,00	
Broj oglednih površina	0	4	15	23	15	3	0	60
Procentualna raspodjela	0,0	6,7	25,0	38,3	25,0	5,0	0,0	100,0%

Kako se iz pregleda vidi, gotovo punih 90% oglednih površina imaju stepen sklopa između 0,51 i 0,80. Prema zapažanjima na terenu i prema nekim procjenama, ovaj procent odgovarao bi i za cjelokupnu površinu šuma bijelog bora u Bosni.

### 2.3.2. Temeljnica sastojine u m<sup>2</sup>/ha

Stepen sklopa sastojine nije, kao što je poznato, jedini pokazatelj obraslosti površine zemljišta šumskim drvećem. Za jednodobne šume taj pokazatelj se dopunjuje pojmom »obrast«. Iako se obrast i sklop ne »prate« potpuno (poznato je da sastojina može imati potpun sklop a obrast manji od »normalnog« i obrnuto), ipak je obrast dobar pokazatelj obraslosti šumske površine drvećem. Za preborne šume i prašume pojam »obrast« je neprimjenljiv, jer ne postoji razrađen metod određivanja »normalne« temeljnice sastojine.

Istraživane šume bijelog bora u Bosni po debljinskoj strukturi su jako slične jednodobnim šumama bijelog bora. Stoga ćemo ovdje izlaganje o sklopu naših borovih šuma dopuniti i podacima o rasporedu tih šuma prema temeljnici po hektaru. Naime, želimo da ukažemo na pojavu da usprkos relativno malim sklopovima te šume nisu tako slabo obrasle i da imaju znatne temeljnice po ha (što je, pored ostalog, svakako posljedica prašumskog porijekla i karaktera tih sastojina).

Raspodjelu oglednih površina prema ukupnoj temeljnici po ha daćemo i po gospodarskim jedinicama, jer je karakteristična za pojedina šumska područja. Ta raspodjela je sljedeća:

Temeljnica u m<sup>2</sup>/ha

Gospodarska jedinica	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55	56—60	61—65	Ukupno
----------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

Broj oglednih površina

»Romanija—											
Jahorina«	—			2	1	3	3	1	2		12
»Kaljina—											
Bioštica«		2	—	1	5	—	1	1	1		11
»Sjemeč i											
»Rakitnica«		—	2	—	1	4	2	—	—		9
»Prusačka rijeka«											
i Škrta-Nišan«	1	—	2	1	3	6	3	3	3	2	24
»Donja Krivaja«	—	1	1	1	—	1	—	—	—	—	4
Za sve gospodarske jedinice:	1	3	5	5	10	14	9	5	6	2	60

Prosječna temeljnica po ha (za sve ogledne površine) je 42,5 m<sup>2</sup>/ha a prosječni bonitet 2,8.

Ako se, orijentacije radi, ova temeljnica uporedi sa temeljnicom za normalne šume bijelog bora iz prinostnih tablica Gerharđa (bijeli bor sa srednjom preredom), vidjeće se da je prosječna temeljnica po ha naših oglednih površina veća za oko 11<sup>0</sup>/<sub>0</sub> od temeljnice najstarije sastojine bijelog bora I-og bonitetnog razreda!

Prosječni omjer smjese bijelog bora u našim oglednim površinama iznosi 0,70, a neke od primiješanih vrsta (smrča, jela, javor gluhač) zauzimaju, po pravilu, samo donje etaže sastojina bijelog bora, što dovodi do boljeg iskorišćavanja prostora i, prema tome, do veće temeljnice po ha. Stoga ćemo prikazati i raspodjelu čistih sastojina bijelog bora prema temeljnici po ha. Ta raspodjela izgleda ovako:

Temeljnica sastojine u m <sup>2</sup> /ha	16—25	26—35	36—45	46—55	56—65	Σ	Prosjek m <sup>2</sup> /ha
Broj oglednih površina	2	3	7	2	1	15	38,3

I u čistim sastojinama bijelog bora u Bosni prosječna temeljnica (38,3 m<sup>2</sup>/ha) uz bonitet staništa koji iznosi 3,4 je velika kao temeljnica 130-godišnje sastojine bijelog bora I-og boniteta (sa srednjom preredom) navedenih tablica!

2.3.3. Sastav šuma bijelog bora (po vrstama drveća) u Bosni

Na području Bosne nalazimo i čiste sastojine bijelog bora i mješovite sastojine bijelog bora i drugih vrsta drveća. U mješovitim sastojinama naj-

češće primjese bijelog bora su smrča, jela i crni bor, ali nekada znatnu primjesu čine i hrastovi (lužnjak, cer i kitnjak), bukva, jasika, breza, javor gluhač i dr. Postavljene ogledne površine obuhvataju kako čiste sastojine bijelog bora tako i mješovite sastojine bijelog bora i drugih vrsta drveća. Primiješane vrste (izuzev crnog bora), po pravilu čine drugi sprat u šumama bijelog bora; veoma rijetko su krošnje stabala primiješanih vrsta, naročito smrče i jela, u nivou krošanja bijelog bora. Uvid u sastav oglednih površina po vrstama drveća daje sljedeća raspodjela oglednih površina:

Gospodarska jedinica	Udio bijelog bora u zapremini sastojine (%)										Σ	Najčešće vrste drveća u smjesi
	6-15	16-25	26-35	36-45	46-55	56-65	66-75	76-85	86-95	96-100		
<b>Broj oglednih površina</b>												
»Romanija-Jahorina«	—	—	—	—	—	2	2	3	4	1	12	smrča, jela
»Kaljina-Bioštica«	—	—	1	—	2	—	2	2	2	2	11	smrča, jela, hrast
»Sjemeč« i »Rakitnica«	1	—	1	—	—	—	1	2	2	2	9	smrča, jela i crni bor
»Prusačka rijeka« i »Škrta-Nišan«	1	2	1	—	3	2	2	1	2	10	24	crni bor, smrča, javor gluhač, brekinja, jela
»Donja Krivaja«	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	4	crni bor, hrast
Ukupno	5	3	3	—	5	4	7	8	10	15	60	

Sasvim je razumljivo da se na raspored oglednih površina prema procentu bijelog bora u zapremini sastojine (omjeru smjese) nije moglo u potpunosti uticati prilikom izbora oglednih površina (zbog naknadnog određivanja zapremine sastojine). Pri izboru smo nastojali da u sastojini preovlađuje bijeli bor a ogledne površine u kojima bijelog bora ima ispod 50% postavljene su zato da bi se šire obuhvatili neki drugi elementi koji su pri izboru uzimani u obzir, o čemu će biti govora u poglavlju o metodici rada.

Ako se sve ogledne površine razvrstaju prema omjeru smjese nešto drugačije nego u navedenom pregledu (podaci o omjeru smjese za pojedine ogledne površine dati su u tabeli II — priloga), onda je njihova raspodjela sljedeća:

Sa omjerom smjese bijelog bora (dio zapremine bijelog bora u zapremini sastojine) do 10% ima svega 2 ogledne površine, sa 11—50% bijelog bora ima 12 (ili 20%) oglednih površina, sa 51—90% bijelog bora 22 (ili oko 37%) i sa 91—100% 24 (ili 40%) oglednih površina. Potpuno čistih sastojina bijelog bora ima 6 (ili 10%).

### 2.3.4. Bonitet staništa (sastojina bijelog bora)

Pri izboru privremenih oglednih površina nastojali smo obuhvatiti, što je više moguće, variranja s obzirom na bonitet staništa bijelog bora. Kako smo pri tome izboru bonitet staništa procjenjivali na osnovu visina stabala bijelog bora, posao se u stvari svodio na obuhvatanje variranja visina u datom području istraživanja. Zbog činjenice da su ekstremna (najbolja i najlošija) staništa u odnosu na srednja za svaku vrstu drveća znatno manje zastupljena, naše nastojanje da u svakom području obuhvatimo i ekstremna staništa dovelo je do toga da su ogledne površine tih staništa proporcionalno više zastupljene u osnovnom materijalu nego na terenu.

Raspodjela oglednih površina prema bonitetu staništa bijelog bora je sljedeća:

Bonitet staništa	≥0,4	0,5—1,4	1,5—2,4	2,5—3,4	3,5—4,4	4,5—5,4	Ukupno
Broj oglednih površina	4	6	11	20	13	6	60

Ranija istraživanja za jelu, smrču i bukvu (Matić, 1955) pokazala su da, uzimajući Republiku kao cjelinu, površine šuma ovih triju vrsta drveća prema bonitetu staništa imaju gotovo normalan (Gausov) raspored. Ako se ima u vidu da raspored površina po bonitetu staništa zavisi u stvari od načina kako je izrađena dispozicija bonitetnih razreda, onda ima dovoljno vjerovatnoće za pretpostavku da i za šume bijelog bora (za koje nema odgovarajućih istraživanja) postoji isto tako normalan (ili bar binomski) raspored površina za čitavu Bosnu.

Kakav je odnos između stvarnog rasporeda naših oglednih površina prema bonitetima staništa i normalnog rasporeda vidi se iz sljedećeg upoređenja:

Bonitet staništa	≥0,4	0,5—1,4	1,5—2,4	2,5—3,4	3,5—4,4	4,5—5,4	Ukupno
Broj oglednih površina u %	6,7	10,0	18,3	33,3	21,7	10,0	100,0%
Normalni raspored oglednih površina*	0	3,45	23,84	45,14	23,84	3,45	99,72%

Odstupanja od normalnog rasporeda nastupila su, kao što je već rečeno, zbog namjernog povećanja broja oglednih površina ekstremnih boniteta staništa. Postojanje oglednih površina izvan bonitetne dispozicije (boniteta ≥0,4) objasniće se u poglavlju o visinama stabala.

\* Ovaj raspored oglednih površina osniva se na pretpostavci da širina bonitetnog snopa (od 0,5 do 5,5 bonitetnog razreda) odgovara širini  $6s$  ( $s$  = standardna devijacija) koja u normalnom rasporedu obuhvata 99,72% svih elemenata skupa.

### 3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

U poglavlju »Osnovni materijal« naveli smo da je areal bijelog bora po prostiranju veći nego i jedne druge vrste drveća u nas. Areal bijelog bora prostire se gotovo preko cijele Evrope i sjeverne Azije sve do područja Amura. U Evropi je bijeli bor uz smrču najraširenija vrsta drveća. Na sjeveru Evrope prelazi preko 70<sup>o</sup> sjeverne širine, a na njenom jugu, gdje postaje izrazito planinska vrsta, nalazi se na Kavkazu i Krimu i na planinama Balkanskog, Apeninskog i Pirinejskog poluostrva.

Bijeli bor je uz to vrsta drveća koja se karakteriše izvanredno velikom ekološkom amplitudom i plastičnošću. U sjevernim predjelima i u planinama, gdje se bijeli bor nalazi u svom optimalnom ambijentu, utvrđeni su brojni varijeteti bijelog bora, klimatipovi, ekotipovi i biotipovi.

Zbog vrlo širokog područja rasprostranjenosti, nekih šumsko-uzgojnih osobina (podesnosti za pošumljavanje čistina, brzog rasta, kvaliteta drveta itd.) bijeli bor igra značajnu ulogu u šumarstvu mnogih evropskih zemalja. Navešćemo o tome samo nekoliko podataka bez pretenzija da damo iscrpan i sistematski pregled o značaju ove vrste drveća u šumarstvu evropskih zemalja, jer to ne spada u zadatak ovog rada.

U Poljskoj je, npr., preko 70% šumske površine obraslo sastojinama bijelog bora (Chojnacki W., 1964). Prema Y. Ilvesalou, čiste borove sastojine su najčešći tip sastojina u Finskoj. Sastojine u kojima primiješane vrste drveća ne prelaze svojom zapreminom 15% od ukupne zapremine sastojine čine oko 20% produktivne šumske površine u južnoj polovini zemlje (Nyysönen A., 1954). Iako nije autohton, bijeli bor je jedna od najvažnijih vrsta drveća u belgijskom šumarstvu (M. van Miegroet — F. Janssens, 1956). U NR Bugarskoj, prema podacima inventure šumskog fonda za 1956. godinu, bijeli bor zauzima 53% površine svih četinarskih šuma (Nedjalkov, S. T. Šikov K., 1959). Značaj bijelog bora u šumarstvu Njemačke i evropskog dijela SSSR-a te nekih drugih evropskih zemalja u kojima je isto tako razvijeno šumarstvo i kao naučna djelatnost i kao privredna grana — velik je i opštepoznat. O značaju šuma bijelog bora u šumarstvu naše Republike već smo naveli neke podatke u poglavlju »Zadatak rada«. Neki stariji statistički podaci o površinama šuma bijelog bora (čistih i mješovitih) i zalihama borovog drveta za bivšu Dravsku banovinu (Novak V., 1934) pokazuju da i u SR Sloveniji ima oko 6,000.000 m<sup>3</sup> drveta bijelog bora.

Navedeni podaci o rasprostranjenosti i značaju bijelog bora za šumarstvo evropskih zemalja, iako fragmentarni, upućuju na zaključak da i naučna istraživanja bijelog bora moraju biti i veoma obimna i veoma raznolika. Pa iako smo zadatkom rada ograničeni na svega dva područja istraživanja, prvo, na istraživanja koja se odnose na taksacione elemente stabla i sastojine i, drugo, na istraživanja koja se bave izborom najboljeg uzgojnog oblika i podmlađivanja bijelog bora, eventualni spisak dosadašnjih radova bio bi praktično beskonačan a pregled i ocjena svih tih radova i nemogući a i nesvršishodni. U veoma dokumentovanom radu o problemu prirodnog podmlađivanja bijelog bora, čiji izvod samo najvažnije literature sadrži 86 jedinica (članaka i rasprava), A. Olberg kaže o tom pitanju sljedeće: »Uzgojnom obliku šuma bijelog bora posvećena je gotovo nepregledna literatura, jer rasprave o tome koje

traju više od dva stoljeća nisu se još smirile« (A. Olberg, 1957). Slično bi se moglo reći i o dosadašnjim istraživanjima taksacionih elemenata stabla ili sastojina bijelog bora. Na širokom prostoru od juga do krajnjeg sjevera Evrope, a naročito u zemljama srednje i sjeverne Evrope, vršena su brojna i obimna istraživanja taksacionih karakteristika ove široko rasprostranjene vrste drveća.

U ovom pregledu mi ćemo se iz nepreglednog niza radova o pitanju podmlađivanja i izbora uzgojnog oblika ograničiti na one radove koji obrađuju pitanje prirodnog podmlađivanja bijelog bora a naročito ako se radi o prebornom obliku gazdovanja, a u pogledu radova koji se bave istraživanjem taksacionih elemenata ograničićemo se na glavnije, poznatije radove, specijalno na one u kojima su korišćeni metodi matematičke statistike.

S obzirom na relativno mali broj radova koji su o tim pitanjima objavljeni u nas, a naročito do početka naših istraživanja, ovdje ćemo dati pregled svih nama poznatih radova o bijelom boru objavljenih u našoj zemlji a koji se odnose, u većoj ili manjoj mjeri, na probleme koje obrađuje ovaj rad. Obimnu inostranu literaturu razmatraćemo grupisanu u dvije grupe: u jednoj ćemo svrstati one radove koji u potpunosti ili pretežno obrađuju taksacione elemente, a u drugoj one čije je težište na izboru prebornog uzgojnog oblika, odnosno na prirodnom obnavljanju sastojina bijelog bora. Pri tome ćemo, kako pregled domaće literature tako i strane, izvesti uglavnom hronološkim redom — prema vremenu objavljivanja rada.

### 3.1. Istraživanja taksacionih elemenata i problema obnavljanja šuma bijelog bora u nas

Sve do početka pedesetih godina ovog stoljeća radova o bijelom boru u nas gotovo i nema. Najstariji nama poznati rad je članak V. F u k s e »Nešto o boru kod nas« (Šumarski list, 1902). U članku autor ustaje protiv sadnje bora na terenima Đurđevačke imovne opštine gdje dotadani rezultati sadnje bora nisu bili dobri.

Više od deset godina kasnije N. P l e š a objavljuje, takođe u Šumarskom listu, slobodan prevod članka T i e m a n n a (štampanog u Fortswissenschaftliche Centralblatt, 1912) pod naslovom »Uzgoj mješovitih sastojina od smreke i bukve, te od bora i bukve« (Šumarski list, 1914). Autor se zalaže za uzgoj mješovitih sastojina, a u dijelu članka koji se odnosi na uzgoj mješovitih sastojina bora i bukve ističe da je »svetloljubeći bor u cjelosti slabo sposoban za naravno podmlađivanje... te je podmlađivanje sa čistom sječom — najrašireniji oblik uzgoja« (o. c., str. 41).

Čitavih dvadeset godina kasnije nailazimo na treći rad o bijelom boru u nas. To je članak V. N o v a k a »Pomen borovja v Dravski banovini« (Šumarski list, 1934). Napisan na osnovu poznavanja stručne literature i obimnih statističkih podataka, koje je autor crpio iz godišnjih izvještaja šumarskog odsjeka tadašnje banske uprave u Ljubljani, ovaj rad predstavlja ozbiljan prilog poznavanju značaja bijelog bora u našem šumarstvu. Pri tome je dosta pažnje poklonjeno uzgojnim osobinama bijelog bora i nekim biljnogeografskim razmatranjima o porijeklu i tipovima borovih šuma u tadašnjoj banovini i u Evropi.

Posmatrano sa našeg stanovišta, interesantni su navodi Novaka u pogledu uzgojnog oblika i načina obnavljanja šuma bijelog bora. Prema tim podacima, većinom borovih šuma, naročito onih u vlasništvu malih posjednika, gazduje se prebornim oblikom gazdovanja a podmlađivanje (obnavljanje) vrši se prirodnim putem. Od interesa su takođe veoma povoljne ocjene mješovitih sastojina bora i smrče, iako je autorovo mišljenje da je lakše unošenje bijelog bora u smrčeve sastojine nego obratno veoma sporno ili, u najmanju ruku, važi samo lokalno za specijalno suva i topla staništa bijelog bora.

Poslije članka V. Novaka u našoj stručnoj literaturi opet nema radova o bijelom boru gotovo čitavih petnaest godina. Ipak iz tog perioda treba spomenuti jedno značajno djelo šumarske nauke objavljeno u nas. Riječ je o prevodu knjige G. F. Morozova »Nauka o šumi«. U toj knjizi, u poglavlju »Biološke osobine nekih vrsta drveća«, naučno a uz to i veoma koncizno i interesantno obrazložene su uzgojne karakteristike bijelog bora, a naročito njegova »dvostruka biološka fizionomija; bijeli bor je i glavna šumska vrsta, ali je on i pionir šume — već prema uslovima u kojima se nalazi« (o. c., str. 184).

Period u kome nailazimo samo na nekoliko radova o bijelom boru u nas završava se krajem četrdesetih godina. Pri kraju ovog perioda objavljena su dva rada o bijelom boru. U »Gozdarskom vestniku« za 1947. godinu obavljen je kraći članak F. Jurhara: »Zbolišajmo borove sestojke«. U članku se, pored ostalog, upozorava na činjenicu da su najnovija taksaciona mjerenja pokazala da je površina borovih šuma u Sloveniji mnogo veća nego što su dotadašnje statistike pokazivale i da je preko 90% površina borovih šuma vlasništvo malih seoskih posjednika. Autor upozorava na neznatan prirast, naročito čistih sastojina bijelog bora u Sloveniji, i zalaže se za uzgoj mješovitih sastojina bijelog bora i smrče, bukve, kestena itd. u kojima primjese pospješuju rast bora i dovode do poboljšanja tla.

Drugi rad iz ovog perioda je za nas još interesantniji, jer je taksacione prirode. U »Malom šumarsko-tehničkom priručniku« (Zagreb, 1949) objavljene su zapreminske tablice za bor (crni i bijeli). U ovim tablicama, koje su izrađene na osnovu tablica Grundner-Schwappacha, imamo po prvi put objavljene podatke o prosječnim visinama stabala bora u Bosni u vidu snopa od pet bonitetnih razreda. Tablice su izrađene 1938. godine pod rukovodstvom S. Šurića a po podacima sakupljenim prilikom taksacionih radova u Bosni.

Pedesetih godina nastupa period u kome se u našoj stručnoj literaturi znatno više i češće pojavljuju radovi o bijelom boru. Najčešće su to radovi koji se odnose na istraživanje taksacionih karakteristika kultura bijelog i crnog bora a onda i radovi o problemu borovih šuma u nas s gledišta njihovog obnavljanja te neki prikazi ili prevodi stranih stručnih radova o bijelom boru.

Istraživanjem taksacionih elemenata kultura bijelog bora u nas bavi se nekoliko autora.

Lj. Marković objavljuje o tome dva rada: »Razvoj sastojina crnog i belog bora na Avali od 1946. do 1950. i ogledi proređivanja u njima« (Marković, 1953) i »Proučavanje razvoja veštački podignutih sastojina nekih vrsta četinarara na Avali« (Marković, 1950). S obzirom na to da se ova istraživanja odnose na kulture bijelog bora a ne na njegove prirodne sastojine koje su objekt naših istraživanja, ovdje ističemo samo dva zaključka: o potrebi nje-

govanja sastojina već od rane mladosti i o manjoj podesnosti bijelog bora u odnosu na crni bor za pošumljavanje golih terena u tom području Srbije.

O kulturama bijelog (i crnog) bora na istom području piše i S. Radulović u članku »Rezultati proučavanja razvoja crnog i belog bora na staništu kitnjak-grab na Avali i ogledi proreda u njihovim sastojinama« (Šumarstvo, 1957). Pri tome, što se tiče našeg problema, autor dolazi do istih zaključaka kao i Lj. Marković — ističući nadmoćnost crnog bora nad bijelim na staništu kitnjak-grab i podvlačeći značaj rano započetih proreda za heliofite uopšte, odnosno za bijeli bor. Autor se pri tome poziva na francuza A. Prouda koji »izričito naglašava da prorede moraju predstavljati bezuslovnu meru nege belog bora, još u njegovoj ranoj mladosti. U kulturama treba sa njima otpočeti već od njihove desete godine«. (Radulović, 1957).

Nekoliko godina kasnije o istim kulturama piše i D. Vrcelj-Kitić u članku »Crni bor, beli bor, duglazija i evropski arš u kulturama na brdu Avali kod Beograda« (Narodni šumar, 1964). Na osnovu analize srednjih stabala u članku se daje analiza rasta i prirasta ovih kultura odnosno navedenih vrsta drveća.

Taksaciona istraživanja kultura bijelog bora vršena su i u Makedoniji i u Bosni. U Makedoniji je ta istraživanja objavio M. Goguševski u radu »Komparativno proučavanje na taksacionite elementi kaj beliot i crniot bor vo kulturite na »Krusino« kaj Kićevo« (Godišen zbornik na Zemjodelsko-šumarskiot fakultet, Skopje, 1958).

U Bosni su o kulturama bijelog bora pisali K. Pintarić i R. Čurić. K. Pintarić u članku »Evropski arš (*Larix decidua* Mill.) u kulturi Boguševac na Trebeviću kod Sarajeva« (Radovi Šumarskog fakulteta..., br. 4, Sarajevo, 1959) na osnovu analize srednjih stabala vrši upoređenje rasta i prirasta bijelog bora, arša i crnog bora u navedenoj kulturi. R. Čurić se u svom članku »Taksacioni elementi nekih kultura crnog i bijelog bora na području sjeverne Bosne« (Narodni šumar, 1963; dodatak u Narodnom šumaru, 1964), takođe na osnovu analize srednjih stabala, bavio upoređenjem taksacionih elemenata stabala bijelog bora i crnog bora i, između ostalog, za razliku od nalaza za kulture na Avali, dolazi do zaključka o nadmoćnosti bijelog bora nad crnim na ispitivanim staništima sjeverne Bosne.

Pitanju obnavljanja i proširenja borovih šuma u nas bilo je takođe posvećeno znatno više pažnje u periodu poslije 1950. godine nego ranije. U ovom periodu objavljen je veći broj članaka, originalnih i prevedenih.

U članku A. Panova »O fiziološkoj zrelosti bora kod nas« (Godišnjak Biološkog instituta — Sarajevo, 1948) iznosi se pored ostalog i zaključak da fiziološka zrelost bora kod nas nastupa između 10—25 godina starosti, što se razlikuje od dosada upotrebljivanih i iz njemačke literature preuzetih podataka. Nalaz je značajan i stoga što predstavlja još jedan dokaz da inostranu literaturu o bijelom boru treba obazrivo koristiti u našim prilikama.

U članku Lj. Markovića »O unapređenju i proširenju naših borovih šuma i njihovom racionalnom iskorišćavanju« (Šumarski list, 1950), pored nekoliko opštih konstatacia o rasprostranjenju i značaju borova kod nas, pa i bijelog bora, pretežno se govori o značaju borova za obezbjeđenje smole isjemenja za vještačka pošumljavanja.



Prikaz interesatnog članka L. Guillota, objavljenog u »Revue forestière française« No 2/1950. pod naslovom »Beli bor u evoluciji šumskih sastojina« (Šumarstvo, 1950), ukazuje na interesantne zaključke do kojih je autor došao:

Pošumljavanje borovima sa šumarskog gledišta dolazi u obzir u dva slučaja: 1. na prirodnim staništima bora, gdje će on biti glavni element pseudo-klimaksne (»pseudo« zato što je vještački unesen) šume i 2. kao pretkultura u cilju melioracije zemljišta i stvaranja uslova za kasnije obrazovanje klimaksne šume drugih vrsta drveća.

U svom članku »Na oranicama se najviše i najuspješnije prirodno zašumljava« (Šumarstvo, 1951) M. Milošević-Brevinac konstatuje da se u predjelu borovih šuma u Studenici na napuštenim oranicama bijeli bor pojavljuje kao pionirska vrsta, ili sam ili zajedno s klekom odnosno poslije nje, i da emjena: borova šuma — oranica — borova šuma nije rijetka pojava u Studenici. Ovaj nalaz autora slaže se s našim zapažanjima o porijeklu znatnog dijela postojećih borovih šuma u Bosni i od značaja je za izbor načina pošumljavanja koji predlažemo u ovom radu.

Na osnovu rezultata istraživanja na 15 oglednih površina u mladim borovim sastojinama Harkovske oblasti G. Šahov u članku »Uzgojne sječe u borovim sastojinama na bazi obrasta« (prevod u Narodnom Šumaru, 1952) podvrgava kritici dosadašnje metode ocjene rezultata uzgojnih sječa na osnovu intenziteta uzgojne sječe u procentima zapremine sastojine prije sječe i predlaže da se ocjena rezultata uzgojnih sječa u borovim sastojinama vrši na osnovu promjene prosječne stajališne površine stabala.

Članč M. Glišića »Problem pošumljavanja šumskih požarišta« (Šumarstvo, 1955) i »Šumski požar kao ekološki faktor u obezbeđenju prirodnog podmlađivanja borovih šuma« (Saopštenja Instituta za šumarska istraživanja NR Srbije, 1956) su interesantni naročito posljednji.

O problemu obnavljanja šuma bijelog bora raspravlja se i u sljedećim radovima:

U svom članku »Šume crnog bora i problem njihove obnove« (Narodni šumar, 1955) A. Panov pokušava da odgovori na pitanje zašto pod borovim sastojinama nema podmlatka odnosno zašto se borove šume same od sebe tako sporo regenerišu. Članak se pretežno odnosi na crni bor, ali se navode i podaci o obnavljanju sastojina bijelog bora. Pri tome su interesantni navodi o uspjelom prirodnom podmlađivanju bijelog bora na bivšim krčevinama. Mi smo prilikom terenskih radova zapazili više primjera uspjelog prirodnog podmlađivanja bijelog bora na napuštenim krčevinama, oranicama, livadama, pa čak i na šumskim putevima. Svi ti primjeri upućuju na zaključak da je za uspješnu (prirodnu ili vještačku) obnovu sastojina bijelog bora potrebna prethodna priprema zemljišta.

Iako se članak M. Jeftića »Zamena vrsta u borovim kulturama i sastojinama« (»Šumarstvo«, 1962) pretežnim dijelom odnosi na crni bor, za nas je on interesantan zbog prijedloga da se problem izostanka prirodnog obnavljanja sastojine bijelog bora u nekim slučajevima rješava zamjenom vrsta: »Zamena vrsta može biti takođe aktuelna i u prirodnim šumama crnog pa i bijelog bora na dubljim zemljištima, prvenstveno u zrelijim sastojinama, gdje je izostalo prirodno podmlađivanje« (o. c., str. 387).

U prikazu članka Palla E. »Prirodno podmlađivanje sastojina belog bora u Góčseju«, objavljenog u Šumarstvu, 1957, pored ostalog je navedeno i sljedeće: »Preduslov za prirodnu obnovu borovih sastojina jeste ravnomerno, srazmerno urodu semena, rahljenje zemljišta, sa naknadnom punom obradom zemljišta u rano proleće. Cilj obrade zemljišta jeste odstranjivanje površinskog sloja sirovog humusa«. Naša zapažanja na terenu i proučavanje literature potvrđuju nalaz ovog autora.

U periodu poslije 1950. godine u našoj stručnoj literaturi objavljen je znatan broj radova o bijelom boru koji su biljnosociološkog odnosno biljno-geografskog karaktera. Navešćemo neke od njih:

Rajeovski L.: »Borove šume u predjelima od Mokre Gore do rijeke Uvac« (Zbornik radova SAN, knj. XI, Beograd, 1951);

Lintner V.: »Borove šume okoline Priboja na Limu i Divčibara na Maljenu« (Zbornik radova SAN, knj. XI, Beograd, 1951);

Horvat I.: »Zanimljiv nalaz samonikle borove šume pod Obručem« (Biološki glasnik, Zagreb, 1956);

Horvat I.: »Prilog poznavanju borovih i smrekovih šuma Male Kapele« (Šumarski list, Zagreb, 1958);

Stefanović V.: »Areal prirodnog rasprostranjenja bijelog bora (*Pinus silvestris* L.) u N. R. BiH« (Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta br. 3, Sarajevo, 1958);

Stefanović V.: »Zajednica bijelog bora (*Pinetum silvestris dinaricum* prov.) i neke njene karakteristike na području zapadne Bosne« (Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta br. 3, Sarajevo, 1958);

Stefanović V.: »Tipovi šuma bijelog bora na području krečnjaka istočne Bosne« (Doktorska disertacija, Sarajevo, 1959). —

Radovi Stefanovića odnose se na bijeli bor u Bosni i poslužili su nam kao osnova pri izboru područja istraživanja i pri postavljanju oglednih površina za naša istraživanja.

Pored izdvajanja i definisanja biljnih zajednica bijelog bora i utvrđivanja njegovog areala u Bosni, što im je glavni zadatak, za nas je posebno interesantno i pitanje uzgojnog oblika borovih šuma o kome Stefanović raspravlja u svojoj disertaciji. U poglavlju »Neke šumsko uzgojne napomene« Stefanović je za zajednicu *Piceeto — Pinetum illyricum*, u stvari za mješovite šume bijelog bora i smrče, predložio oplodnu sječu na malim površinama (krpe ili pruge) i prirodno podmlađivanje, dok je za šumu bijelog bora, koju je definisao kao trajni stadij u razvoju vegetacije na krečnjaku (*Pinetum illyricum calcicolum*), predložio da bude strogo zaštitnog karaktera a samo za sastojine subasocijacije »*stryetosum*« da »sječa mora da bude veoma slabog intenziteta na principu prebornog gospodarenja«. Nije ništa rečeno kako se zamišlja obnavljanje tih sastojina.

Ovaj pregled naše stručne literature završićemo navođenjem nekoliko radova koji se ne odnose na bijeli bor, ali su po prirodi zadatka i primijenjenom metodu usko povezani s našim istraživanjima.

Najprije, to je disertaciona teza D. Mirkovića »Normalne visinske krive za hrast kitnjak i bukvu u NRS« (Glasnik Šumarskog fakulteta broj 13, Beograd, 1958). U ovom radu primijenjen je korelacioni račun, što je u to vrijeme veoma zapažena novina u taksacionim istraživanjima u nas.

Po primijenjenom metodu obrade — upotrebi višestruke korelacije i regresionih analiza pri istraživanju taksacionih elemenata — još uže su naša istraživanja povezana sa radovima članova Katedre za uređivanje šuma Šumarskog fakulteta u Sarajevu. To su sljedeći radovi:

V. Matić: »Taksacioni elementi prebornih šuma jele, smrče i bukve na području Bosne« (Radovi Šumarskog fakulteta... br. 4, Sarajevo, 1959);

V. Vukmirović: »Prirast i drugi taksacioni elementi šuma hrasta kitnjaka u Bosni« (Radovi Šumarskog fakulteta... br. 8, Sarajevo, 1963);

P. Drinić: »Taksacione osnove za gazdovanje šumama crnog bora u Bosni« (Radovi Šumarskog fakulteta... br. 8, Sarajevo, 1963).

Na osnovu ovih radova i naših istraživanja taksacionih elemenata bijelog bora izrađene su i objavljene »Tablice taksacionih elemenata visokih šuma jele, smrče, bukve, bijelog bora, crnog bora i hrasta kitnjaka na području Bosne« (Matić i dr., Sarajevo, 1963).

Zbog primjene istog osnovnog metoda pri obradi i zbog toga što su nam šira područja istraživanja ista, te što sve istraživane vrste međusobno često čine mješovite sastojine, moguće su uporedne analize dobijenih rezultata i njihove šire ocjene. Stoga su ovi radovi češće nego ostali citirani u našem radu i na ovom mjestu neće biti posebno tretirani.

### 3.2. Značajnija inostrana istraživanja taksacionih elemenata bijelog bora

Među značajnijim radovima o taksacionim karakteristikama bijelog bora treba svakako najprije navesti rad E. Lönrötha »Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbeständen« (Acta forestalia fennica, № 30, 1925). Ovaj disertacioni rad je prva važnija studija mogućnosti primjene matematičke statistike pri istraživanju strukture i prirasta sastojina. Autor utvrđuje varijabilnost i disperziju pojedinih strukturnih elemenata u raznim tipovima borovih šuma Finske i primjenjuje matematičko-statističke testove pri određivanju homogenosti ispitivanih statističkih nizova.

I jedan drugi disertacioni rad obrađuje, pored ostalog, i strukturu sastojina bijelog bora. To je rad G. Mitscherlicha »Sortenertragstabellen für Kiefer, Buche und Eiche« (Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, X Jahrgang, Hannover, 1939). Osnovni zadatak autora ovog obimnog rada bio je izrada sortimentnih tablica za stabla i sastojine navedenih vrsta drveća. Za naša istraživanja su od interesa autorovi rezultati istraživanja deblijske i zapreminske strukture jednodobnih borovih sastojina (Pri procjenjivanju najjačih prečnika normalnih sastojina, koristili smo autorove tzv. normalne frekvencijske krivulje).

Istraživanjem zavisnosti između strukture (izgradnje) krošnje, količine lišća i veličine i kvaliteta prirasta bijelog bora i drugih vrsta drveća bavio se i H. Burger. Rezultate tih istraživanja objavio je u nizu saopštenja pod istim naslovom »Holz, Blattmenge und Zuwachs«.

Na bijeli bor odnose se sljedeći radovi Burgera:

»Zuwachs und Nadelmenge bei verschiedenen Föhrenrassen« (Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1936);

»Holz, Blattmenge und Zuwachs. III Mitteilung. Nadelmenge und Zuwachs bei Föhren und Fichten verschiedener Herkunft« (Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, XX, 1937—1938);

»Holz, Blattmenge und Zuwachs. V Mitteilung. Fichten und Föhren verschiedener Herkunft auf verschiedenen Kulturorten« (Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, XXII, 1941—1942);

»Holz, Blattmenge und Zuwachs. IX Mitteilung. Die Föhre« (Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen XXV, 1947—1948).

Od navedenih, za naša istraživanja je od većeg interesa samo IX saopštenje. U prvom dijelu tog rada obrađuju se tehnička svojstva drveta bijelog bora, a drugi dio se odnosi na istraživanja zavisnosti između nekih karakteristika krošnje i veličine prirasta stabla i sastojine (jednodobne). Neke od rezultata iz tog dijela korist ćemo na odgovarajućim mjestima u našem radu.

Pitanje odnosa između krošnje stabla i prirasta bijelog bora obrađuje se i u radu E. Badoxa »Relations entre le développement de la cime et l'accroissement chez le pin sylvestre—Contribution à l'étude de l'éclaircie« (Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, XXIV, 1944—1945).

Autor ove obimne studije (disertacije) odgovara na pitanje kakav je odnos između prirasta stabla bijelog bora i razvitka njegove krošnje. Cilj istraživanja autor je detaljnije izložio sljedećim riječima: »Kakav odnos postoji u sastojinama bijelog bora različite starosti porijekla i sastava, između tekućeg prirasta (temeljnice, krupnog drveta i cijelog stabla) s jedne strane i površine pokrivene krošnjom, zapremine krošnje, omotača krošnje, težine grančica i težine lisnate mase (iglica) s druge strane?« (o. c., str. 424).

Osnovni materijal za ta istraživanja bili su podaci mjerenja 2126 stabala bijelog bora na 12 oglednih površina raspoređenih u četiri grupe. Istraživanja se odnose na taksacione elemente stabla bijelog bora, ali se neki rezultati i zaključci prenose i na sastojinu kao cjelinu. O rezultatima i zaključcima ovih istraživanja biće govora u odgovarajućim poglavljima našeg rada.

Prilog nauci o proredama predstavljaju i istraživanja A. Nyssöna o uticaju različitih načina proreda na strukturu i veličine taksacionih elemenata sastojina bijelog bora u Finskoj, objavljena u radu »On the structure and development of finnish pine stands treated with different cuttings« (Acta forestalia fennica, № 60, 1954). Istraživanja su ograničena na jedan tip sastojina, na čiste jednodobne sastojine bijelog bora u centralnom dijelu južne polovine Finske, ali obuhvataju tri tipa šumskih staništa karakterističnih za ove sastojine (tzv. *Myrtillus*, *Vaccinium* i *Calluna tip* — Mt. VT i CT prema *Cajanderu*). U radu se tretiraju uticaji različitih načina prorednih sječa na taksacione elemente sastojine: broj stabala, srednji prečnik, temeljnicu, visine stabala, dužinu krošnje, kvalitet zalihe, oblik stabla (vitkost), zapreminu, zapreminski prirast (određen na osnovu procenta prirasta sastojine) i raspodjelu zalihe i prinosa po debljinskim klasama.

Autorovo mišljenje da »pošto srazmjerno intenzivan prirast izgleda nije ograničen samo na najdeblja stabla sastojine, šumaru se pruža prilika favorizovanja kvalitativno najboljih jedinki u sastojini nezavisno od njihove debljine« (o. c., str. 194) za nas je interesantno kao argument za primjenu selektivnih

prebornih proreda u borovim sastojinama prilikom njihovog prevođenja u preborni oblik gazdovanja.

Iz finske literature o bijelom boru navodimo, kao interesantne za naša istraživanja, još i sljedeće radove:

— Ilvessalo Y.: »On the correlation between the crown diameter and the stem of trees« (Communicationes Instituti forestalis Fenniae, №38, Helsinki, 1950).

U radu autor odgovara na pitanje u kojoj mjeri se mogu procjeniti prečnik i zapremina stabla na osnovu prečnika krošnje i visine stabla. Na osnovu mjerenja prsnog prečnika stabla, najvećeg prečnika krošnje i njemu odgovarajućeg prečnika stabla te ukupne visine stabla na oborenim stablima bijelog bora, breze i smrče vršene su analize sljedećih korelacionih veza: između maksimalnog prečnika krošnje i prsnog prečnika stabla, između prečnika krošnje i njemu odgovarajućeg prečnika stabla, između prečnika stabla na visini maksimalnog prečnika krošnje i prsnog prečnika stabla, te između prečnika krošnje i zapremine stabla. Rezultati rada treba da posluže pri korišćenju aerofotosnimaka u svrhu taksacione procjene šuma.

— Mikola P.: »On variations in tree growth and their significance to growth studies« (Communicationes Instituti forestalis Fenniae, № 38, Helsinki, 1950).

Kao osnovni materijal za istraživanje poslužila su mjerenja prirasta na preko 3000 stabala, od kojih preko 2200 stabala bijelog bora, izabranih na oglednim površinama u različitim dijelovima Finske. U radu se iznose rezultati istraživanja obima klimatskih varijacija u debljinskom i visinskom prirastu bijelog bora i smrče i prijedlozi kako da se te varijacije uzmu u obzir pri procjeni zapreminskog prirasta za šume datog područja. Pored varijacija prouzrokovanih cikličnim klimatskim promjenama, obrađene su i varijacije u prirastu nastale zbog drugih uzroka (sječe, vremenske nepogode, požari, insekatske gradacije, epifitocije i drugo).

— Kuusela K. — Kilkkä P.: »Multiple regression of increment percentage on other characteristics in Scotch-pine stands« (Acta forestalia fennica. № 75, 1963).

Osnovni zadatak ove studije sastojao se u traženju nekih od bitnih principa koji omogućavaju procjenu prirasta za velike šumske površine. Kao materijal za izražavanje poslužili su podaci o prirastu i drugim taksacionim karakteristikama za 190 oglednih površina bijelog bora, istih onih koje je A. Nyysönen koristio za svoja istraživanja (A. Nyysönen, 1954). U radu je u potpunosti primijenjena višestruka regresiona analiza. Pri tome su, s obzirom na to da sastojine u velikim šumskim kompleksima znatno variraju po gustini i uz to su podložne raznim vrstama uzgojnog postupaka, za nezavisno promjenljive veličine u regresionim jednačinama uzete one sastojinske karakteristike koje određuju procent prirasta u takvim šumskim uslovima. U uslovima istraživanog područja to su: starost, zapremina, bonitet staništa (određen kao »site quality index« na bazi visinskog prirasta dominantnih stabala), srednja visina i srednji prečnik sastojine te temeljnica sastojine. U regresionim jednačinama ove nezavisno promenljive uzimane su u kombinacijama, najčešće po dvije. Istraživanja pokazuju da je za date uslove najbolja kombinacija starost i zapremina sastojine. Pomoću te dvije nezavisno promenljive objašnjava se 60% variranja

veličine procenta prirasta. Kombinacija od 4 nezavisno promjenljive veličine (starost, zapremina, srednja visina i bonitet staništa) objašnjava 70—80% varijacija u procentu zapremine sastojine.

S obzirom na primjenu višestruke regresione analize, o ovom radu biće više govora u poglavlju o procentu prirasta sastojine.

S područja Njemačke izabrali smo za ovaj pregled sljedeće radove:

— G. Mitscherlich: »Untersuchung über das Wachstum der Kiefer in Baden: 1. Teil: Das Wachstum der Kiefer ohne Berücksichtigung von Zwischen- und Unterstand, 2. Teil: Die Streunutzungs- und Düngungsversuche« (Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 1955).

Na osnovu 129 oglednih površina autor vrši istraživanja nekih taksacionih elemenata (toka visinskog prirasta, temeljnice i prirasta temeljnice te zapreminskog prirasta) i njihovo upoređenje s tablicama prinosa Zimmerlea. U drugom dijelu rada obrađuju se uticaj korišćenja stelje i đubrenja na prirast borovih sastojina.

— Erteld W. — Kräuter G.: »Untersuchungen über die Erkennbarkeit guter und schlechter Zuwachsträger bei der Kiefer« (Archiv für Forstwesen, 1957).

Autori najprije ukratko analiziraju neka osnovna pitanja izbora stabala za proredne sječe a zatim daju rezultate istraživanja rastenja stabala u čistim sastojinama bijelog bora. Pri tome se, pored analize visine, daju rezultati istraživanja niza vanjskih obilježja stabala: debljine grana, ugla koji grane zaklapaju sa stablom, relativne veličine krošnje stabla i punodrvnosti stabla. Rezultati istraživanja vanjskih karakteristika stabla i rastenja omogućuju autorima da predlože metode za određivanje stabala u sastojini koja imaju tipičan tok rastenja, što može biti od znatne koristi pri izboru stabala za prorjeđivanje. Da bi olakšali praksi primjenu saznanja dobijenih ovim istraživanjima, autori daju predlog za klasifikaciju stabala u sastojinama bijelog bora u kojoj su uzete u obzir kako sociološke i tehničke tako i biološke karakteristike stabla. Rezultati istraživanja doprinose povećanju sigurnosti pri utvrđivanju dobrih i loših nosilaca prirasta, pa, iako je riječ o jednodobnim sastojinama bijelog bora, rad predstavlja vrijedan doprinos nauci o proredama.

— Zundel R.: »Ertragskundliche Untersuchungen in zweialtrigen Beständen Nordwürttembergs mit Kiefer über Tanne (Fichte, Douglasie)« (Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, 1960). Na osnovu podataka mjerenja na 30 oglednih površina istraživan je tok visinskog i debljinskog prirasta različito osvjetljenih borova kao i međusobni uticaj pojedinih etaža sastojine. Autor u stvari obrađuje pitanje produktivnosti dvospratnih mješovitih sastojina bijelog bora i vrsta sjenke (jela, smrča i duglazija) i vrši upoređenje njihove produktivnosti sa produktivnošću čistih jelovih odnosno borovih sastojina.

— Erteld W.: »Untersuchungen über Leistung und Entwicklung der Kiefer bei verschiedener Behandlung« (Archiv für Forstwesen, 1960).

Na osnovu podataka sa stalnih oglednih površina u sjevernoj Njemačkoj koje su tretirane raznim stepenima niskih proreda, autor odgovara na pitanje u kojim granicama leži optimalna veličina temeljnice u sastojinama bijelog bora različitog boniteta i staništa i različite starosti i koji je prema tome najpoželjniji intenzitet prorede.

— Erteld W.: »Die Zuwachsleistung der Kiefer im Lichte neuerer Untersuchungen« (Archiv für Forstwesen, 1961).

U radu se ukazuje na varijabilnost toka rastenja sastojina bijelog bora, što zavisi od različitog područja rasta, staništa i drugih pozitivnih i negativnih uticaja. Osim toga, autor razmatra i neke načine određivanja proizvodnosti tekućeg prirasta i ukupne proizvodnje drvene mase koji se zasnivaju na obrastu sastojine.

Na kraju rada autor daje ukratko pregled razvoja pogleda o pogodnom obliku i jačini proreda u borovim sastojinama.

— Grossmann H. »Untersuchungen über die Zuwachsleistungen von Kiefer und Buche getrennt nach Standortformen und Durchmesserstufen unter Berücksichtigung der Kronengüte« (Archiv für Forstwesen, 1963).

U radu su dati rezultati istraživanja toka procenta zapreminskog prirasta stabla u jednodobnim čistim i u stepenasto izgrađenim prebornim sastojinama. Tok procenta prirasta istraživan je u zavisnosti od tipa staništa, debljinskog stepena i kvalitetne klase krošnje. Osnovni materijal čine 10500 izvrtaka; za bijeli bor iz višespratnih sastojina ima oko 2300 izvrtaka.

— S obzirom na to da se odnosi na istraživanja taksacionih elemenata prirodnih sastojina bijelog bora, za nas je od posebnog interesa disertacija S. Dafisa »Struktur- und Zuwachsanalysen von natürlichen Föhrenwäldern« (Separatdruck von: Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz, Heft 41, 1962).

U radu je obrađen uticaj staništa na strukturu i prirast prirodnih sastojina bijelog bora. Za analizu postavljeno je 14 privremenih oglednih površina u sastojinama bijelog bora koje pripadaju dvjema različitim zajednicama u Švajcarskoj (*Molinio litoralis Pinetum*, kao primjer sa lošijeg staništa, i *Erico — Pinetum silvestris hylocometosum*, kao primjer zajednice sa boljeg staništa). Za klasifikaciju stabala primenjen je Leibundgutov sistem klasifikacije, a pri analizi elemenata strukture korišćeni su metodi matematičke statistike. Interesantni su zaključci autora o ponašanju bijelog bora u pogledu obrazovanja debljinske strukture (preborna struktura samo na najlošijim staništima!) i o konkurentskoj sposobnosti bijelog bora u odnosu na ostale vrste drveća u prirodnim mješovitim sastojinama (bor dominira samo na ekstremnim staništima; na boljem ga potiskuju ostale, konkurentski sposobnije vrste drveća).

Numerička i grafička poređenja i statistički testovi pokazuju bitne razlike u gotovo svim taksacionim elementima kako između dvije osnovne zajednice tako i između stanišnih tipova (tipoloških jedinica) unutar ovih zajednica. S te strane ovaj rad, iako ne može poslužiti za upoređenje s rezultatima naših istraživanja, važan je zbog toga što ukazuje na mogućnost detaljnijih i kompleksnih tipološko-taksacionih istraživanja u šumama bijelog bora u Bosni, što smo inače istakli kao potrebu na nekoliko mjesta u našem radu.

Istraživanje taksacionih elemenata stabla i prirodnih sastojina bijelog bora u NR Bugarskoj vršilo je nekoliko autora: T. Ivančev, I. Mihajlov, P. Petkov, J. Duhovnikov, G. Sirakov, S. Nedjalkov i dr.

Od poslijeratnih, nama dostupnih, radova ovih autora navodimo sljedeće:

— G. Sirakov: »Podobreni postojanni krivi na visočinite, tablici za vidovite čisla i obemni tablici za belija bora u nas (s tablici za vidovite čisla

i ra smrča i elata)« (Sbornik na Centralnija gorski izsledovatel'ski institut, kn. 3, Sofija, 1947).

Na osnovu mjerenja visina u borovim sastojinama u području četinarskih šuma Bugarske autor je izradio normalne visinske krive razrednog sistema za sastojine u kojima treba izvršiti glavnu sječū. Pored toga, autor je posebnim metodom uz upotrebu minimalnog broja primjernih stabala izradio tablice zapreminskog koeficijenta za bijeli bor, smrču i jelu. Na osnovu izrađenog razrednog sistema normalnih visinskih krivih i tablica zapreminskog koeficijenta po tzv. normalnim klasama punodrvnosti Sirakov je sastavio i zapreminske tablice za bijeli bor po razredima visina i po normalnim klasama punodrvnosti.

— P. Petkov: »Izučvanija verhu tehničeskata zrelost na belborovite gori u nas i preporeki za opredeljane turnusa na sečta v tjah« (Naučni trudove — Lesotehnički fakultet, Tom II, Sofija, 1953).

Istraživanje tehničke zrelosti autor vrši na osnovu podataka mjerenja na 105 oglednih površina postavljenih u čistim sastojinama bijelog bora starosti iznad 50 godina u Rilo-Rodopskom četinarskom masivu. Taksacioni podaci o oglednim površinama bili bi interesantni za upoređivanje s našim podacima da bonitet i obrast nisu određeni po tablicama Orlova-Tjurina, kojima ne raspolazemo.

— J. Duhovnikov: »Sbegova tablica za belborovite nasaždenija u nas« (Naučni trudove — Lesotehnički fakultet, Tom II, Sofija, 1953).

Na osnovu podataka mjerenja taksacionih elemenata 149 oglednih površina postavljenih pri redovnoj taksaciji šuma (obраста iznad 0,6 i sa više od 200 stabala na oglednoj površini) autor je u radu obradio sljedeće taksacione karakteristike: srednju varijacionu krivu debljinske strukture borovih sastojina, normalne (stalne) visinske krive, punodrvnost stabala bijelog bora i srednje krive procentualne strukture zapremine sastojine. Ove taksacione veličine obrađene su u zavisnosti od glavnih taksacionih elemenata sastojine — srednjeg prečnika, srednje visine i srednje starosti.

— S. Nedjalkov — K. Šikov: »Vrhu rasteža i produktivnostta na belija bor u nas« (Naučni trudove — Naučno-izsledovatel'ski institut za gorata i gorskoto stopanstvo, Tom VII, Sofija, 1959).

Na osnovu taksacionih podataka sa 144 privremene ogledne površine, postavljene u rejonima u kojima ima najviše sastojina bijelog bora, autori obrađuju pitanje rastenja i prinosa bijelog bora u Bugarskoj. Zbog konstatovanih osobenosti u rastenju i produktivnosti bijelog bora u Bugarskoj autori su izradili lokalne prinosa tablice za čiste jednodobne sastojine bijelog bora. Te tablice se razlikuju od Tjurinovih tablica prinosa za bijeli bor koje su se dotada upotrebljavale pri taksacionim procjenama u NR Bugarskoj.

### **3.3. Neki značajniji radovi u inostranoj literaturi o problemu prirodnog obnavljanja bijelog bora i izboru uzgojnog oblika šume bijelog bora**

Već smo naveli mišljenje A. Olberga da je ovom pitanju posvećena gotovo nepregledna literatura. Naš pregled te literature biće najuži izbor iz tog nepreglednog niza, ograničen na one radove koji ukazuju na mogućnost



prirodnog obnavljanja borovih sastojina i na postojanje prebornog oblika gazdovanja u šumama bijelog bora.

Stariji ali veoma interesantan rad o pitanju prirodnog obnavljanja borovih sastojina je studija A. V. Tjurina: »Osnovy hozjajstva v sosnovyh lesah« (Moskva, 1925).

Na osnovu proučavanja obnavljanja borovih šuma Brjanskog masiva Tjurin razvija veoma interesantnu tezu o podudarnosti između periodičnosti pojava velikih šumskih požara i obnavljanja prirodnih borovih šuma evropske Rusije. Za nas su posebno interesantne ideje i zaključci Tjurina u pogledu uspješnog prirodnog obnavljanja bijelog bora. Neke od njih citiramo u slobodnom prevodu: »Oošti zaključak koji se može izvesti na osnovu naših posmatranja je sljedeći: Pojava borovog ponika je utoliko bolja ukoliko je zemljište bolje mineralizovano (ukoliko je bolje odstranjen organski pokrov, primjedba moja)... Mineralizacija se može postići s jednakim uspjehom u odnosu na podmlađivanje bora ili paljenjem organskog pokriva ili obradom zemljišta« (o. c., str. 86). Za potvrdu tog zaključka Tjurin navodi i sljedeći citat iz Tkačenkovog rada »Lesn severa«: »Uopšte sva staništa povoljna za podmlađivanje bora i ariša (na sjeveru), po svemu sudeći, veoma su različita po hemijskim i fizičkim svojstvima tla. Ali sva ta staništa jednaka su u jednom smislu: odsustvo živog pokriva na progalama osvetljenim i pogodnim za prijem sjemena u mineralni sloj zemljišta čini skup uslova bez kojih je nemoguće obnavljanje mješovitih sastojina. Ovdje se radi o boru, arišu i smrčci.«

Nešto kasnije Tjurin kaže: »Ugaoni kamen pri postavljanju principa prirodne obnove svih oblika borovih sastojina u uslovima savremenog gazdovanja je što je moguće potpunija mineralizacija šumskog tla na površinama gdje predstoji podmlađivanje sastojina« (o. c., str. 94).

Ovaj zaključak, iako stvoren na osnovu istraživanja u drugim klimatskim i stanišnim uslovima, ima opšti značaj s obzirom na široko rasprostranjenje borovih šuma i postojanje analognih uslova zakorovljavanja starijih borovih sastojina. Činjenica da nema prirodne obnove borovih sastojina pod zaštitom stare sastojine ni u našim uslovima, nego da se prirodno obnavljanje, u stvari pojava novih borovih sastojina, dešava na požarištima, napuštenim oranicama, livadama (kosnicama i pašnjacima), i čak na napuštenim šumskim putevima, govori u prilog toga da je odgovarajuća priprema zemljišta u borovim sastojinama osnovni preduslov za uspješnu obnovu borovih sastojina i u našim planinskim uslovima.

O problemu podmlađivanja bijelog bora u planinskim uslovima Švajcarske, koji se znatno razlikuju od ravničarskih uslova evropske Rusije i skandinavskih zemalja, piše H. Tanner u radu »Über das Problem der Föhrenverjüngung« (Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1946). Zalažući se za napuštanje gazdovanja na velikim površinama (čistom sječom ili namjernim požarima) i usvajajući Amonovo shvatanje da su i vrste svjetlosti podesne za preborni oblik gazdovanja, Tanner na osnovu podataka iz literature i konkretnih primjera uspjelog prirodnog podmlađivanja bijelog bora u Švajcarskoj izlaže uslove za uspješno podmlađivanje bijelog bora. Ti uslovi se ukratko mogu svesti na prethodnu pripremu zemljišta (skidanje travnog pokrivača i humusnog sloja), na progaljivanje sastojine, na kombinacije prirodnog i vještačkog podmlađivanja, na uzgoj u grupama veličine 10—30 ari, na njegu mladika i selekciju pri proredama.

Grupimično obnavljanje kao tipično za bijeli bor u prirodnim šumama konstatovao je i Weck u radu »Die Kiefer Ostelbiens und das Plenterprinzip« (Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1947).

Na osnovu proučavanja literaturnih podataka o prošlosti borovih šuma sjevernonjemačkog borovog područja i postojećih prirodnih borovih šuma na području istočno od Elbe (posebno u Bjelovješkoj prašumi) Weck dokazuje postojanje borovih šuma prebornog oblika i mogućnost prirodnog obnavljanja bijelog bora pod krošnjama stabala bijelog bora materinske sastojine. Pri tome dolazi do zaključka da je grupimično obnavljanje tipičnije za bijeli bor od obnavljanja pod zasjenom na velikim površinama. U tom smislu on izričito kaže: »Kako su naša istraživanja o boru u prirodnoj šumi pokazala, prirodno obnavljanje bijelog bora pod zasjenom na velikim površinama nije svojstveno za bijeli bor. Naprotiv, tipično je stalno stabilimično ili grupimično obnavljanje i popunjavanje« (o. c., str. 212—213).

O zavisnosti prirodnog obnavljanja bijelog bora od stanišnih uslova, odnosno pripreme zemljišta, raspravlja se u radovima Th. Hunzikera i W. Witticha.

U radu »Zum Einfluss der Bodenflora auf die natürliche Föhrenverjüngung« (Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1952) Th. Hunziker dokazuje da je prirodno podmlađivanje bijelog bora uspješnije nakon obrade zemljišta. On tvrdi da travni pokrivač u borovim sastojinama (stanište »Pfeifengrass — Föhrenwald«) u potpunosti ometa podmlađivanje bijelog bora.

Rezimirajući svoja istraživanja o stanišnim uslovima za prirodno podmlađivanje bijelog bora i uzgoj pod zasjenom u radu »Die Standortlichen Bedingungen für die natürliche Verjüngung der Kiefer und für ihre Erziehung unter Schirm« (Allgemeine Forst — und Jagdzeitung, 1955), W. Wittich ističe da je prirodno obnavljanje bijelog bora i uzgoj pod sklopom ograničeno fiziološkim zahtjevima bijelog bora. U prvom redu ono zavisi od vlažnosti tla odnosno od prisutnosti odgovarajućeg travnog pokrova koji obezbeđuje dovoljnu vlažnost zemljišta za nicanje i razvoj ponika i podmlatka bijelog bora. Travni pokrov sa visokim stepenom transpiracije (trave i dr.) po pravilu onemogućuje prirodno obnavljanje bijelog bora. Ukratko: uslovi za obnavljanje bijelog bora pod sklopom borovih stabala zavise od toga u kojoj mjeri se nepovoljna prizemna vegetacija može odstraniti mehaničkom pripremom tla.

Problem prirodnog obnavljanja bijelog bora obrađen je prilično svestrano i dokumentovano u radu A. Olberga »Beiträge zum Problem der Kiefernaturverjüngung (Schriftenreihe der Forstliche Fakultät der Universität Göttingen. . . , Band 18, 1957)«, koji smo već citirali. Rad je zasnovan na obimnoj literaturnoj dokumentaciji i na nekim vlastitim ogledima autora. U opštem dijelu svoga rada autor odgovara na pitanje gdje i pod kakvim uslovima se bijeli bor danas prirodno podmlađuje, kakve su primjene tamo nastupile u odnosu na uslove u primarnim šumama i čime su prouzrokovane, te kako se svrsishodno pravilo da izvući iz spontanog podmlađivanja bijelog bora i u kojoj je mjeri vještačko ubrzavanje prirodnog podmlađivanja prema tome opravdano.

U posebnom dijelu obrađeni su rezultati trogodišnjih ogleda s prirodnim podmlađivanjem bijelog bora na teritoriji šumske uprave »Gartow« (lijeva obala donjeg toka Elbe).

Rezultati njegova rada za nas su interesantni samo u ograničenoj mjeri, jer se istraživanja odnose na sjevernonjemački diluvium, gdje se prostire gro njemačkih šuma bijelog bora.

O problemu obnavljanja bijelog bora i uzgajanju pod zasjenom, takođe na osnovu veoma obimne literaturne dokumentacije i vlastitih istraživanja i zapažanja na terenu, piše i H. Voegeli, i to, koliko je nama poznato, u dva rada: »Beitrag zur Frage der Föhrenverjüngung und Erziehung« (Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1953) i u »Die Schattenerziehung der Föhre« (Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1961).

Prvi, znatno obimniji, rad poznat nam je samo po prikazu. U drugom Voegeli razmatra pitanje uzgoja bijelog bora pod zasjenom sa dva različita aspekta. S jedne strane ispitivanjem šumsko uzgojnih mogućnosti i s druge strane procjenom ekonomske svrsishodnosti. Iako dokazuje da za podmlađivanje bijelog bora nisu nužne čiste sječe te da se to podmlađivanje uspješno vrši prema klasičnim pravilima »femelšlaga« i iznosi mnoge ekonomske prednosti uzgoja po zasjenom\*, ipak zaključuje da konačan odgovor na pitanje koliko je uzgojno moguće i ekonomski preporučljivo uzgajati bijeli bor pod zasjenom danas još nije moguće dati.

O problemu sječa i obnavljanja borovih sastojina vršena su istraživanja i u NR Bugarskoj. Sa tog nama susjednog i u pogledu uzgoja bijelog bora sličnog područja poznati su nam sljedeći radovi:

— Penev N., Vlasev V. i Dobrinov I.: »Analiz i pouki po prilagane na postepenata i grupovoizbornata seč v UOGS »G. St. Avramov« (Naučni trudove — Lesotehnički fakultet, Tom I, Sofija, 1952).

U radu su prikazani rezultati oglada provođenja postupene (oplodne) i grupimične preborne sječe u mješovitim sastojinama smrče, jele i bijelog bora na školskom dobru »G. St. Avramov«. Glavna vrsta drveća u sastojinama je bijeli bor. Rezultati oglada, iako se ne odnose na čiste sastojine bijelog bora, interesantni su za nas jer dokazuju mogućnost podmlađivanja i uzgoja bijelog bora putem grupimične preborne sječe čak i u mješovitim sastojinama smrče, jele i bijelog bora. O drugim rezultatima ovih oglada govorićemo u poglavlju o izboru uzgojnog oblika u trećem dijelu ovog rada.

— Penev N.: »Opiti s izveždane na dvufazna postupema seč v tipa sveža do suha borova gora« (Naučni trudove — Višš lesotehnički Institut, Tom IV, Sofija, 1956). Interesantni su zaključci autora da je za provođenje postupene (oplodne) sječe odnosno za uspjeh prirodnog obnavljanja bijelog bora neophodna priprema zemljišta putem odstranjivanja travnog pokrivača i rahljenja zemljišta.

— Spasov N.: »Predvaritelni rezultati od opitite s goli seči v smrčovite i belborovite nasaždenija« (Naučni trudove — Naučnoizledovatel'ski institut za gorata i gorskoto stopanstvo, Tom V, Sofija, 1957).

Saopštavajući prethodne rezultate provođenja gole sječe i vještačkog obnavljanja u sastojinama bijelog bora na 1500 m nadmorske visine i istočne ekspozicije, autor podvlači da je u ovom ogledu uspjeh podmlađivanja zavisio

\* Autor izričito naglašava da se ne radi o podmlađivanju i uzgoju bijelog bora pod zasjenom vrsta sjenki, nego o podmlađivanju pod zasjenom stabala bijelog bora ili drugih vrsta svjetlosti.

od toga da li je zemljište bilo prethodno obrađeno i spriječen razvitak gustog travnog pokrivača.

Naš pregled inostrane literature zaključićemo prikazom najnovijeg nama poznatog rada u kome se preporučuje preborni oblik uzgoja bijelog bora, i to sa stanovišta postizanja kvalitativno vrijednog drveta. To je rad W. Chojnackog: »Orientierung über einige Forschungsarbeiten zum Problem der Qualitätsverbesserung der Waldföhre (*Pinus silvestris*)« (Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1964).

Definišući cilj svojih istraživanja kao upoređenje karakteristika bijelog bora, a naročito kvaliteta drveta, u uzgoju čistom sječom i u prebornom obliku uzgoja, ovaj autor, za razliku od Voegelijaja, sasvim određeno staje na stranu prebornog oblika gazdovanja. U tom smislu, razmatrajući rezultate svojih istraživanja, on kaže (citiramo u slobodnom prevodu): »U cjelini, istraživanja su pokazala da se kvalitetno najvredniji borovi dobijaju uzgojem u sastojinama tipa prašume oblika prebornog. Stoga je uzgoj u polusjenci, uz dugu fazu mladika pod zasjenom, odlučujuća pretpostavka za dobijanje kvalitativno visokovrijednih borova« (o. c., str. 390).

Kao što će se vidjeti u trećem dijelu našeg rada, mi smo odlučili da za bijeli bor u Bosni, na osnovu vlastitih zapažanja o stanju i podmlađivanju naših sastojina bijelog bora predložimo ne stabilimični nego grupimični preborni oblik gazdovanja, uz prethodnu pripremu zemljišta, kao neophodan uslov uspješnog podmlađivanja. Istraživanja koja smo citirali, a posebno istraživanja H. Voegelijaja i W. Chojnackog, uvjeravaju nas da je preborni oblik uzgoja bijelog bora zbog proizvodnje kvalitetnijeg drveta i ekonomski svrsishodniji uzgojni oblik.

#### 4. METODIKA ISTRAŽIVANJA

##### 4.1. Izbor oglednih površina i rad na terenu

Privremene ogledne površine (sastojine bijelog bora) koje čine osnovni materijal za ova istraživanja postavljene su u toku ljeta 1957. i 1958. godine. Iako one, kao što smo ranije vidjeli, prilično dobro predstavljaju geološke i geomorfološke uslove pod kojima je bijeli bor rasprostranjen u Bosni, a to se isto odnosi i na analizirane taksacione karakteristike (elemente), ipak u strogom smislu riječi one nisu reprezentativni uzorak šuma bijelog bora u Bosni. U našim prilikama, bez ažurnog poznavanja površina i taksacionih elemenata i zbog nepostojanja ranijih istraživanja ove vrste, pri izboru oglednih površina ne bi se ni mogao provesti reprezentativni metod u strogom smislu riječi. Osnovni kriterij pri izboru mjesta za naše ogledne površine (na osnovu ranijeg upoznavanja areala bijelog bora u Bosni) bio je homogenost stanišnih uslova (ekspozicije, nagiba terena, geološkog supstrata i zemljišta), nekih taksacionih elemenata koji su se mogli okularno procijeniti (sklop sastojine, bonitet staništa i omjer smjese) i biljnog po-

krova na bazi pripadnosti odgovarajućoj biljnoj zajednici.\* Nastojali smo ipak da u pojedinim područjima, u kojima su vršena istraživanja, obuhvatimo što je više moguće varijabilitet nekih taksacionih elemenata (boniteta staništa, sklopa sastojine i srednjeg prečnika sastojine i donekle i omjera smjese), i to, naravno, u granicama mogućnosti okularne procjene tih elemenata. Ogladne površine nisu postavljene u onim sastojinama koje su sječene u posljednjih deset godina.

Na osnovu činjenice da ranije nisu vršena slična istraživanja, da nismo poznavali neto korelacione odnose između pojedinih taksacionih elemenata, i na osnovu navedenih kriterija pri izboru mjesta za ogledne površine mišljenja smo da postoji dovoljno opravdanja da se naš osnovni materijal tretira kao nepristrasno uzet slučajni uzorak šuma bijelog bora u Bosni. Zbog toga što su istraživanja vršena po glavnim područjima areala bijelog bora u Bosni, ovaj uzorak ima prednosti stratifikovanog uzorka. Pa ipak statistička obrada podataka nije se mogla provesti po principu stratifikovanog uzorka zbog nedostatka važnih elemenata za takvu obradu, a i zbog ograničenja metoda primijenjenog za obradu i analizu taksacionih elemenata i njihovih međusobnih odnosa.

Veličina oglednih površina varira od 0,3 — 1,7 ha; u prosjeku je nešto ispod 1 ha. Manje površine su, po pravilu, mlađe (manjeg srednjeg prečnika) i jednoličnih uslova staništa a veće, starije, (većeg srednjeg prečnika) i nejednoličnih stanišnih i sastojinskih prilika. Oblik oglednih površina je najčešće pravougaonik ili mnogougaonik, ali prilično dugih strana. Grance oglednih površina su obilježene privremenim oznakama (iskolčene). Snimanje uglova vršeno je busolnim teodolitom a mjerenje dužina stranica direktno pantljkikom (po terenu). Površine su dobijene računski (geodetski obrazac br. 19) Tačnost takvog rada sigurno prevazilazi tačnost snimanja taksacionih elemenata.

Taksaciona snimanja na terenu odnose se na stabla iznad taksacione granice od 10 cm. Prije snimanja izvršeno je obrojčavanje svih stabala na oglednoj površini.

Terenski manuali sadrže numerički i opisni dio. Numerički dio sadrži sljedeće podatke: vrsta drveća, prsni prečnik stabla (mjeren unakrsno najviši i najmanji i izračunat srednji), visinu stabla, tekući periodični debljinski prirast stabala (u stvari, širine posljednjih deset godina s obje strane srednjeg prečnika i njihov zbir) i podatke za računanje površine horizontalne projekcije krošnje (dva unakrsna prečnika i njihovu sredinu) i procjenu procenta slobodne i zastrte (krošnjama drugih stabala) površine horizontalne projekcije krošnje stabla, te, najzad, njenu veličinu u m<sup>2</sup>.

Opisni dio terenskog manuala sadrži podatke taksaciono-administrativne prirode (šumsku upravu, gospodarsku jedinicu, odjeljenje i lokalitet), geomorfološke podatke: nadmorsku visinu, ekspoziciju, inklinaciju i opis konfiguracije terena, kratak opis biljnog pokrova i matičnog supstrata. Pored toga, on sadrži i opis nekih taksacionih karakteristika sastojine: procjenu sklopa, opis načina miješanja vrsta i debljinskih razrada (po površini), kvaliteta i izgleda deblvine i krošnje stabala u sastojini, kao i detaljan opis načina

---

\* Veliku pomoć pri izboru mjesta za ogledne površine, s obzirom na biljne zajednice, pružio nam je V. Stefanović, na čemu mu se i ovom prilikom zahvaljujemo.

javljanja i razvoja podmlatka. Ovome opisnom dijelu dodat je i popis (prema debljini i visini) stabala bijelog bora tanjih od usvojene taksacione granice (gdje takvih stabala uopšte ima).

Za svaku oglednu površinu izračunato je, odnosno urađeno, sljedeće: razdioba frekvencija stabala po debljini (debljinska struktura sastojine), izravnjanje visinskih krivulja, crtanje i izravnjanje zapreminskih linija (na osnovu tablica Grundner-Švapača i konkretne visinske krive), računanje periodičnog debljinskog prirasta po debljinskim stepenima širine 5 cm i izravnjanje njegovih linija, računanje tekućeg zapreminskog prirasta za oglednu površinu kao cjelinu (metodom diferencije) i procenta prirasta, računanje prosječnih veličina projekcija krošanja po debljinskim stepenima i izravnjanje njihovih krivih linija i, najzad, računanje ukupne površine horizontalnih projekcija krošanja svih stabala na oglednoj površini. Računanje ukupne površine projekcija krošanja dopunjeno je i podacima o ukupnoj površini nezastrtog dijela krošanja stabala, iz čega su dobiveni podaci za procjenu sklopa sastojine. Razumljivo je da su svi podaci rađeni odvojeno po vrstama drveća. Zbirni podaci su, pored toga, preračunati na jedinicu površine (1 ha). Osnovni taksacioni elementi stabala i sastojina bijelog bora koji su kao izvorni materijal poslužili za naša istraživanja prikazani su tabelarno u prilogu (tabele II-VII).

Detaljnije o metodici rada na terenu i računanju taksacionih elemenata stabala ili oglednih površina kao cjelina — sastojina, biće govora prilikom obrade pojedinih taksacionih elemenata (stabla i sastojine).

#### **4.2. Analiza međusobne zavisnosti taksacionih elemenata stabla i sastojine**

Za utvrđivanje veličina taksacionih elemenata stabala i sastojina bijelog bora u Bosni na osnovu veličina onih taksacionih elemenata koji se mogu direktno mjeriti ili procjenjivati primjenjen je metod višestruke korelacije. Analiza korelacionih veza i »uticaja« pojedinih taksacionih elemenata na ispitivani element kao zavisno promjenljivu veličinu vršena je metodom poznatim pod nazivom »regresiona analiza«.

Ranije smo vidjeli da većina dosadašnjih istraživanja nisu otišla dalje od primjene jednostavne korelacije u njenom najprimitivnijem obliku (bez upotrebe metoda najmanjih kvadrata i utvrđivanja jačine korelacione veze između ispitivanih veličina, tj. računanja korelacionog koeficijenta). Primjena metoda višestruke korelacije u istraživanju taksacionih elemenata znači korak dalje u razjašnjenju veza između njihovih veličina. Pa ipak, mora se stalno imati u vidu značajno ograničenje metoda korelacione analize (i jednostavne i višestruke). Ova metoda otkriva samo postojanje ili nepostojanje korelacione ili stohastičke veze između pojava, tj. ne objašnjava prirodu pojave, već daje samo sredstvo za izračunavanje jedne veličine pomoću jedne ili više drugih veličina. Postojanje korelacije između dviju ili više pojava (veličina) ne znači da između istraživanih veličina postoji istovremeno i uzročna (funkcionalna) veza, ali nam omogućava da u tom pravcu tražimo i pravu funkcionalnu vezu.

Kako se metod regresionih analiza tek odnedavno primjenjuje u istraživanju taksacionih elemenata kod nas, važno je već u početku izbjeći zablude

i nerazumijevanja koja mogu nastati iz pogrešne interpretacije i terminologije koja se pri tome upotrebljava. Termini o uticaju jednog taksacionog elementa na drugi, upotrebljeni u nekim radovima ove vrste, ponekad mogu biti nelođični i ne odgovarati suštini stvari (npr. uticaj srednjeg prećnika na zapreminu sastojine!). Stoga će u ovom radu biti poklonjena znatna pažnja i pitanju adekvatne terminologije, te će se, npr., termini »uticaj« i »zavisnost« između dviju pojava, gdje god je to moguće, označiti terminom »korelaciona veza« a termin »uticaj« imaće samo uslovno znaćenje.

Sam metod višestruke korelacije i tzv. regresione analize biće detaljnije prikazan u posebnom dijelu ovoga rada pri obradi pojedinih taksacionih elemenata. Ovdje ćemo izložiti samo nekoliko općtih napomena važnih za razumijevanje suštine primijenjenog metoda.

Suština metoda korelacionih analiza (jednostavne i višestruke) sastoji se u sljedećem: Između svih prirodnih pojava odnosno njihovih veličina postoje direktne ili indirektne uzročne veze. Od svih tih veza potrebne su nam one koje su izražene u velikoj mjeri, tj. gdje je promjena jedne veličine odlučujuće zavisna od promjena jedne ili više drugih veličina. Taksacioni elementi stabla ili sastojine su takve veličine čije promjene zavise od više faktora (plodnost zemljišta, svetlost, temperatura, padavine i dr.) koji se mogu izraziti veličinama koje su takođe taksacioni elementi (npr. bonitet, sklop) ili čije su promjene u nekom odnosu (»prate se«) sa promjenama tih faktora (npr. srednji prećnik sastojine). Matematička statistika je razradila metode koji omogućavaju da se utvrde veze i mjere variranja neke pojave pod istovremenim uticajem dvaju ili više faktora. Ti metodi su upravo višestruka korelacija i regresiona analiza.

Za primjenu metoda višestruke korelacije i regresione analize pri utvrđivanju korelacionih veza između taksacionih elemenata i uspješno korišćenje dobijenih rezultata smatramo da je, na osnovu dosadašnjih znanja i vlastitih ispitivanja, potrebno voditi računa o tom:

1. da je korelaciona veza (»uticaj«) između ispitivanog taksacionog elementa i elementa koji se uzima kao nezavisno promjenljiva veličina što je moguće jaća,

2. da, s tim u vezi, taksacionih elemenata koji se uzimaju kao nezavisno promjenljive veličine bude što manje (ovo pojednostavnjuje i pojeftinjuje statističku obradu),

3. da između taksacionih elemenata izabranih za »nezavisno-promjenljive« ne postoji nikakva ili što je moguće manja korelaciona veza i

4. da je određivanje (mjerenje, procjena ili izračunavanje) tih elemenata što jednostavnije i primjenljivo u svakodnevnoj praksi.

Zbog formalne prirode korelacionih veza, u korelacionom računu moguće je jedan taksacioni element koji je uzet za nezavisno-promjenljivu veličinu zamijeniti s nekim drugim elementom čije su promjene na neki način paralelne promjenama veličine zamijenjenog elementa. Moguće je, npr., zbog teškoće pri utvrđivanju starosti sastojine, za korelacionu analizu kao nezavisno-promjenljivu veličinu umjesto starosti uzeti srednji prećnik sastojine. Analize opisane u posebnom dijelu rada pokazale su opravdanost ovog stava. Ne treba, uvjereni smo, ni objašnjavati koliko je određivanje srednjeg prećnika sastojine, lakše i jednostavnije od određivanja srednje starosti sastojine.

Vodeći računa o izloženom, za utvrđivanje korelacionih veza i mjera variranja ispitivanih taksacionih elemenata, kao nezavisno-promjenljive veličine upotrebili smo, gotovo u svim analizama, sljedeće taksacione elemente: bonitet staništa (procijenjen na osnovu visinske krive sastojine i izražen brojnim veličinama od 0,5 — 5,5), sklop stabala (iznad taksacione granice) sastojine izražen procentom zastirte površine u odnosu na veličinu ogledne površine, srednji prečnik sastojine (ili srednji prečnik stabala bijelog bora u sastojini) i, najzad, omjer smjese bijelog bora, izražen procentom zapremine bijelog bora od ukupne zapremine krupnog drveta sastojine, Srednji prečnik stabala bijelog bora (u mješovitim sastojinama) odnosno srednji prečnik sastojine (u čistim sastojinama bijelog bora), pored toga što je dobra zamjena za starost sastojine, veoma je podesan i važan indikator debljinske strukture sastojine (mjera centralne tendencije razdiobe stabala po debljini). Naime, razdioba frekvencija stabala po debljini u šumama bijeloga bora ima karakterističan — binomski oblik, pa je takav statistički skup preciznije određen srednjom veličinom nego skup koji ima neki drugi, npr. kosi raspored elemenata. Promjene veličina taksacionih elemenata u sastojini koje prate promjenu debljinske strukture sastojine biće stoga u našim korelacionim analizama dobro obuhvaćene.

Omjer smjese uzeli smo zbog toga što su ovim istraživanjima obuhvaćene pored čistih sastojina bijelog bora i mješovite sastojine bijelog bora i drugih vrsta drveća. Uvođenje nekih drugih taksacionih elemenata kao nezavisno-promjenljivih u jednačinama višestruke korelacije i razloge za takvo uvođenje objasnićemo neposredno na mjestima gdje je to izvršeno.



## B. POSEBNI DIO

### I. TAKSACIONI ELEMENTI STABLA

#### 1. VISINE STABALA

##### 1.0. Metodika snimanja visina i izrade visinskih krivih za pojedine ogledne površine

Na privremenim oglednim površinama mjerene su visine svih stabala obuhvaćenih premjerom ostalih taksacionih elemenata, tj. svih stabala iznad usvojene taksacione granice od 10 cm prsnog prečnika. Mjerenje visina izvršeno je Hristenovim visinomjerom Eićeve konstrukcije, sa zaokružavanjem na cijeli metar.

Mjerenje visina stabala bilo je potrebno iz sljedećih razloga:

1. Usvojeni metod određivanja zapremine sastojine (ogledne površine) — metod zapreminskih tablica zahtijeva poznavanje srednjih visina po debljinskim stepenima;

2. bonitiranje staništa — prema uobičajenoj praksi — vrši se na osnovu visinske krive sastojine. Određivanje boniteta staništa bilo je potrebno i zbog toga što smo bonitet staništa usvojili kao nezavisno-promjenljivu veličinu u korelacionim analizama svih ostalih taksacionih elemenata;

3. dosadašnja mjerenja visina stabala za druge vrste drveća u Bosni (jela, smrča i bukva) ukazivala su na potrebu ispitivanja pravilnosti toka postojećih bonitetnih krivulja i za bijeli bor u Bosni i eventualnu izradu novih bonitetnih krivulja;

4. radi ispitivanja vertikalne izgrađenosti (visinske strukture) sastojina bijelog bora u Bosni u cilju dubljeg i dokumentovanijeg zaključivanja o karakteru tih sastojina;

5. radi ispitivanja odnosa između ukupne visine stabala i visine debla čistog od grana (u tu svrhu mjerena je i visina do krošnje — do prve zelene grane i dužina krošnje stabla).

Istraživanja navedena u tačkama 4. i 5. izlaze iz okvira ovoga rada i biće predmet posebne obrade.

Razlozi navedeni u tačkama 1—3, određivali su ukupan broj mjerenja visina za svaku oglednu površinu, i dok je za crtanje visinske krive sastojine kao osnove za određivanje zapremine sastojine metodom zapreminskih tablica i sredstva za određivanje (procjenu) boniteta staništa bilo dovoljno mjeriti visine samo manjem broju stabala, ispitivanje pravilnosti toka postojećih bonitetnih krivulja zahtjevalo je poznavanje stvarnih visinskih krivih a ne njihovih procjena i, s obzirom na ograničen broj oglednih površina, što veću njihovu pouzdanost. To je, u velikoj mjeri, i dovelo do toga da su na oglednim površinama mjerene visine svih stabala.

Visinska kriva sastojina ima zadatak da zonu rasturanja pojedinačnih visina (nastalu zbog prirodne varijabilnosti stabala po visini) izravna i da je zamijeni jednom linijom, odnosno da niz različitih visina za dati prsni prečnik stabla izrazi jednom prosječnom, najvjerojatnijom veličinom. Visinska kriva sastojine grafički (a ako postoji analitički izraz i analitički izražava, dakle, korelacionu zavisnost visine od prsnog prečnika skupa stabala (sastojine, odjeljenja i sl.) u jednom trenutku vremena. Sva istraživanja zavisnosti visine od prečnika stabla saglasna su da je njen grafički izraz — kriva linija. O obliku krive linije koja najbolje izražava tu zavisnost mišljenja su, međutim, uveliko podijeljena. U stvari, podijeljenost se ne odnosi na uslove koje ta kriva treba da zadovolji, nego gotovo isključivo na izbor analitičkog izraza (matematičkog zakona) oblika visinske krive. O ovome je dosta pisano u našoj literaturi (Emrović, Matić, Mirković, Todorović). I pored postojanja čitavog niza funkcija raznih autora, kojima se analitički izražava oblik visinske krive (Näslund, Prodan, Leporsky, Mihajlov Levaković i dr.), postoje argumentovana mišljenja o prednosti grafičkog izravnjavanja visinskih krivih (Leibundgut, 1945; Matić, 1959). Mi smo se, uvažavajući ta mišljenja, opredijelili za grafičko izravnjavanje visinskih krivih. Pri tome je odlučujuća činjenica bila da smo, po pravilu, za svaku visinsku krivu imali dovoljan broj visina homogenog materijala (posljedica uslova homogenosti staništa pri izboru mjesta za ogledne površine). Osim toga, uzeto je u obzir i to što se pri grafičkom izravnjanju visinske krive može mnogo više voditi računa o opštim uslovima koje treba da zadovolji svaka visinska kriva i o potrebi prilagođavanja konkretnim podacima.

Pri povlačenju visinskih krivih, visine prevršenih, suhovrhkih i jako nagnutih stabala nisu uzimane u obzir. Broj takvih stabala bio je neznan (oko 3%). U tabelarnom pregledu može se vidjeti ukupan broj stabala bijelog bora po bonitetima staništa i broj visina koje su uzete u obzir pri povlačenju visinskih krivih.

	Bonitetni razred					Ukupno
	I	II	III	IV	V	
Broj oglednih površina	10	11	20	13	6	60
Broj stabala bijelog bora	3.462	3.258	6.092	3.250	1.602	17.664
Broj mjerenih visina	3.423	3.202	5.862	3.101	1.542	17.130

### 1.1. Bonitiranje sastojina bijelog bora i izrada novih bonitetnih krivih za bijeli bor u Bosni

Za procjenu bonitetnog razreda staništa oglednih površina upotrijebili smo krivulje bonitetnih razreda (bonitetni snop) koje se primjenjuju u redovnoj praksi uređivanja šuma u Bosni, a koje je izradio Eić (Eić, 1956). Bonitetni snop, kao što je poznato, čine pet visinskih krivih (sredine 5 bonitetnih razreda) međusobno ekvidistantnih. Jednak razmak između krivih posljedica je pretpostavke da između prinosa i visina stabla sastojine, postoji linearna korelacija, tj. da je povećanje prinosa od razreda do razreda jednako. O ovome će biti više govora u poglavlju o prirastu zapremine sastojine.

Procjenu bonitetnog razreda naših sastojina izvršili smo po ustaljenoj praksi na osnovu onog dijela visinske krive koji odgovara debljim stablima. Prilikom te procjene konstatovali smo često neslaganje toka naših visinskih krivih s tokom krivih bonitetnog snopa. Naše visinske krive imale su za tanje prečnike strmiji, a za deblje prečnike znatno položeniji tok od krivulja Eićeveg bonitetnog snopa. Po pravilu, naše sastojine nisu pripadale istom bonitetnom razredu čak ni na potezu visinske krive koji je odgovarao debljim stablima (iznad 30 cm prečnika). Kako smo procjenu bonitetnog razreda vršili do na jednu desetinu širine bonitetnog polja, mi smo u takvoj situaciji odlučili da presudnu ulogu pri toj procjeni ima položaj dijela visinske krive koji odgovara prsnim prečnicima od oko 25—40 cm. Smatrali smo, naime, da su, s obzirom na binomsku debljinsku strukturu sastojina bijelog bora, najtačnije srednje vrijednosti visina u domenu srednjeg prečnika sastojine, gdje se nalazi najveći dio stabla sastojina.\* Kasnija istraživanja Matića (Matić, 1959), u kojima je matematičko-statističkom analizom dokazao da je najsigurniji dio visinske krive onaj koji odgovara srednjem prečniku stabala u sastojini, opravdala su ovaj naš postupak.

Podaci o veličini bonitetnog razreda staništa svih oglednih površina prikazani su u prilogu (tabela II osnovnog izvornog materijala). Raspored oglednih površina po bonitetima prikazan je ranije u poglavlju »Taksacione karakteristike osnovnog materijala«.

Konstatovana neslaganja toka većine naših visinskih krivih i toka Eićeveg bonitetnih krivih i analogna zapažanja za visinske krive drugih vrsta drveća u Bosni (za jelu, smrču i bukvu — Matić, crni bor — Drinić i hrast — Vukmirović) uvjerila su nas da je pri konstrukciji postojećih bonitetnih krivih primijenjen neispravan postupak i da je nužna izrada novog bonitetnog snopa za bijeli bor koji će se bazirati na obimnim podacima mjerenja visina na našim oglednim površinama.

Izradu novog bonitetnog snopa izveli smo po sljedećem postupku:

Sve ogledne površine grupisali smo u pet grupa — pet bonitetnih razreda postojeće (Eićeve) dispozicije. Za svaku grupu izračunate su prosječne veličine visina po debljinskim stepenima. Prosjeci su računati iz veličina visina očitanih sa visinskih krivulja koje pripadaju datoj grupi — bonitetu.\*\* Iako je u

\* Prosječni srednji prečnik naših oglednih površina je oko 32 cm, a preko dvije trećine sastojina imaju srednji prečnik u intervalu 25—40 cm.

\*\* Prosjeci iz neizravnatih srednjih visina po debljinskim stepenima, koje smo takođe računali, praktično se ne razlikuju za najveći broj debljinskih stepena, što je posljedica dobrog izravnjanja visinskih krivih (po oglednim površinama) na osnovu velikog broja mjerenih visina.

našem osnovnom materijalu bilo oglednih površina čiji je bonitet bio iznad gornje granice prvog bonitetnog razreda (što je posljedica načina rada pri konstrukciji postojećeg bonitetnog snopa), mi smo ih razvrstali u grupu visinskih krivih prvog boniteta. Na taj način dobili smo pet izlomljenih linija koje predstavljaju prosječne visine stabala po debljinskim stepenima. Bonitetni razred pojedinih linija (prosječni bonitet grupe oglednih površina) izračunat je kao aritmetička sredina veličina bonitetnog razreda oglednih površina svrstanih u grupu. Zbog relativno malog broja visinskih krivih po grupama i činjenice da razdioba frekvencija sastojina po bonitetima ima uglavnom binomski oblik a da su bonitetna polja dobivena jednostavnom geometrijskom podjelom zone variranja visina stabala — prosječni boniteti grupa, izuzev za III bonitetni razred, donekle odstupaju od sredina bonitetnih razreda.

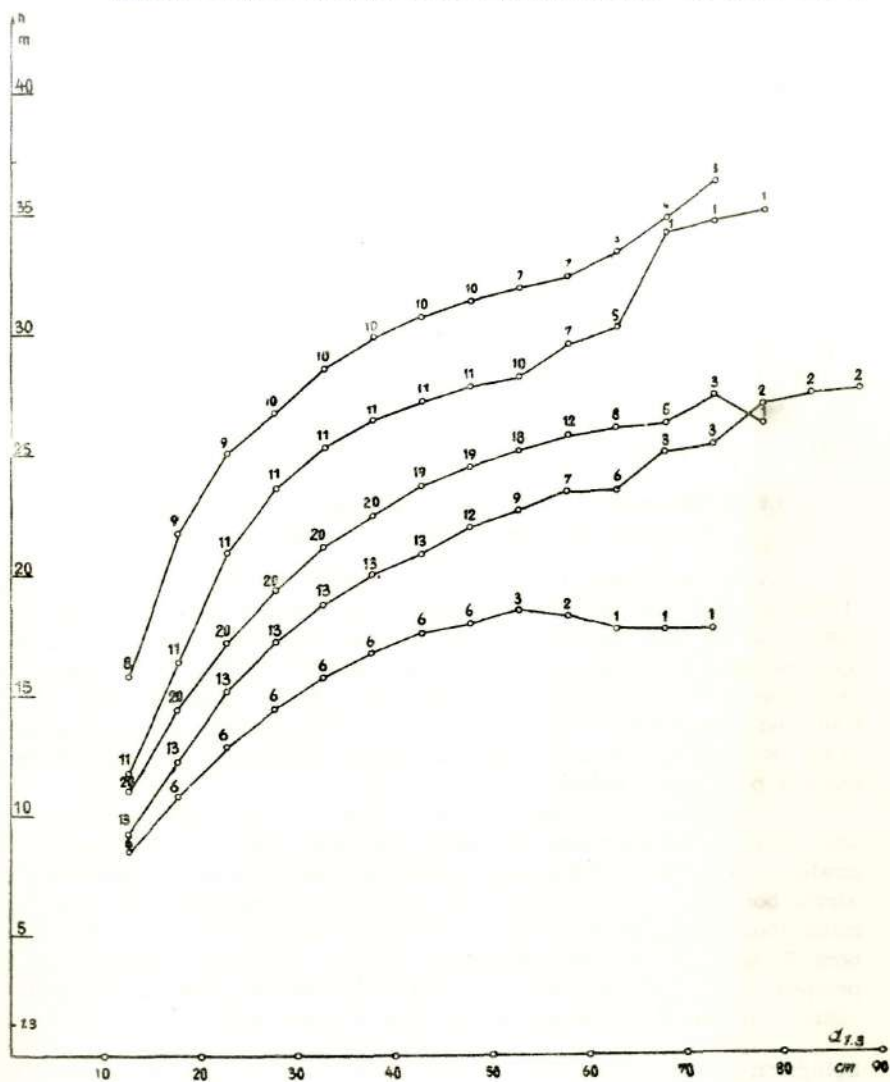
Raspored oglednih površina po grupama — bonitetima i prosječne veličine bonitetnih razreda vide se iz sljedećeg pregleda:

Unutar Eićeovog bonitetnog razreda	I	II	III	IV	V	Σ
Broj oglednih površina	10	11	20	13	6	60
Prosječna veličina bonitetnog razreda	0,72	1,80	3,00	3,82	4,78	2,76

Dobivene prosječne visine po bonitetima i debljinskim stepenima prikazane su na grafikonu br. 1 izlomljenim linijama. Te linije imaju pravilan, kontinuelan tok uglavnom do dijela koji odgovara debljinama do 50—60 cm. Nepravilnosti tokova linija za deblje prečnike posljedica su manjeg broja visinskih krivih iz kojih su računati prosjeci (visinske krive ne pružaju se jednako — nemaju istu dužinu za sve ogledne površine datog boniteta. Za taj dio krivih i prosječni boniteti grupa oglednih površina su drugačiji, o čemu je vođeno računa pri svođenju krivih na sredine bonitetnih razreda. Nužnost da se ne mijenja postojeći bonitetni snop nametala nam je potrebu preračunavanja (svođenja) prosječnih neizravnatih visina na visine koje odgovaraju sredinama bonitetnih polja. To svođenje izvršeno je na taj način što su prosječne veličine visina po debljinskim stepenima umanjene odnosno povećane za iznos proizvoda između širine bonitetnog polja i razlike između sredine boniteta i prosječnog boniteta date grupe oglednih površina. Kako su prosječni boniteti naših grupa uvijek bolji (samo za III bonitet prosjek je isti, tj. 3,00) to je svođenje prosječnih visina po bonitetima na sredinu bonitetnog polja u stvari uvijek vršeno oduzimanjem korekcionog proizvoda. Taj proizvod iznosi po bonitetima: (prosječna) širina bonitetnog polja za dati debljinski stepen  $\times 0,28$  ( $0,28 = 1,00 - 0,72$ ) za I,  $\times 0,20$ , za II;  $\times 0,18$  za IV i  $\times 0,22$  za V bonitetni razred.

Dobijene, korigovane, veličine visina opet čine izlomljene linije, ali sada još pravilnijeg toka. Te linije smo grafički izravnali. Izravnate visinske krive imaju sasvim pravilan tok, ali međusobno nemaju jednake razmake (pretpostavka uobičajenog shvatanja o linearnoj korelacionoj vezi između boniteta staništa izraženog visinom stabala sastojine i prinosa!). Izjednačenje razmaka između krivulja visina po debljinskim stepenima izvršili smo po pravoj liniji — grafički, a zatim su izvršena još neznatna izravnavanja po dužini svake krive linije. Tako su dobivene konačne visinske krive, koje odgovaraju sredinama bonitetnih razreda koje ćemo od sada označavati arapskim brojevima:

PROSJEČNE VIŠINE BIJELOG BORA PO GRUPAMA OGLEDNIH POVRŠINA  
(OGLEDNE POVRŠINE RAZVRSTANE U GRUPE PREMA EIČEVOJ BONITETNOJ DISPOZICIJI)



Grafikon br. 1

1, 2, 3, 4 i 5. To je, u stvari, novi bonitetni snop za bijeli bor u Bosni. Dobi-  
vene krive grafički su prikazane na grafikonu br. 2 (punim linijama).

S visinskih krivih izravntih na opisani način očitane su visine stabala  
do na decimetar i unesene u tabelu 1.

Tabela 1.

Prsni prečnik stabla	Bonitetni razred									
	5,0	V	4,0	IV	3,0	III	2,0	II	1,0	I
$d_{1,3}$ cm	Prosječne (izravnate) visine stabala u m									
12,5	7,5	7,6	9,1	9,7	10,9	12,0	12,5	14,3	14,2	17,1
17,5	9,8	10,0	12,1	12,6	14,4	15,2	17,0	17,8	19,5	20,5
22,5	11,8	12,0	14,7	15,0	17,5	17,9	20,5	20,6	23,4	23,4
27,5	13,6	13,9	16,8	17,0	19,9	19,9	23,0	22,9	26,1	25,8
32,5	15,1	15,4	18,2	18,6	21,4	21,6	24,5	24,8	27,7	27,9
37,5	16,2	16,7	19,4	19,9	22,6	23,2	25,7	26,5	28,9	29,7
42,5	17,0	17,8	20,2	21,1	23,5	24,6	26,7	28,0	29,9	31,3
47,5	17,7	18,8	21,0	22,3	24,2	25,8	27,5	29,3	30,8	32,7
52,5	18,2	19,8	21,6	23,3	24,8	26,8	28,2	30,4	31,5	34,0
57,5	18,7	20,5	22,0	24,1	25,4	27,7	28,8	31,4	32,1	35,1
62,5	19,2	21,2	22,5	24,9	25,9	28,6	29,4	32,3	32,7	36,1
67,5	19,5	21,7	22,9	25,5	26,4	29,3	29,8	33,1	33,3	37,0
72,5	19,8	22,1	23,3	26,1	26,8	29,9	30,2	33,8	33,7	37,8
77,5	20,0	22,4	23,6	26,4	27,1	30,4	30,6	34,5	34,1	38,5
82,5	20,2	22,7	23,8	26,8	27,4	30,9	30,9	35,0	34,4	39,1
87,5	20,4	23,0	24,0	27,1	27,6	31,2	31,2	35,4	34,7	39,6

## 1.2. Karakteristike novih bonitetnih krivih i njihovo upoređenje sa visinskim krivuljama drugih autora

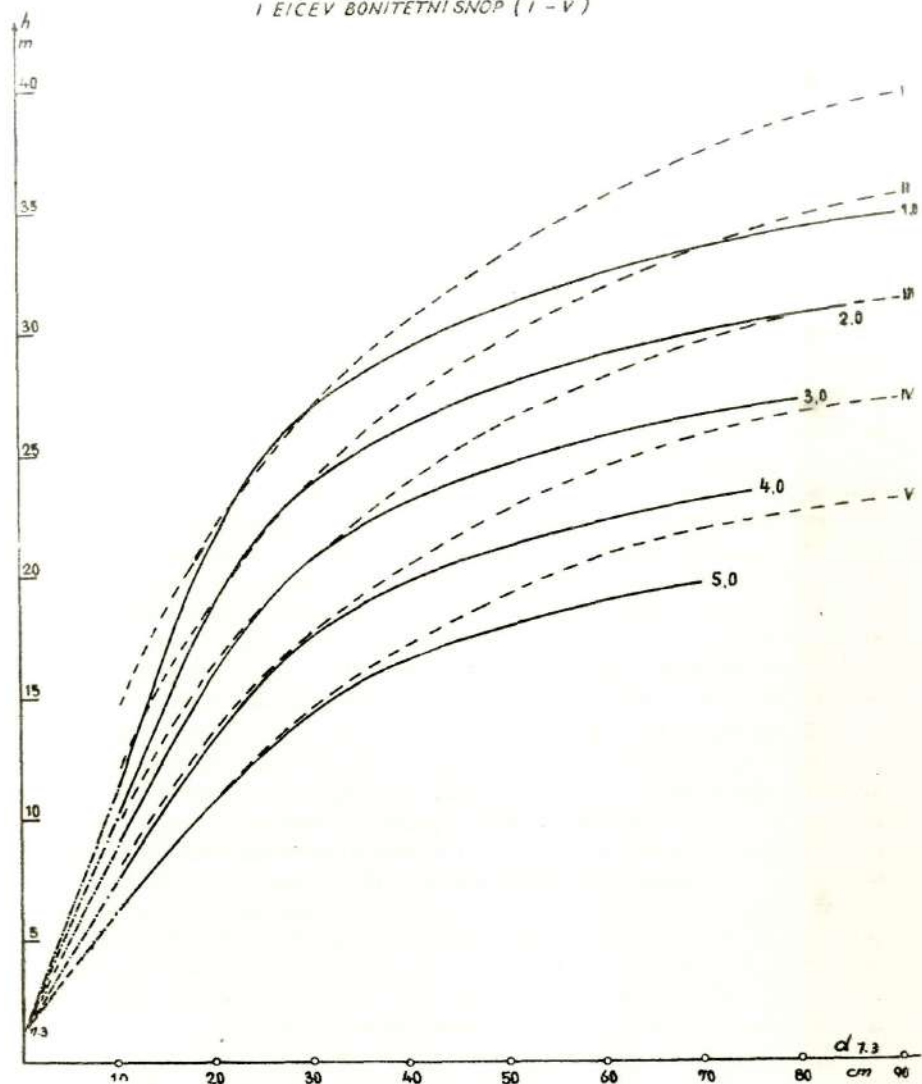
Izračene bonitetne visinske krive po svom obliku zadovoljavaju opšte uslove koji se traže pri izravnanju konkretne visinske krive sastojine. U prvom redu, njihovim produženjem za debljine ispod taksacione granice, ispunjava se uslov da je za  $d_{1,3} = 0$  cm visina stabla = 1,3 m. Drugi uslov — da se sa povećanjem debljine stabala mijenja i stepen penjanja krive — naše visine očigledno ispunjavaju. Iza manje ili više izražene prevojne tačke na svim visinskim krivim stepen penjanja krive za jednaku promjenu prečnika opada s povećanjem debljine stabala.

Nalazu Matića (1959) za smrčju, jelu i bukvu i Drinića (1926) za crni bor da je diferenciranje stabala po visinama zavisno od boniteta staništa izraženo već u tanjim debljinskim stepenima kad se izrazi u relativnoj mjeri (širina bonitetnog snopa u odnosu na visinu stabla na srednjem bonitetu staništa) možemo pridružiti i analognu tvrdnju za naše visinske krive bijelog bora. To se jasno ispoljava u približno jednakim relativnim veličinama razlika prosječnih visina stabala bijelog bora 1. i 5. bonitetnog razreda u odnosu na visine 3. bonitetnog razreda koje donosimo u ovom pregledu:

Debljinski stepen	10	20	30	40	50	60	70 cm
Razlika prosječnih visina stabala bijelog bora 1. i 5. bonitetnog razreda	5.0	10.9	12.5	12.9	13.2	13.4	13.8 m
Odnos te razlike u % prema visini stabala 3. bonitetnog razreda	56	68	60	56	54	52	52%

NOVI BONITETNI SNOPI (1.0 - 5.0) ZA BIJELI BOR U BOSNI

I EIČEV BONITETNI SNOPI (I - V)



Grafikon br. 2

Ostale karakteristike naših visinskih krivih objasnimo pri njihovom upoređenju sa visinskim krivuljama drugih autora, u prvom redu sa visinskim krivuljama za bijeli bor, a onda i za one važnije vrste drveća u Bosni koje čine mješovite sastojine sa bijelim borom.

U citiranim tablicama Eič iskazuje visine stabala po bonitetima zaokružene na cijeli metar. Radi upoređenja mi smo, nakon grafičkog izravnava-

nja, iskazali te visine zaokruženo na decimetar i prikazali ih u tabeli 1, uporedo s našim podacima. Grafove izravnatih Eićevekih visinskih krivih prikazali smo na istom grafikonu s našim izravnatim krivuljama (grafikon br. 2).

Iz grafičkog prikaza vidljiv je drugačiji tok Eićevekih krivih. Eićeve krive imaju izrazito veći stepen penjanja u njihovim »desnim« dijelovima. Razlika u stepenu penjanja naših i Eićevekih krivih za najdeblje prečnike je tolika da za bolje bonitete iznosi čitavu širinu bonitetnog polja. Prevojnu tačku, kao jednu od opštih karakteristika visinske krive, Eićeve krive nemaju.

Sa istog područja rasprostranjenja (Bosna) postoje još i bonitetne krive Šurića (Mali šumarsko-tehnički priručnik, Zagreb, 1949). Ove krive su izrađene za bijeli i crni bor zajedno, što, s obzirom na drugačiji tok krivulja, za sam crni bor (Drinić, 1962), treba pri upoređenju imati u vidu. Radi upoređenja prikazali smo na istom grafikonu naše i Šurićeve visinske krivulje (grafikon br. 3).

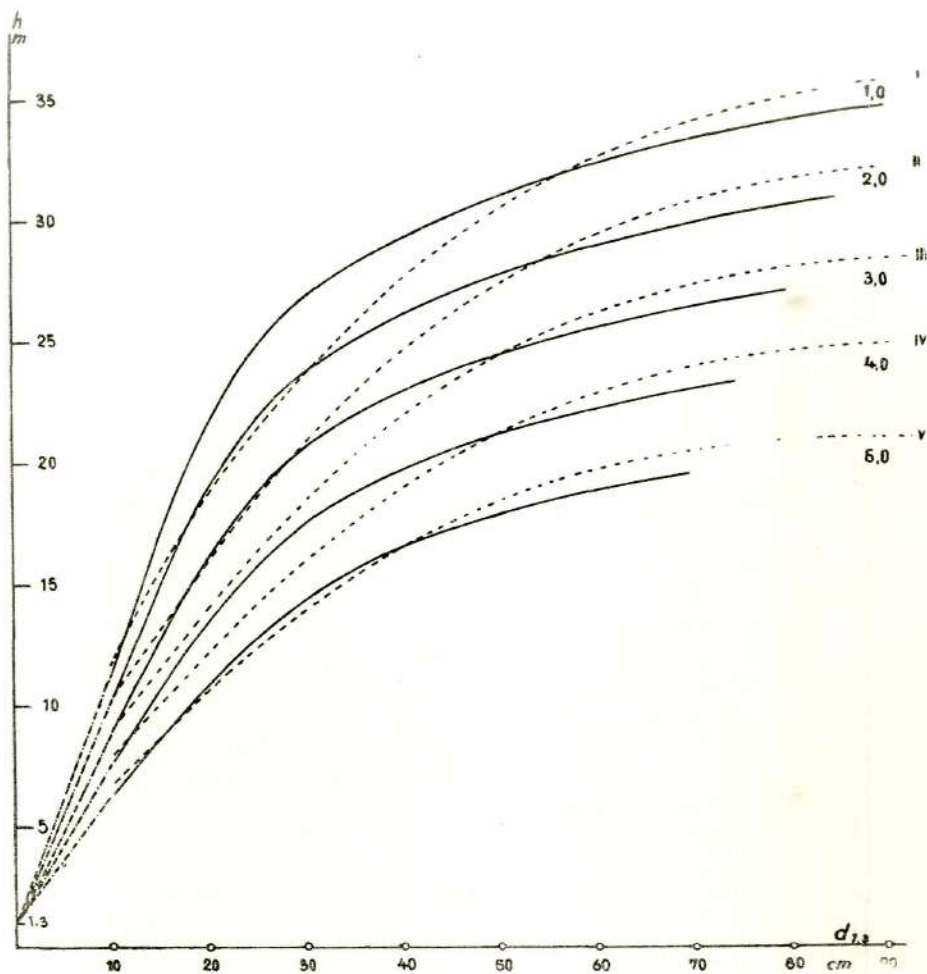
Šurićeve visinske krive, kao što se vidi, nemaju takav oblik da bi se ekstrapolacijom za prečnike ispod taksacione granice mogle spojiti s tačkom čije su koordinate  $d_{1,3} = 0$ ,  $h = 1,3$  m, što je svakako ozbiljan nedostatak. Iz grafičkog prikaza se, dalje, vidi da postoji znatno slaganje između naše i Šurićeve krive za 5. bonitetni razred gotovo čitavom dužinom. Za ostale bonitete to slaganje je ograničeno na dijelove krivih za prečnike deblje od oko 50 cm. Za tanje prečnike ova dva sistema krivih se znatno razlikuju. Razlike, po svemu sudeći, potiču dijelom iz naprijed navedenog nedostatka Šurićevekih krivih, a dijelom ih treba pripisati i činjenici da su visine stabala crnog bora (po bonitetnim krivuljama Drinića) za iste debljine znatno niže od visina stabala bijelog bora, naročito u tanjim debljinskim stepenima.

Za sastojine bijelog bora u Bugarskoj (Sirakov, 1947; Mirković, 1958) Sirakov je izradio sistem stalnih visinskih krivih. Mjerilo za izbor krive za konkretnu sastojinu je visina u debljinskom stepenu 30 cm. Ovaj prečnik uzet je kao prosjek srednjih prečnika sastojina bijelog bora zrelih za sječu. Kako je srednji prečnik naših oglednih površina oko 32 cm, smatrali smo da bi bilo moguće orijentaciono upoređenje stalnih visinskih krivih Sirakova i naših visinskih krivih. To upoređenje smo izveli tako što smo za prečnik od 30 cm očitali visine sa naših bonitetnih krivih. Te visine iznose 26,9, 23,8, 20,7, 17,6 i 44,4 m. Potom smo iz sistema stalnih krivih Sirakova uzeli nizove koji odgovaraju očitanim visinama. U stvari, pošto su nizovi visina Sirakova dati za razredne visine (visine stabala prečnika 30 cm) zaokružene na cijeli metar, izvršili smo interpolaciju visina prema očitanim »srednjim« visinama sa naših bonitetnih krivih. Dobivenih pet visinskih krivih (sve na potezu od 18 cm — 70 cm prsnog prečnika) grafički smo prikazali, zajedno sa našim bonitetnim krivuljama, na grafikonu br. 4.

Iz grafikona se vidi da između naših bonitetnih krivih i stalnih visinskih krivih Sirakova postoji znatan stepen slaganja za dijelove krivih koji odgovaraju prečnicima manjim od oko 35 cm. Dijelovi krivih Sirakova koji odgovaraju stablima debljim od oko 35 cm, s povećanjem debljine sve se više razlikuju od naših bonitetnih krivih, u stvari imaju stepene penjanja koji se, u odnosu na odgovarajuće stepene penjanja naših krivih, sporije smanjuju s porastom debljine stabala.



NOVI BONITETNI SNOP (1,0 - 5,0) ZA BIJELI BOR U BOSNI  
I ŠURIĆEVE VISINSKE KRIVE ZA BIJELI I CRNI BOR (I-V)



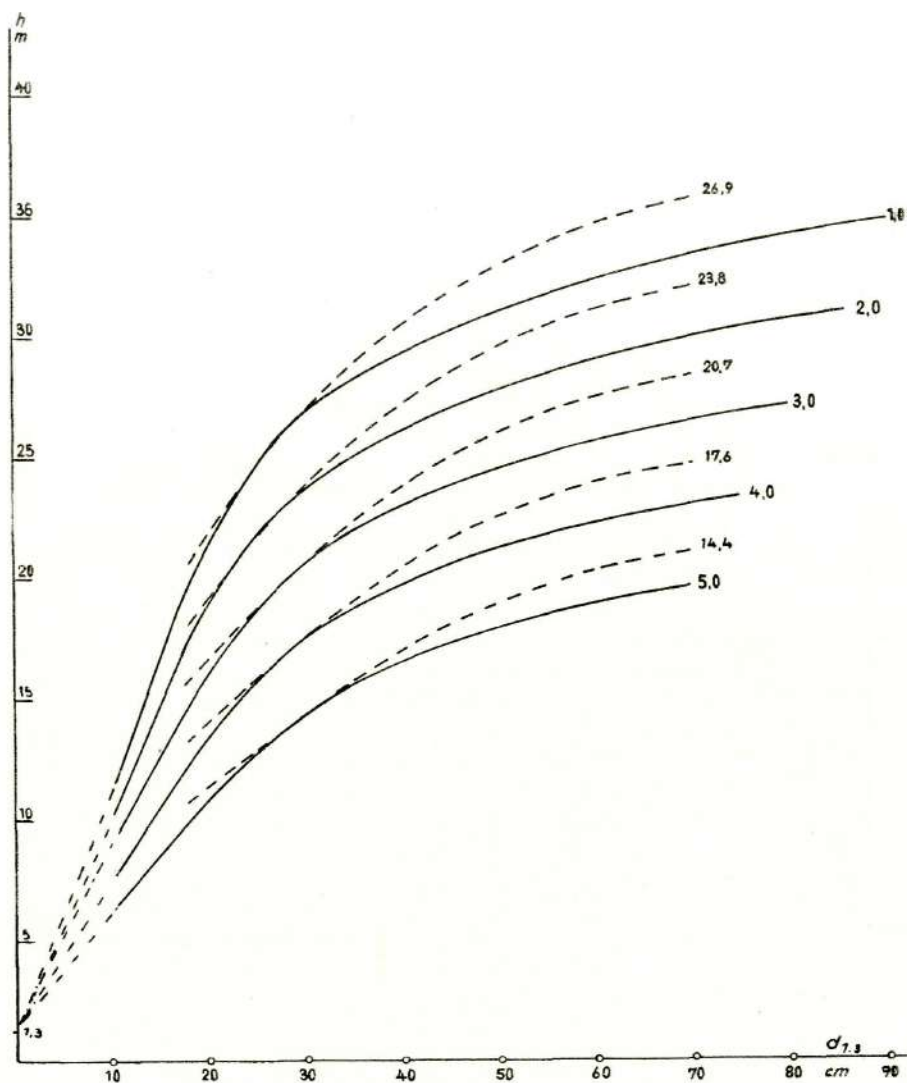
Grafikon br. 3

Tim svojim dijelom stalne visinske krive Sirakova u stvari se više podudaraju sa bonitetnim visinskim krivuljama Eića, iako već iznad prečnika 55—60 cm one počinju da smanjuju stepene penjanja brže nego Eićeve bonitetne krivulje.

Na osnovu proučavanja debljinske i visinske strukture u čistim i jednodobnim sastojinama nekih vrsta drveća (pored ostalih i bijelog bora) Tjurin

NOVI BONITETNI SNOPI (1,0-5,0) ZA BIJELI BOR U BOSNI

I-STALNE VISINSKE KRIVE ZA BIJELI BOR PREMA SIRAKOVU



Grafikon br. 4

je došao do opštih zakonitosti o odnosu visina i prečnika stabala u sastojinama (Tjurin, 1938; Mirković, 1958). Tjurin izražava taj odnos jednim uopštenim redom, bez obzira na vrstu drveća, u kome su za debljine, izražene

u desetim dijelovima srednjeg prečnika sastojine, date odgovarajuće visine stabala izražene u dijelovima srednje visine sastojine.

Taj red donosimo ovdje:

Prirodni debljinski stepeni u desetinama srednjeg prečnika sastojine

0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7;

visina stabala u dijelovima srednje visine sastojine

0,80 0,85 0,89 0,93 0,97 1,00 1,03 1,06 1,08 1,10 1,12 1,14 1,15.

Za primjenu ovog uopštenog reda potrebno je, kao što se vidi, poznavati samo srednji prečnik i srednju visinu konkretne sastojine. Da bismo mogli upoređivati (bar orijentaciono) naše visinske krive po bonitetima, mi smo za srednje prečnike sastojina predstavljenih bonitetnim krivim uzeli srednje prečnike oglednih površina po bonitetnim razredima.

Prosječne, zaokružene veličine srednjih prečnika oglednih površina po bonitetnim razredima su sljedeće:

Bonitetni razred	1.	2.	3.	4.	5.
Srednji prečnik sastojine	36	34	32	29	24 cm

Za srednje visine sastojina očitani smo s naših visinskih krivih (kao procjenu) visine koje odgovaraju navedenim srednjim prečnicima.\* Te visine po bonitetnim razredima su sljedeće:

Bonitetni razred:	1.	2.	3.	4.	5.
Visina stabala srednjeg prečnika (očitan sa visinske krive)	28,6	24,9	21,3	17,3	12,4 m

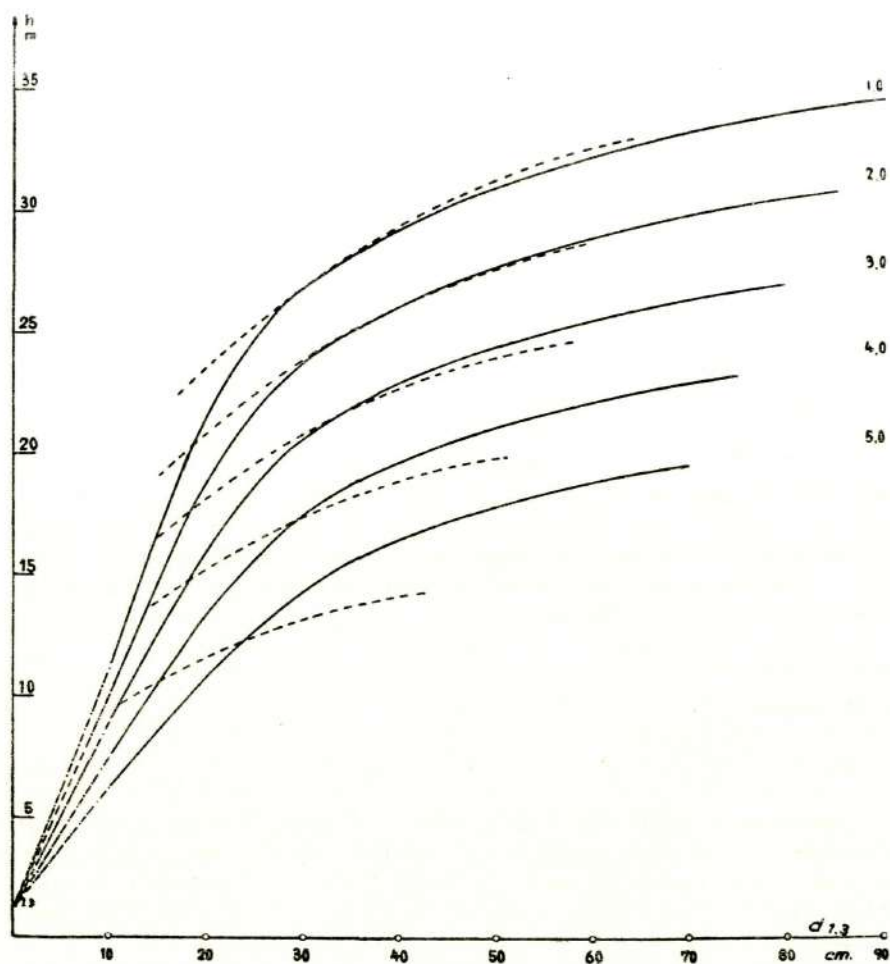
Na osnovu dobijenih veličina za srednje prečnike i odgovarajuće visine po bonitetnim razredima i ranije navedenog Tjurinovog uopštenog reda izračunali smo visine stabala za naše bonitetne razrede 1—5. Radi lakšeg upoređenja predstavili smo ih grafički zajedno sa našim bonitetnim visinskim krivim (grafikon br. 5).

Grafički prikaz pokazuje veoma dobro slaganje naših bonitetnih krivulja i krivulja dobijenih po Tjurinovom uopštenom redu za dijelove krivih koji odgovaraju prečnicima stabala debljih od srednjih prečnika i za bonitetne razrede 1, 2. i 3. Za iste bonitetne razrede stepen penjanja dijela Tjurinovitih krivih koji odgovara prečnicima manjim od srednjeg manji je nego naših bonitetnih krivih: naše krive linije su niže i strmije. Visinske krive prema Tjurinovom redu za naše bonitetne razrede 4. i 5. bitno se razlikuju od naših bonitetnih krivih: imaju manji stepen penjanja sa obje strane visine koja odgovara srednjem prečniku sastojine.

\* Ove visine su, prema nalazu Mirkovića (Mirković, 1950), najbolje procjene srednje visine sastojine računane po Lorajevov formuli.

NOVI BONITETNI SNOP (1,0 - 5,0) ZABIJELI BOR U BOSNI

NORMALNE VISINSKE KRIVE ZABIJELI BOR PO METODU TJURINA



Grafikon br. 5

Premda ovo upoređenje može imati samo orijentacioni karakter (zbog načina kako smo došli do srednjeg prečnika sastojine po bonitetnim razredima — naročito za bonitetne razrede 4. i 5.), može se naći objašnjenje konstatovanim slaganjima odnosno razlikama. Naše ogledne površine ne ispunjavaju ili ispunjavaju samo približno osnovne uslove Tjurinovog izvornog materijala — jednostobnost i primjenu uzgojnih mjera (proreda). Poznato je da sastojine prašumskog karaktera imaju veće varijacione širine razdiobe frekvencija stabala i po debljini i po visini, što svakako utiče na drugačiji tok

naših visinskih krivih.\* Analogne rezultate dobio je i Mirković upoređujući svoje normalne visinske krive za hrast kitnjak u Srbiji i krive dobijene po Tjurinovom uopštenom redu (Mirković, 1958).

Na osnovu podataka iz jednodobnih četinarskih sastojina u Njemačkoj, Hoendl je (Prodan, 1951; Mirković 1958) odnos između prečnika i visina stabala sastojine izrazio opštom formulom:

$$h = -50 d + 150 \sqrt{d} - d \quad (d \text{ u metrima}).$$

Veličine visina po formuli nacrtane kao visinska kriva predstavljaju tzv. Hoendlov visinski šablon koji smo primijenili na sljedeći način: Nacrtani visinski šablon (u razmjeri u kojoj smo crtali naše visinske krive), izrezan po obliku krive, nanosili smo u koordinatni sistem, i to tako da njegova kontura prolazi kroz tačku čije su koordinate: ranije određeni srednji prečnik sastojine i odgovarajuća visina očitana iz visinske krive određenog boniteta. Pri tome treba šablon pomicati tako da apscisne ose šablona i grafikona budu paralelne a u isto vrijeme da se ordinate tačke ( $d_s$ ,  $h_s$ ) na grafikonu i šablonu poklapaju. Duž konture šablona povuče se tada visinska kriva koja odgovara visinskoj krivoj boniteta čije su koordinate tačke oslonca ( $d_s$ ,  $h_s$ ) poslužile pri ovom povlačenju.

Opisanim načinom dobili smo pet visinskih krivih koje smo prikazali zajedno sa našim bonitetnim krivuljama na grafikonu br. 6.

Grafički prikaz pokazuje znatno neslaganje između tokova naših bonitetnih krivulja i odgovarajućih visinskih krivih po Hoendlovom visinskom šablonu.\*) Visinske krive prema Hoendlu imaju znatno veći stepen penjanja nego odgovarajuće naše krive. To naročito pada u oči za bonitetne razrede 4. i 5. Njihove krive u tanjim debljinskim stepenima toliko su strme da bi njihovom ekstrapolacijom visina stabla pala na nulu za prsne prečnike koji su viši od nule (oko 5—7 cm)!

Poređenje naših krivih ovdje je dalo slabije rezultate nego ranije izvedena poređenja sa krivuljama konstruisanim po Tjurinovom uopštenom redu iako su u oba slučaja korišćeni isti srednji prečnici i odgovarajuće visine određene na isti način. Ovdje su još više došle do izražaja razlike u karakteristikama sastojina jednog i drugog osnovnog materijala (prašumski karakter naših sastojina, velike srednje starosti i velikih raspona u starostima, neprovođenje proreda — za razliku od jednodobnih proređivanih sastojina Hoendlovog osnovnog materijala).

### 1.3. Upoređenje visina bijelog bora i visina vrsta drveća koje čine mješovite sastojine sa bijelim borom u Bosni (smrča, jela, crni bor i hrast)

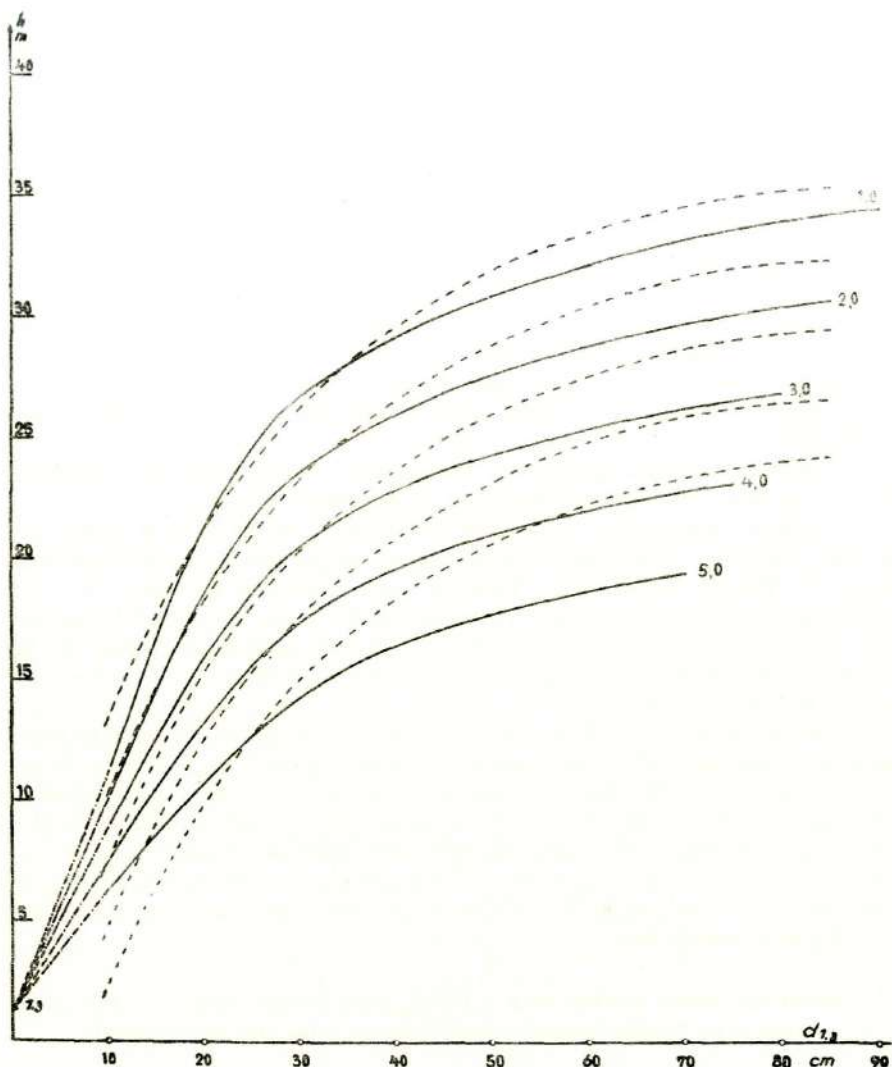
U poglavlju »Taksacione karakteristike osnovnog materijala« navedeno je da na području Bosne pored čistih sastojina bijelog bora postoje i znatne površine mješovitih sastojina bijelog bora i drugih vrsta drveća, zavisno od

\* Niže visine naših krivulja u tanjim debljinskim stepenima svakako su i posljedica neprovođenja proreda u sastojinama bijelog bora u Bosni i ubuduće će, ukoliko se proredi budu provodile, svakako doći do čisto računskog pomjeranja visinskih krivih naviše.

\*) Najbolje se slažu krive za 1. bonitetni razred.

NOVI BONITETNI SNOP (1,0 - 5,0) ZA BIJELI BOR U BOSNI

I VISINSKE KRIVE PO HOENADLOVOM VISINSKOM ŠABLOHU



Grafikon br. 6

staništa odnosno tipoloških karakteristika područja. Privredno najvažnije i najčešće primjese u borovim sastojinama su smrča (najčešće sama a ponekad i s jelom), crni bor i hrastovi (najčešće kitnjak). I dok su smrča i jela kao vrste sjenke, gotovo bez izuzetka naknadno uralasle u čiste sastojine bijelog bora i svojim visinama ne zauzimaju prvi sprat sastojine (smrčeva i jelova sta-

bla po visini zauzimaju mjesto zavisno od vremena proteklog od njihove pojave u sastojini bijelog bora), dotle crni bor i kitnjak kao vrste svjetlosti najčešće imaju krune u visini kruna stabala bijelog bora. Detaljnije o vertikalnoj izgrađenosti mješovitih sastojina bijelog bora i navedenih vrsta drveća ne može se ovdje ništa više reći, jer to pitanje izlazi iz okvira ovoga rada.

Takođe bi bilo interesatno upoređenje visina stabala koje ove vrste drveća postižu u mješovitim sastojinama sa bijelim borom, naravno za iste debljine. Upoređenje bi se, u stvari, trebalo izvesti razvrstavanjem brojčanih podataka o visinama primiješanih vrsta (svake za sebe) po bonitetnim razredima bijelog bora i međusobnim (i relativnim i apsolutnim) upoređivanjem visine date vrste drveća i visine bijelog bora za iste debljinske stepene. Ovo upoređenje izlazi takođe iz okvira ovoga rada a i naš osnovni materijal za neke od primiješanih vrsta trebalo bi u tom cilju proširiti.

Podaci o bonitetima primiješanih vrsta pokazuju slabiji bonitet smrče u mješovitim sastojinama s bijelim borom za otprilike jednu bonitetnu klasu i nešto više. Za crni bor je drugačija situacija u mješovitoj sastojini s bijelim borom. Njegov bonitetni razred je u prosjeku za jednu bonitetnu klasu (ili nešto manje) bolji od boniteta bijelog bora. Kako su oznake bonitetnih razreda relativne (zavisno od visina koju data vrsta postiže i od varijacionih širina visina za iste debljinske stepene) pa isti bonitetni razred ne označava iste apsolutne visine za sve vrste drveća, to navedene konstatacije imaju zasad samo uslovni karakter. Bolji uvid u te odnose dobićemo upoređujući prosječne visine koje pojedine od navedenih vrsta drveća postižu na svom prosječnom bonitetu staništa u području Bosne. Osnova za ovo upoređenje je Matićeva konstatacija (Matić, 1959), da je »najnižim i najvišim krivuljama visina uopće određena amplituda visina jelovih i smrčevih stabala na području Bosne, a srednje krivulje odgovaraju prosječnim staništima s obzirom na bonitet«. Iz upoređenja visina jele i smrče s visinama za crni bor koje je izvršio Drinić (Drinić, 1962) može se pretpostaviti da naprijed citirano važi i za crni bor u Bosni. Naša istraživanja sastojina bijelog bora u Bosni dozvoljavaju nam da istu tvrdnju iznesemo i za naše visinske krive za bijeli bor.\*

Prosječne visine smrče, jele i crnog bora za srednji bonitet staništa vide se iz sljedećeg pregleda:

#### Debljina stabla

10 20 30 40 50 60 70 80 cm

#### Visina stabla

smrče III boniteta	8,1	15,6	21,9	25,9	28,6	30,3	31,3	32,0 m (Matić, 1959)
jele III boniteta	7,0	14,2	20,0	24,2	26,9	28,5	29,5	30,1 m (Matić, 1959)
crnog bora								
3. boniteta	7,1	13,1	17,7	20,6	22,4	23,7	24,6	25,3 m (Drinić, 1962)
bijelog bora								
3. boniteta	9,0	16,1	20,7	23,1	24,6	25,7	26,6	27,2 m (naši podaci)

\* Izvjestan, mali broj naših oglednih površina koje se po bonitetnom razredu nalaze iznad bonitetnog pojasa (iznad I. bonitetnog razreda), najvjerojatnije predstavlja, s obzirom na naše poznavanje područja rasprostranjenja bijelog bora u Bosni, veoma rijetke i po površini, u odnosu na ukupnu površinu borovih šuma, neznatne veličine.

Ako se visine bijelog bora za svaki debljinski stepen označe indeksom 100, onda odgovarajući indeksi za visine ostalih vrsta drveća iznose:

Debljina stabla u cm	10	20	30	40	50	60	70	80
	Relativna visina stabla							
bijelog bora	100	100	100	100	100	100	100	100
smrče	90	97	106	112	116	118	118	118
jela	78	88	97	105	109	111	111	111
crnog bora	79	81	86	89	91	92	92	93

Odnos između visina stabala bijelog bora i navedenih triju vrsta drveća, kao što se iz pregleda vidi, mijenja se sa izvjesnom pravilnošću s povećanjem debljine stabala. Za sve tri vrste visine stabala u odnosu na bijeli bor su najniže u debljinskom stepenu 10 cm, a zatim s povećanjem debljine rastu do debljine od oko 50—60 cm, poslije čega zadržavaju konstantan iznos (u odnosu na visinu bijelog bora u istom debljinskom stepenu. Pri tome su visine smrče najviše, zatim je slijedi jela, a najniže prosječne visine (na srednjem bonitetu staništa) imaju stabla crnog bora. U debljinskim stepenima 10 i 20 cm visine svih triju vrsta su prilično niže od visina bijelog bora, ali s povećanjem debljine te se razlike smanjuju, te smrča već u intervalu 20—30 prestiže bijeli bor, jela to postiže iznad debljine od 30 cm, ali visine crnog bora nikad ne dostižu visine stabala bijelog bora (u stepenu 80 cm još uvijek iznose samo 93% visina bijelog bora).

Raniji navod o boljem bonitetu crnog bora, odnosno slabijem bonitetu smrče u odnosu na bonitet bijelog bora u mješovitom sastojini s bijelim borom, nakon upoređenja relativnih visina za srednji bonitet staništa, dobija, dakle, nešto drugačije značenje.

Upoređenje visina bijelog bora, smrče, jela i crnog bora biće potpunije ako se uporede varijacione širine visina određenog debljinskog stepena. Pri tome se ne radi o upoređenju varijacione širine kao razlike pojedinačnih maksimalnih i minimalnih visina, nego o amplitudi prosječnih visina, u stvari širina bonitetnog snopa (širina snopa je razlika visina između gornjeg ruba najboljeg, 1. boniteta i donjeg ruba najnižeg, 5. boniteta). Pošto za jelu, smrču i crni bor već postoje podaci o tome za debljinski stepen 50 cm (Matić, 1959; Drinić, 1962), to ćemo i za bijeli bor izračunati odgovarajući podatak i uporediti ga s ostalim.

Podaci o amplitudama, prosječnoj visini i relativnom variranju visina stabala za debljinski stepen 50 cm i srednji bonitet staništa vide se iz sljedećeg pregleda:

Vrsta drveća:	smrča	jela	crni bor	bijeli bor
Amplituda visina stabala u m:	19,7	18,3	18,3	16,5
Prosječna visina u metrima:	28,6	26,9	22,4	24,6
Relativno variranje visina:	69%	68%	82%	67%

Smrča, jela i bijeli bor na području Bosne, kao što se iz pregleda vidi, imaju prilično jednako relativno variranje visina (širina bonitetnog snopa)



u odnosu na prosječnu visinu stabala debljine 50 cm na srednjem bonitetu staništa.

Osvrnućemo se sada još na pitanje da li se kroz oblik visinskih krivih sastojina bijelog bora izražava i činjenica da je bijeli bor izrazita vrsta drveća svjetlosti. Naime, poznata je činjenica da vrste drveća svjetlosti, zbog bržeg visinskog prirasta u mladosti i njegove ranije kulminacije u odnosu na vrste drveća sjenke, imaju (računato iznad taksacione granice) položenije visinske krivulje od krivulja vrsta drveća sjenke. Radi upoređenja izračunaćemo strmost krivih za srednji bonitet staništa onih vrsta drveća koje sa bijelim borom najčešće čine mješovite sastojine na području Bosne.

Strmost krivih izračunaćemo relativnim odnosom visine stabala u debljinskom stepenu i visine u debljinskom stepenu 10 cm. Visinu stabala debljine 10 cm označićemo indeksom 100 za svaku vrstu drveća posebno.

Relativne visine za pojedine vrste drveća po debljinskim stepenima (pre-računate po podacima citiranih autora) su sljedeće:

Debljinski stepen u cm	10	20	30	40	50	60	70	80
<b>Relativna visina stabla</b>								
jele	100	203	286	346	384	407	421	430
smrče	100	193	270	320	353	374	386	395
crnog bora	100	185	249	290	315	334	346	356
bijelog bora	100	179	230	257	273	286	296	302
hrasta	100	167	206	230	252	263	272	278

Podaci u pregledu potvrđuju navedeno očekivanje — strmost visinske krive je utoliko veća ukoliko vrsta drveća bolje »podnosi« zasjenu. Jela, kao izrazita vrsta drveća sjenke, ima najviše relativne visine, slijedi je odmah smrča, crni bor je na prelazu između jele i smrče, s jedne, i bijelog bora i hrasta, s druge strane (crni bor je zavisno od staništa i vrsta polusjenke). Bijeli bor i hrast kitnjak kao vrste svjetlosti imaju znatno manje relativne visine, a naročito počevši od debljinskog stepena 30 cm pa naviše.

#### 1.4. Bonitetne zapreminske tablice (tarife) za bijeli bor u Bosni

Usvajanje predloženih bonitetnih krivih za bijeli bor na području Bosne, koje se, kao što smo vidjeli, po svom toku razlikuju od Eićevih bonitetnih krivulja za bijeli bor, povlači za sobom promjenu prosječnih oblikovisina i zapremine stabala, odnosno zamjenu dosad upotrebljivanih Eićevih zapreminskih tablica. Stoga smo izradili i nove zapreminske tablice za bijeli bor u Bosni u obliku tarifa — po bonitetima. U stvari, te tablice su prerađene zapreminske tablice Sch w a p p a c h a — za bijeli bor, koje je izdao S c h o b e r pod naslovom »Grundner und Schwappach: Massentafeln zur Bestimmung Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände«, Berlin — Hamburg, 1952.

Na osnovu visina stabala, očitanih iz naših bonitetnih visinskih krivih izračunali smo zapremine krupnog drveta za pojedine debljinske stepene. Dobi-vene zapremine su potom grafički izravnate. Sa tako izravnatih zapreminskih

krivih očitane su zapremine i iz njih izračunate oblikovisine pod debljinskim stepenima. Izračunate oblikovisine su zatim također grafički izravnate i kao definitivne očitane i unesene u tablice. Množenjem definitivno usvojenih oblikovisina sa temeljnicom odgovarajućeg debljinskog stepena dobijene su zapremine krupnog drveta stabala, koje su kao definitivne unesene u tablice.

Naše tablice sadrže pored toga oblikovisine i zapremine za cijelo stablo po debljinskim stepenima. Zapremine cijelog stabla dobili smo dodavanjem zapremine sitnog drveta (ispod 7 cm debljine) na zapreminu krupnog drveta odgovarajućeg debljinskog stepena. Zapreminu sitnog drveta izračunali smo množenjem zapremine krupnog drveta procentom zapremine sitnog drveta odgovarajuće debljine i visine stabala po bonitetnim razredima. Podatke o procentu sitnog drveta po debljinskim stepenima i bonitetnim razredima dobili smo grafičkim izravanjem podataka o procentu sitne granjevine stabala bijelog bora koje smo izračunali za odgovarajuće debljine i visine na osnovu tablica procenta sitne granjevine bijelog bora (Mali šumarsko-tehnički priručnik, Zagreb, 1949).

Konačno usvojene zapremine i oblikovisine cijelog stabla koje smo unijeli u tablice dobili smo istim postupkom kao i definitivne zapremine i oblikovisine krupnog drveta.

Bonitetne zapreminske tablice (tarife) za bijeli bor, koje smo izradili naprijed opisanim postupkom, objavljene su posebno (Matić i dr., 1963).

## 2. DEBLJINSKI PRIRAST

Zbir dviju širina jednog godišnjeg prirasta (goda) na prsnoj visini stabla, smatra se, prema ustaljenoj praksi, kao debljinski prirast stabla. Zbog okolnosti koje su poznate, određivanje godišnjeg debljinskog prirasta stabla ne vrši se direktno mjerenjem (po navedenoj definiciji), nego se njegova veličina utvrđuje kao prosjek iz višegodišnjeg debljinskog prirasta. Mi smo godišnji debljinski prirast stabla određivali kao prosjek iz desetogodišnjeg debljinskog prirasta, tj. dijeljenjem tekućeg periodičnog debljinskog prirasta s brojem godina perioda — deset.

Tekući periodični debljinski prirast za sva stabla iznad taksacione granice na oglednoj površini utvrđivan je pomoću priraštajnog svrdla. Kako su svakom stablu mjerena dva prečnika na prsnoj visini (jedan s gornje strane paralelno izohipsama terena a drugi upravno na njega) i iz njih izračunat srednji prsni prečnik stabla, određivanje prirasta vršeno je na mjestima gdje su kraci prečnice dodirivali stablo pri razmaku krakova koji je jednak veličini izračunatog srednjeg prečnika. Pri očitavanju širine posljednjih deset godina vršeno je zaokružavanje na 0,5 mm. God obrazovan u toku godine mjerenja nije uziman u obzir. (Budući da je mjerenje prirasta vršeno u toku vegetacionog perioda godine 1957. i 1958, to je za ogledne površine postavljene u 1957. godini debljinski prirast određivan za period od 1947—1956. a u 1958. godini za period od 1948—1957. godine.)

Periodični debljinski prirast svih stabala, određen na navedeni način, služio je kao osnova

a) za analize korelacionih veza između debljinskog prirasta i drugih taksacionih elemenata i utvrđivanje (procjenu) veličine debljinskog prirasta na osnovu nekih taksacionih elemenata i

b) za naknadno utvrđivanje rasporeda stabala po debljinskim stepenima na početku desetogodišnjeg perioda, koji je poslužio kao osnova za određivanje zapreminskog prirasta (po ha) svake ogledne površine.

## 2.1. Analiza korelacione veze između tekućeg debljinskog prirasta stabla i drugih taksacionih elemenata

Osnovni materijal za analizu predstavljale su veličine tekućeg (godišnjeg) debljinskog prirasta pojedinih oglednih površina. Veličine tekućeg prirasta očitane su po debljinskim stepenima (širine 5 cm) sa grafički izravnatih krivulja periodičnog debljinskog prirasta. Te veličine po oglednim površinama i debljinskim stepenima prikazane su u prilogu — tabela V.

Treba napomenuti da je za konstrukciju tih krivulja vršeno razvrstavanje debljinskog prirasta u odnosu na debljinu koju je stablo imalo na kraju perioda za koji je utvrđivan prirast. Greške koje su pri konstrukciji krivulja nastale zbog takvog načina rada zavisne su od oblika krivulja debljinskog prirasta i, s obzirom na njihovu veličinu i teškoću utvrđivanja dimenzija stabla u sredini perioda, mogu se zanemariti.\*

Pri izboru taksacionih elemenata koji su u korelacionim jednačinama poslužili kao nezavisno-promjenljive veličine, prevagu su imali oni taksacioni elementi koji se, pored pretpostavke o postojanju korelacione veze između njih i debljinskog prirasta, relativno lako i često utvrđuju u redovnoj šumarskoj praksi. To su: bonitet staništa, srednji prečnik sastojine, sklop sastojine i omjer smjese (udio zapremine bijelog bora u ukupnoj zapremini sastojine).

Korelaciona veza debljine stabla i njegovog debljinskog prirasta, u sadašnjim istraživanjima najčešće ispitivana i iskazivana, nije utvrđivana direktno pomoću višestruke korelacione analize, nego su rezultati korelacionih analiza, vršenih po debljinskim stepenima, naknadno razmotreni u zavisnosti od debljine stabla. Odluku da analize korelacionih veza između debljinskog prirasta, s jedne strane, i taksacionih elemenata uzetih kao nezavisno promjenljive, s druge strane, izvršimo po debljinskim stepenima, uslovila je u najvećoj mjeri i pretpostavka, u analizama dokazana, da se korelaciona zavisnost između boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika, pa donekle i omjera smjese, s jedne strane, i debljinskog prirasta, s druge, u znatnoj mjeri mijenja zavisno od debljine stabla. U stvari, različiti uslovi sredine, čija je brojčana mjera izražena veličinama navedenih taksacionih elemenata, različito utiču na stabla različitih debljina.

---

\* S obzirom na uobičajenu praksu i potrebu procjene prirasta unaprijed trebalo bi u stvari veličine debljinskog prirasta nanositi prema debljini stabla na početku perioda: »Stabla takvih dimenzija kakve imaju danas imaju u idućem periodu toliki i toliki debljinski prirast«.

Višestruke korelacione analize izvršili smo odvojeno za sljedeće debljine stabala (sredine dekadnih debljinskih klasa): 15, 25, 35, 45, i 55 cm.\*

Za analitički izraz korelacione zavisnosti debljinskog prirasta od navedenih taksacionih elemenata sastojine, uzetih zajedno, upotrijebili smo jednačinu sljedećeg oblika:

$$\bar{Y} = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$$

Oznake u jednačini predstavljaju sljedeće:

$\bar{Y}$  — tekući debljinski prirast stabla u mm,

$x_1$  — bonitetni razred staništa,

$x_2$  — stepen sklopa sastojine,

$x_3$  — srednji prečnik sastojine (srednji prečnik stabala bijelog bora u sastojini),

$x_4$  — omjer smjese (udio zapremine bijelog bora u ukupnoj zapremini sastojine) u %,

a, b, c, d i e — parametri.

Prema obliku jednačine vidi se da smo ovu višestruku korelacionu analizu vršili pod pretpostavkom da između pojedinih taksacionih elemenata uzetih u obzir i debljinskog prirasta postoji pravolinijska korelaciona veza.

Rješavanjem sistema normalnih jednačina za svaki debljinski stepen određeni su parametri jednačina i dobijene sljedeće jednačine višestruke korelacije po debljinskim stepenima:

$$\bar{Y}_{15} = 3,357889 + 0,063553 x_1 - 1,758264 x_2 - 0,0433564 x_3 - 0,0004511 x_4 \quad 1$$

$$\bar{Y}_{25} = 4,613949 - 0,086283 x_1 - 1,362205 x_2 - 0,0605776 x_3 - 0,0013805 x_4 \quad 2$$

$$\bar{Y}_{35} = 5,514915 - 0,286538 x_1 - 1,137795 x_2 - 0,0671975 x_3 - 0,0018678 x_4 \quad 3$$

$$\bar{Y}_{45} = 5,618985 - 0,413880 x_1 - 1,982992 x_2 - 0,0478679 x_3 - 0,0001063 x_4 \quad 4$$

$$\bar{Y}_{55} = 4,965289 - 0,321012 x_1 - 2,442500 x_2 - 0,0311009 x_3 - 0,0003713 x_4 \quad 5$$

2.1.1. Neto-korelacija između tekućeg debljinskog prirasta i boniteta staništa.

Jednačine neto-korelacije debljinskog prirasta i boniteta staništa za razmatrane debljine stabla dobivene su uvrštavanjem prosječnih veličina za ostale nezavisno-promjenljive u dobijene jednačine višestruke korelacije (br. 1—5). Time se, kao što je poznato, omogućava procjena čiste ili neto-korelacione zavisnosti debljinskog prirasta od boniteta staništa uz istovremeno eliminisanje (ali ne zanemarivanje!) veze između debljinskog prirasta i ostalih taksacionih elemenata uzetih u obzir u jednačini višestruke korelacije.

\* Višestruka korelaciona analiza debljinskog prirasta za debljinu 65 cm, iako je izvršena, zbog nelogičnih i kontradiktornih rezultata (kao posljedica malog broja oglednih površina koje su imale stabla tih debljina i izuzetno malog broja stabala na kojima su se podaci o debljinskom prirastu tih oglednih površina zasnivali) nije uzeta u obzir.

Opšti oblik jednačina neto-korelacije u ovom slučaju glasi:

$$\hat{y}_i = a_i + b_i x_i$$

Indeks »i« ukazuje da se uvrštavanjem odgovarajuće vrijednosti parametara a i b u ovu (opštu) jednačinu dobijaju jednačine neto-korelacije za odgovarajuće debljinske stepene. Te jednačine glase:

$\hat{y}_{15} = 0,833 + 0,063553 x_1$	1.1
$\hat{y}_{25} = 1,680 - 0,086283 x_1$	2.1
$\hat{y}_{35} = 2,485 - 0,286538 x_1$	3.1
$\hat{y}_{45} = 2,755 - 0,413880 x_1$	4.1
$\hat{y}_{55} = 2,281 - 0,321012 x_1$	5.1

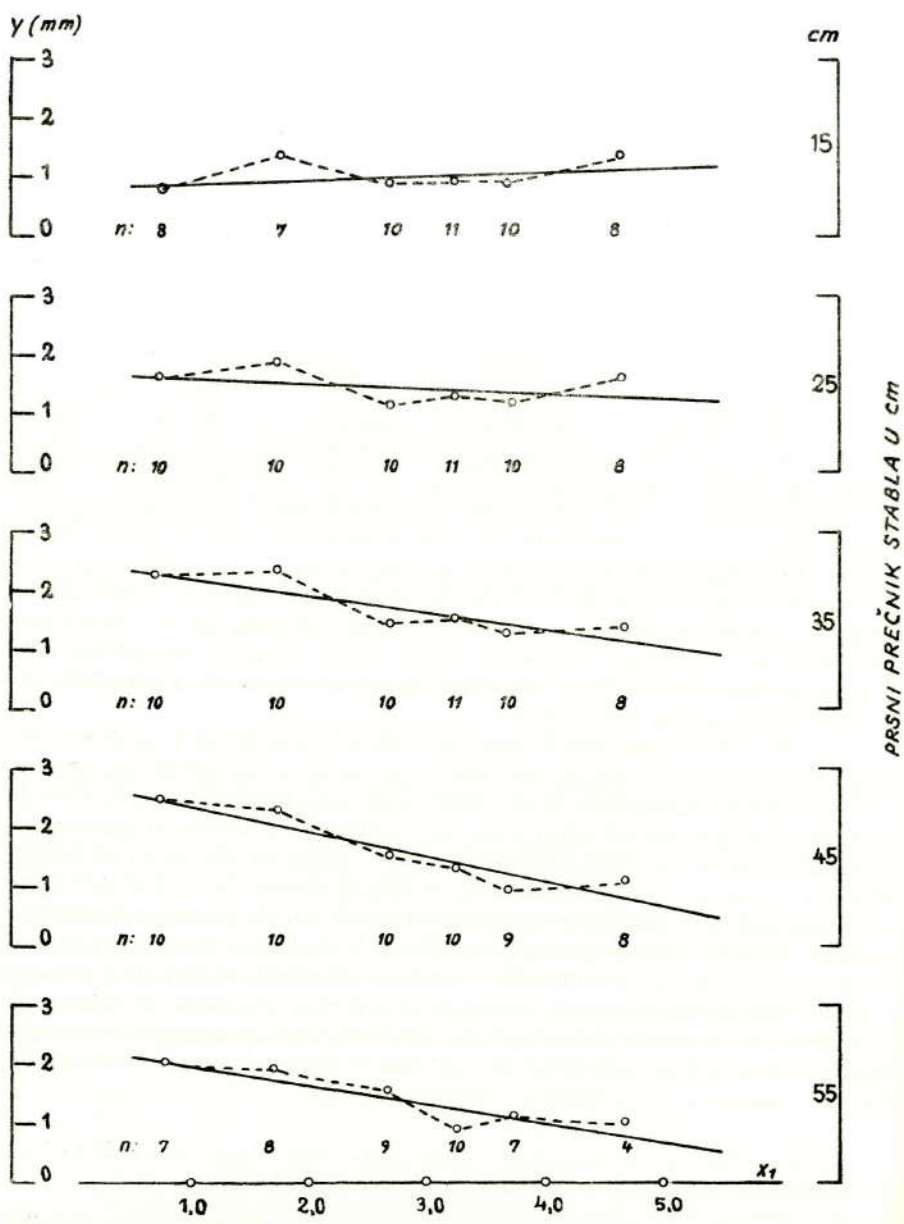
Grafički prikaz neto-korelacije debljinskog prirasta i boniteta staništa dat je na grafikonu br. 7. Izlomljene crtkane linije na toj slici predstavljaju neizravnatu neto-korelaciju između debljinskog prirasta i boniteta staništa a pune prave linije predstavljaju pravce jednačina izravnate neto-korelacije. Parametar b naziva se koeficijentom neto-korelacije. On pokazuje prosječnu promjenu debljinskog prirasta (zavisno-promjenljive) za promjenu jedinice boniteta staništa (jednog bonitetnog razreda) uz istovremeno eliminisanje promjena debljinskog prirasta povezanih sa promjenama ostalih nezavisno-promjenljivih (sklopa sastojine, srednjeg prečnika i omjera smjese bijelog bora). Veličine parametra b u našim jednačinama neto-korelacije povećavaju se s povećanjem debljine stabla (zaključno sa debljinom od 45 cm). To znači da se »uticaj« boniteta staništa na debljinski prirast bijelog bora (u apsolutnoj mjeri) povećava s povećanjem debljine stabla. Istovremeno negativni predznak parametra b (koeficijenta neto-korelacije b) u jednačinama za sve debljinske stepene izuzev za najtanji debljinski stepen, znači da se s povećanjem veličine bonitetnog razreda (tj. s pogoršavanjem boniteta staništa) smanjuje debljinski prirast stabla bijelog bora.

Linije neizravnate neto-korelacije debljinskog prirasta i boniteta staništa imaju uglavnom isti, ponešto zakrivljen, oblik za sve debljinske stepene i (uz eventualno uzimanje u obzir drugih nezavisno-promjenljivih, kao što je projekcija krošnje stabla) ukazuju na krivolinijsku neto-korelaciju između debljinskog prirasta i boniteta staništa. Po svom obliku ne odvajaju se od ostalih ni linija neizravnate neto-korelacije za debljinski stepen 15 cm, i činjenica da izravnata linija neto-korelacije ima, za razliku od ostalih, pozitivan koeficijent neto-korelacije svakako je izuzetak pravila da je debljinski prirast veći na boljem bonitetu. Analize krivolinijske višestruke korelacije debljinskog prirasta i ostalih taksacionih elemenata uz uzimanje u obzir i projekcije krošnje stabla koje smo takođe uradili, potvrđuju ovo naše mišljenje. Do analognih rezultata došli su Drinić (Drinić, 1962) za crni bor i Vukmirović (Vukmirović, 1962) za hrast kitnjak u Bosni.

#### 2.1.2. Neto-korelacija između tekućeg debljinskog prirasta stabla i stepena sklopa sastojine.

Jednačine neto-korelacije debljinskog prirasta i stepena sklopa sastojine dobili smo uvrštavanjem prosječnih veličina za sve ostale nezavisno-promjenljive (izuzev za stepen sklopa) u jednačine br. 1 — 5.

LINIJE NETO KORELACIJE TEKUĆEG DEBLJINSKOG PRIRASTA  
STABLA (Y) I BONITETA STANIŠTA (X<sub>1</sub>)



Grafikon br. 7

Opšti oblik ovih jednačina neto-korelacije glasi:

$$\hat{y}_i = a_i + c_i x_2.$$

Uvrštavanjem odgovarajućih veličina parametara  $a$  i  $c$  u ovu opštu jednačinu dobili smo jednačine neto-korelacije za pojedine debljinske stepene.

Te jednačine glase:

$\hat{y}_{15} = 2,184 - 1,758264 x_2$	1.2
$\hat{y}_{25} = 2,350 - 1,362205 x_2$	2.2
$\hat{y}_{35} = 2,458 - 1,137795 x_2$	3.2
$\hat{y}_{45} = 2,949 - 1,982992 x_2$	4.2
$\hat{y}_{55} = 3,018 - 2,442500 x_2$	5.2

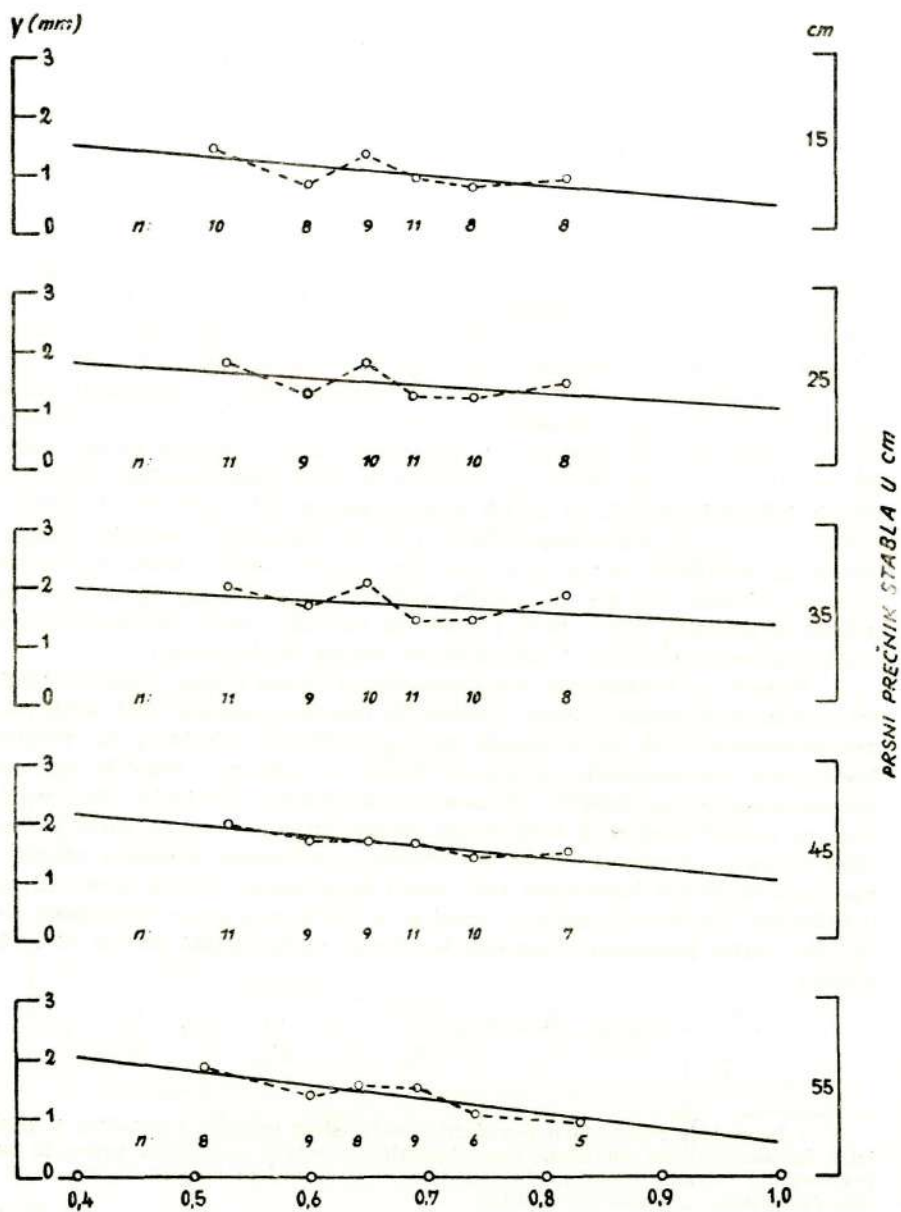
Na grafičkom prikazu neto-korelacije debljinskog prirasta i stepena sklopa sastojine (grafikon br. 8) vidi se da se ona može dosta dobro izraziti pravom linijom iako možda manje uspješno za najtanja i srednje debela stabla. Prosječna promjena — smanjenje debljinskog prirasta uz promjenu — povećanje sklopa sastojine za jedinicu (jednu desetinu potpunog sklopa), izražena veličinom i predznakom koeficijenata neto-korelacije, stručno je logična: sva dosadašnja istraživanja za sve vrste drveća pokazuju smanjenje debljinskog prirasta s povećanjem stepena sklopa sastojine (pored ostalih: Matić, 1959, Vukmirović, 1962, Drinić, 1962). Izvjesno podizanje neizravnatih linija neto-korelacije za sve debljinske stepene na potezu koji odgovara stepenu sklopa većem od 0,75 vjerovatno je posljedica načina procjene sklopa sastojine: u mješovitim sastojinama procjenjivan je sklop cijele sastojine a ne sklop stabala bijelog bora, koja su uvijek u prvoj, najgornjoj etaži\*. Povećanje koeficijenta neto-korelacije u stepenima 45 i 55 cm, što znači povećanje »uticaja« sklopa na debljinski prirast s povećanjem debljine stabla, teško je stručno objasniti, ukoliko nije u pitanju slična sistematska greška pri procjeni sklopa (mješovite sastojine bijelog bora i smrče ili jele koje imaju, po pravilu, veće stepene sklopa imaju često i veće debljine stabala bijelog bora)!

Upoređenje koeficijenta neto-korelacije za stepen sklopa i onih za bonitet staništa radi sticanja uvida o većem ili manjem »uticaju« ovih dviju nezavisno-promjenljivih na debljinski prirast ne bi bilo korektno, jer veličina koeficijenta neto-korelacije varira u zavisnosti od jedinice u kojoj je data nezavisno-promjenljiva izražena. Ni relativno upoređenje (Drinić, 1962) u odnosu na srednji bonitet ili neki stepen sklopa, zbog proizvoljno uzete varijacione širine ne doprinosi mnogo osvjetljavanju problema. Korektno upoređenje može se postići upotrebom tzv. »beta« koeficijenata. Svaka promjenljiva u jednačini višestruke korelacije izrazi se u veličinama svoje standardne devijacije. Opšta jednačina višestruke korelacije za debljinski prirast bi onda glasila:

$$\frac{\hat{y}}{s_y} = a' + \beta_1 \frac{x_1}{s_{x_1}} + \beta_2 \frac{x_2}{s_{x_2}} + \beta_3 \frac{x_3}{s_{x_3}} + \beta_4 \frac{x_4}{s_{x_4}}$$

\* Preciznije rečeno ovo povećanje debljinskog prirasta posljedica je onih istih faktora koji su navedeni kao objašnjenje pojave povećanja procenta zapreminskog prirasta sastojine bijelog bora s povećanjem omjera smjese smrče i jele (detaljnije u poglavlju II 4.1.5).

LINIJE NETO KORELACIJE TEKUĆEG DEBLJINSKOG PRIRASTA STABLA ( $y$ )  
I STEPENA SKLOPA SASTOJINE ( $x_2$ )



Grafikon br. 8



U ovoj jednačini veličine koeficijenata  $\beta$  dobivaju se na sljedeći način:

$$\beta_1 = b \frac{s_{x_1}}{s_y}, \beta_2 = c \frac{s_{x_2}}{s_y}, \beta_3 = d \frac{s_{x_3}}{s_y} \text{ i } \beta_4 = e \frac{s_{x_4}}{s_y}.$$

Što je koeficijent  $\beta$  veći to je veći »uticaj« date nezavisno-promjenljive na zavisno-promjenljivu veličinu, odnosno u ovom slučaju debljinski prirast stabla.

### 2.1.3. Neto-korelacija između tekućeg debljinskog prirasta stabla i srednjeg prečnika sastojine.

Jednačine ove neto-korelacije debljinskog prirasta dobili smo uvrštavanjem prosječnih veličina za bonitet staništa, stepen sklopa sastojine i omjer smjese bijelog bora u jednačine višestruke korelacije po debljinskim stepenima (jednačine br. 1—5).

Opšti oblik jednačina neto-korelacije u ovom slučaju je:

$$\hat{y}_i = a_i + d_i x_3$$

Za pojedinačne debljinske stepene one glase:

$\hat{y}_{15} = 2,339 - 0,0433564 x_3$	1.3
$\hat{y}_{25} = 3,375 - 0,0605776 x_3$	2.3
$\hat{y}_{35} = 3,844 - 0,0671975 x_3$	3.3
$\hat{y}_{45} = 3,177 - 0,0478679 x_3$	4.3
$\hat{y}_{55} = 2,486 - 0,0311009 x_3$	5.3

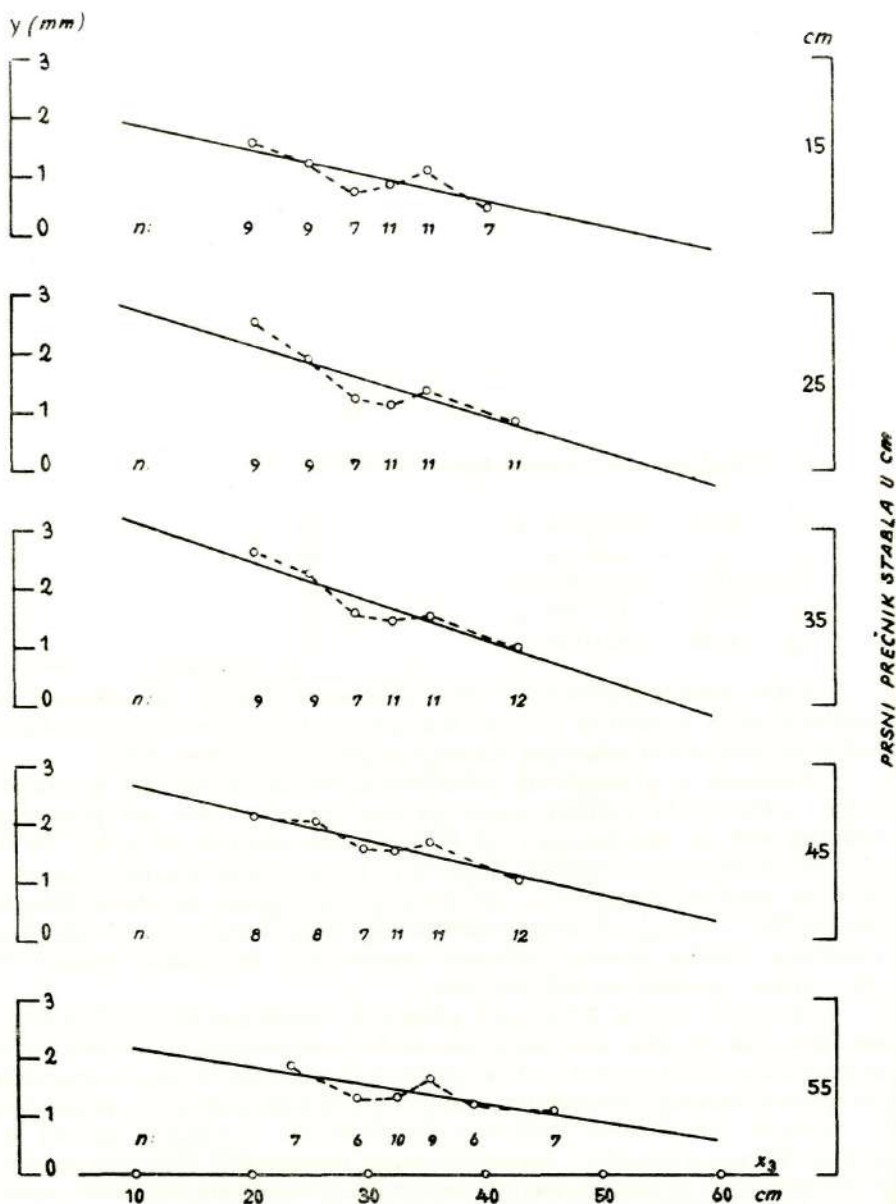
Prave linije predstavljene ovim jednačinama grafički su prikazane na grafikonu br. 9, zajedno sa linijama koje predstavljaju neizravnatu neto-korelaciju po debljinskim stepenima (izlomljene, crtkano povučene linije).

Parametri  $d_i$  u navedenim jednačinama, odnosno koeficijenti neto-korelacije, predstavljaju veličinu smanjenja debljinskog prirasta pri povećanju srednjeg prečnika sastojine za 1 cm. S povećanjem debljine stabla, kao što se vidi, ovi koeficijenti se najprije povećavaju a zatim smanjuju pa je »uticaj« srednjeg prečnika sastojine na debljinski prirast najjači za stabla srednje debljine (30 — 40 cm). Međutim, relativno smanjenje debljinskog prirasta zbog povećanja srednjeg prečnika sastojine najveće je u debljinskom stepenu 15 cm i opada s povećanjem debljine stabla.

Opadanje veličine debljinskog prirasta s povećanjem srednjeg prečnika sastojine, koje je, iako nejednakog intenziteta, konstatovano za sve debljinske stepene, stručno je logično i može se objasniti povećanjem stepena međusobnog prekrivanja stabala s povećanim srednjim prečnikom sastojine i paralelnim promjenama toka srednjeg prečnika i srednje starosti sastojine. U opštem dijelu pri izlaganju metodike statističke obrade usvojili smo sasvim opravdanu pretpostavku da se srednja starost sastojine u korelacionim analizama može, zbog paralelnog i istosmjernog toka, zamijeniti sa srednjim prečnikom sastojine, koji se lakše određuje u svakodnevnoj praksi. Opravdana je pretpostavka

LINIJE NETO KORELACIJE TEKUĆEG DEBLJINSKOG PRIRASTA STABLA (Y)

I SREDNJEG PREČNIKA SASTOJINE ( $x_3$ )



Grafikon br. 9

da su stabla određenog prečnika u onim sastojinama koje imaju veći srednji prečnik u prosjeku starija od takvih stabala u sastojinama manjeg srednjeg prečnika, pa su određenu debljinu postigla manjim debljinskim prirastom.

Jasniji uvid u neto-korelaciju debljinskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine dobio bi se svakako da je kao nezavisno-promjenljiva uzeta u obzir i veličina projekcije krošnje stabla.

Iako prave linije dosta dobro izravnavaju neto-korelaciju debljinskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine, ipak na grafičkom prikazu pada u oči karakterističan povijen oblik neizravnatih linija neto-korelacije. Ovo upućuje na pretpostavku da bi izravnane neto-korelacije debljinskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine bilo uspješnije pomoću krive linije.

Smanjenje debljinskog prirasta s povećanjem srednjeg prečnika sastojine konstatovali su i drugi autori: Matić za bukvu u potpunosti a za smrču i jelu djelimično (Matić, 1959) i Drinić za crni bor u Bosni (Drinić, 1962).

#### 2.1.4. Neto-korelacija između tekućeg debljinskog prirasta i omjera smjese bijelog bora.

Ova korelacija grafički je predstavljena na grafikonu br. 10. Njene jednačine po debljinskim stepenima dobijene su na isti način kao i ranije navedene jednačine neto-korelacije. U jednačine višestruke korelacije po debljinskim stepenima uvrštene su prosječne veličine svih nezavisno-promjenljivih izuzev veličine za omjer smjese bijelog bora ( $x_4$ ).

Opšti oblik jednačina neto-korelacije u ovom slučaju glasi:

$$\hat{y}_i = a_i + e_i x_4.$$

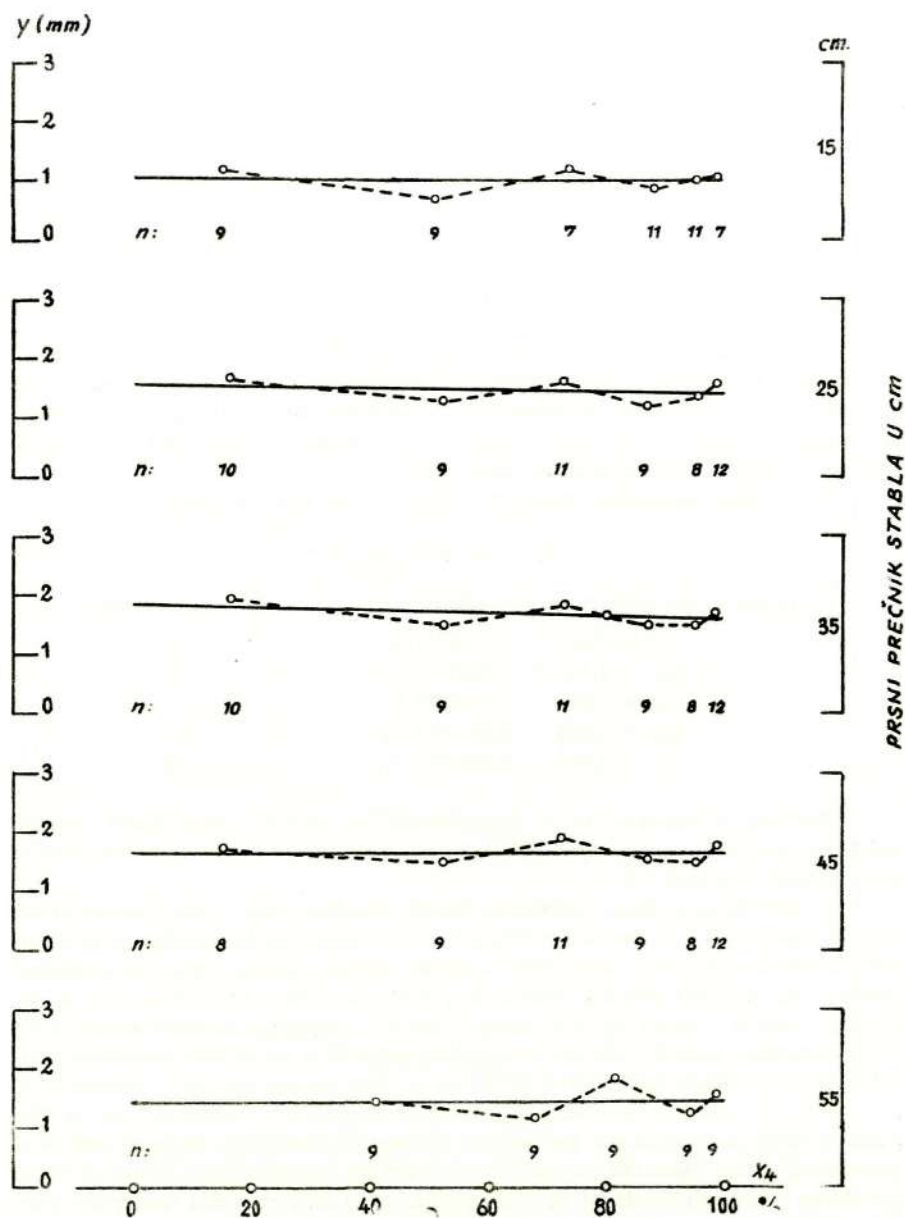
Za pojedinačne debljinske stepene ove jednačine date su izrazima:

$\hat{y}_{15} = 1,047 - 0,0004511 x_4$	1.4
$\hat{y}_{25} = 1,541 - 0,0013805 x_4$	2.4
$\hat{y}_{35} = 1,834 - 0,0018678 x_4$	3.4
$\hat{y}_{45} = 1,643 - 0,0001063 x_4$	4.4
$\hat{y}_{55} = 1,452 - 0,0003713 x_4$	5.4

Veličine parametra »e« u jednačinama za pojedine debljinske stepene pokazuju prosječno smanjenje debljinskog prirasta za povećanje omjera smjese bijelog bora u iznosu od 1%.

Iz grafičkog prikaza (izravnate linije neto-korelacije teku gotovo paralelno s apscisom!) i na osnovu veličina koeficijenata neto-korelacije po debljinskim stepenima može se zaključiti da omjer smjese bijelog bora ima neznatan »uticaj« na veličinu tekućeg debljinskog prirasta stabla. Pri višestrukoj korelacionoj analizi u kojoj bi bila uzeta u obzir i projekcija krošnje stabla a za linije izravnate neto-korelacije debljinskog prirasta i pojedinih nezavisno-promjenljivih pretpostavljene krive linije (sa po dva parametra) ne bi trebalo uzimati u obzir omjer smjese kao nezavisno-promjenljivu. Smanjenje broja stepena slobode u formuli za koeficijent višestruke korelacije koje dolazi zbog povećanog broja parametara (za omjer smjese kao nezavisno-promjenljivu) poništava neznatnu prednost koja se postiže povećanjem broja nezavisno-promjenljivih u višestrukoj korelaciji.

LINIJE NETO KORELACIJE TEKUĆEG DEBLJINSKOG PRIRASTA  
STABLA (y) I OMJERASMJESE BIJELOG BORA (x<sub>4</sub>)



Grafikon br. 10

Ipak izgleda da postoje neke osnove za pretpostavku da je debljinski prirast manji (iako neznatno!) u čistim sastojinama bijelog bora. Izgleda da je u neto-korelaciji debljinskog prirasta i omjera smjese bijelog bora došlo do izražaja paralelno dejstvo jednog ili više faktora koji ovom analizom nisu obuhvaćeni (veličina projekcije krošnje stabla, debljina odnosno kvalitet zemljišta i dr.).

## 2.2. Neto-korelac'ja između tekućeg debljinskog prirasta i debljine (prsnog prečnika) stabla

Debljina (prsni prečnik) stabla nije u analizi višestruke korelacije uzeta direktno u obzir kao nezavisno-promjenljiva veličina. Kao što je u uvodnom izlaganju rečeno (poglavlje 2.1. ove glave) korelaciona veza između debljinskog prirasta i prsnog prečnika može se utvrditi i na osnovu analiza višestruke korelacije izvršenih po debljinskim stepenima. To smo uradili na sljedeći način:

Po jednačinama višestruke korelacije br. 1 — 5. izračunali smo veličine debljinskog prirasta za pojedine debljinske stepene uvrštavajući u te jednačine prosječne veličine svih nezavisno-promjenljivih.

Prosječne veličine nezavisno-promjenljivih su:

$$\bar{x}_1 = 2,744, \quad \bar{x}_2 = 0,662, \quad \bar{x}_3 = 32,055 \quad \text{i} \quad \bar{x}_4 = 72,080.$$

Ove veličine dobijene su kao prosjek svih slučajeva za sve debljinske stepene za koje je vršena višestruka korelaciona analiza.

Tim postupkom dobili smo u stvari veličine tekućeg debljinskog prirasta čije promjene su u zavisnosti od debljine stabla a promjene koje su povezane sa ostalim nezavisno-promjenljivim veličinama, uzetim u obzir, eliminisane su.

Te veličine su:

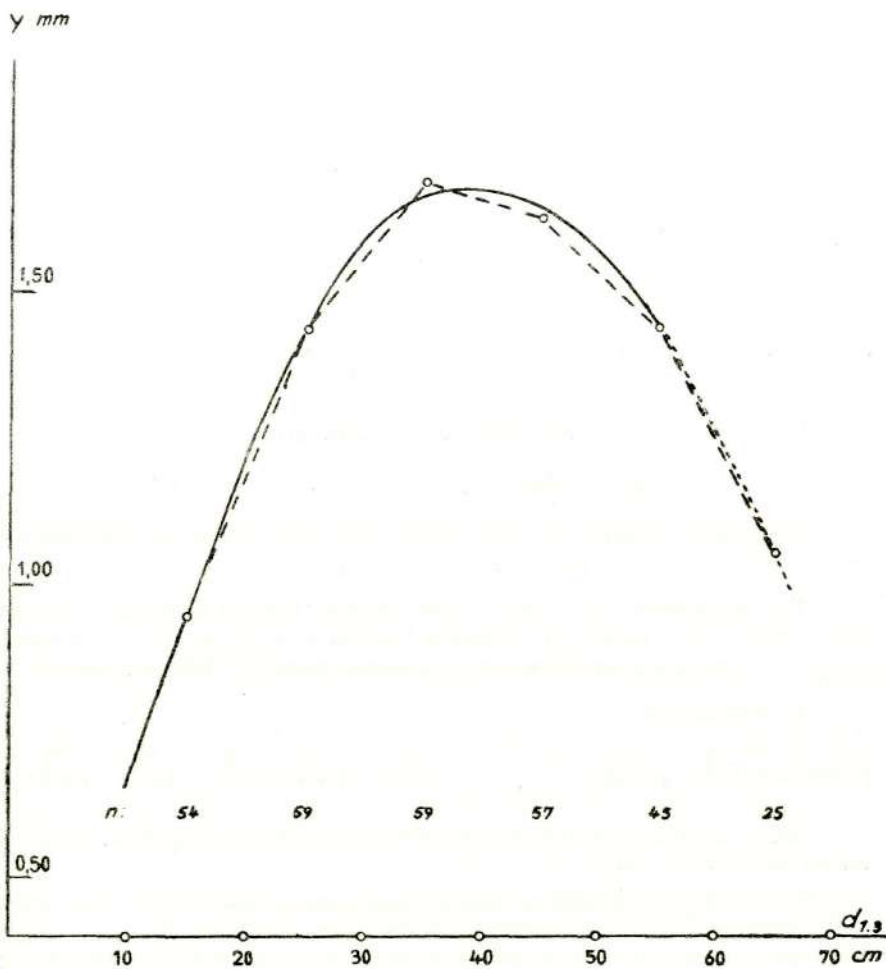
Debljina stabla:	15	25	35	45	55	cm
Tekući debljinski prirast:	0,945	1,434	1,686	1,628	1,443	mm

Odnos debljine stabla i tekućeg debljinskog prirasta grafički je prikazan na grafikonu br. 11.\*

Kroz tačke na grafikonu čije su koordinate debljina stabla (kao apscisa) i odgovarajući tekući debljinski prirast (kao ordinata) može se sasvim dobro interpolirati kriva linija oblika parabole. U višestrukoj korelacionoj analizi ta bi kriva linija predstavljala izravnatu neto-korelaciju debljinskog prirasta i debljine stabla. Da je debljina stabla uzeta kao nezavisno-promjenljiva veličina u višestrukoj korelacionoj analizi, za izravnjanje pojedinačnih slučajeva bila bi potrebna svakako funkcija sa više parametara nego što je to slučaj kad se radi o izravnjanju prosječnih veličina po debljinskim stepenima. Neka bi to bila parabola četvrtog reda i neka bi, sigurnosti radi, njeno pridru-

\* Debljinski prirast za debljinu stabla 65 cm nanesen je na grafikon radi orijentacionog uvida u tok debljinskog prirasta za stabla deblja od 55 cm, ali podaci za stepen 65 cm nisu uzeti u obzir za računanje koeficijenta višestruke korelacije.

NETO KORELACIJA TEKUĆEG DEBLJINSKOG PRIRASTA  
STABLA ( $\gamma$ ) I DEBLJINE ( $d_{1.3}$ ) STABLA



Grafikon br. 11

živanje u jednačinu višestruke regresije bilo praćeno množenjem svih njenih članova sa svim ostalim članovima jednačine višestruke korelacije, nova jednačina višestruke korelacije imala bi tada 25 članova, tj.  $(4 + 1) \times 5 = 25$  parametara.

Za računanje korelacionog koeficijenta ovako zamišljene višestruke korelacije upotrijebili smo formulu koju preporučuje Ezekiel (Ezekiel, 1956) uz primjenu naših oznaka za neke članove formule:

$$R = \sqrt{1 - \frac{s_z^2}{s_y^2} \cdot \frac{N-1}{N-m}}$$

U formuli su označeni:

$s_z$  — standardna greška procjene,

$s_y$  — standardna devijacija izvornih podataka\*,

$N$  — ukupan broj slučajeva (izvornih podataka) za sve debljine obuhvaćene analizom,

$m$  — broj parametara pretpostavljene jednačine višestruke korelacije.

Podaci potrebni za primjenu formule dati su u sljedećem tabelarnom pregledu:

Debljina stabla u cm	15	25	35	45	55	$\Sigma$
Broj slučajeva (n)	54	59	59	57	45	274
Zbir veličina debljinskog prirasta ( $y_i$ )	54,8	85,2	100,4	93,2	64,1	397,7
Zbir kvadrata debljinskog prirasta ( $y_i$ )	79,38	161,02	212,40	186,84	120,25	759,89
Zbir kvadrata grešaka procjene ( $\Sigma Z_i^2$ )	17,72	26,18	29,00	21,84	23,56	118,30

Iz podataka navedenih u pregledu izračunali smo najprije varijansu višestruke korelacije ( $s_z^2 = 0,431752$ ) i varijansu zavisno-promjenljive ( $s_y^2 = 0,816447$ ). Uvrštavanjem ovih veličina i veličina njihovih stepena slobode ( $N-1 = 274 - 1 = 273$  za  $s_y^2$  i  $N - m = 274 - 25 = 249$  za  $s_z^2$ ) u formulu dobili smo sve elemente za računanje koeficijenta višestruke korelacije. On iznosi 0,538.

Prilično mala veličina ovog koeficijenta ukazuje da se znatan dio variranja debljinskog prirasta ne može pripisati taksacionim elementima uzetim u analizu, pa bi za postizanje čvršće korelacione veze trebalo uzeti u obzir još neke taksacione elemente, u prvom redu veličinu projekcije krošnje stabla.

Pored toga, treba voditi računa i o tome da koeficijent višestruke korelacije objašnjava samo koji se dio variranja zavisno-promjenljive može pripisati promjenama nezavisno-promjenljivih uzimajući u obzir samo onaj oblik matematičke veze između njih i zavisno-promjenljive koji je dat u jednačini višestruke korelacije. Za produbljenija istraživanja korelacione veze između debljinskog prirasta i drugih taksacionih elemenata trebalo bi u prvom redu, pored spomenutog uzimanja u obzir veličine projekcije krošnje stabla, uzeti u obzir krivolinijske veze za sve one taksacione elemente čije su neizravnate linije neto-korelacije ukazivale na njihov krivolinijski karakter. Trebalo bi, osim toga, odbaciti omjer smjese bijelog bora kao nezavisno-promjenljivu veličinu, zbog konstatovane izrazito neznatne neto-korelacije između omjera smjese i debljinskog prirasta. Realna je na kraju i pretpostavka o postojanju različitih

\* Izvorni podaci u ovom slučaju su veličine debljinskog prirasta za razmatrane debljine stabla očitane za svaku oglednu površinu s grafikona tekućeg debljinskog prirasta.

ekotipova bijelog bora na području Bosne, te bi ubuduće ispitivanja, koja bi mogla imati i praktičnu primjenu, trebalo vršiti odvojeno za pojedina glavna područja rasprostiranja bijelog bora u Bosni, odnosno za eventualno izdvojene posebne tipove šuma bijelog bora u nas.

## 2.2.1. Korelacija između tekućeg debljinskog prirasta i debljine stabla uz istovremenu promjenu drugih taksacionih elemenata

Kriva linija koja grafički predstavlja neto-korelaciju tekućeg debljinskog prirasta i debljine stabla (grafikon br. 11) mijenja oblik zavisno od kombinacija veličina nezavisno-promjenljivih uzetih u korelacionu analizu. Drugim riječima, »uticaj« debljine stabla na debljinski prirast zavisi i od prisutne kombinacije ostalih taksacionih elemenata. Da bismo ispitali taj »uticaj«, izračunali smo tekuće debljinske priraste po jednačinama vešestruke korelacije za sve debljinske stepene, uvrštavajući po tri karakteristične veličine svakog taksacionog elementa uzetog u obzir pri korelacionoj analizi. Pri razmatranju »uticaja« neke nezavisno-promjenljive veličine u jednačine višestruke korelacije uvrštavali smo za ostale nezavisno-promjenljive njihove prosječne veličine.

Na grafikonu br. 12 (A-D) predstavljena je korelacija tekućeg debljinskog prirasta i debljine stabla uz istovremenu promjenu boniteta staništa (A), stepena sklopa sastojine (B), srednjeg prečnika sastojine (C) i omjera smjese bijelog bora (D). Karakteristične veličine nezavisno-promjenljivih koje su uzete pri računanju debljinskog prirasta označene su na legendi slike.

Krive linije na slici su grafički izravnati podaci debljinskog prirasta izračunati na upravo izloženi način. Razlike u stepenima penjanja tih krivih (razlike ordinata za dvije susjedne apscise, za dvije debljine stabla) odražavaju »uticaj« debljine stabla na debljinski prirast za date veličine razmatrane nezavisno-promjenljive i prosječne veličine ostalih taksacionih elemenata uzetih u obzir pri analizi višestruke korelacije.

Tekući debljinski prirast najviše se mijenja s promjenom debljine stabla na 1. bonitetnom razredu; te promjene su manje što je lošiji bonitet staništa. Kulminacija debljinskog prirasta ne dešava se pri istoj debljini stabla, nego se pomjera prema većim debljinama s poboljšanjem boniteta staništa. Za 5. bonitetni razred debljinski prirast kulminira pri debljini stabla od 20—30 cm, za 3. bonitetni razred pri debljini od 30—40 cm, a na 1. bonitetnom razredu kulminacija debljinskog prirasta pomjerena je na debljinu od 40—50 cm (grafikon br. 12 A).

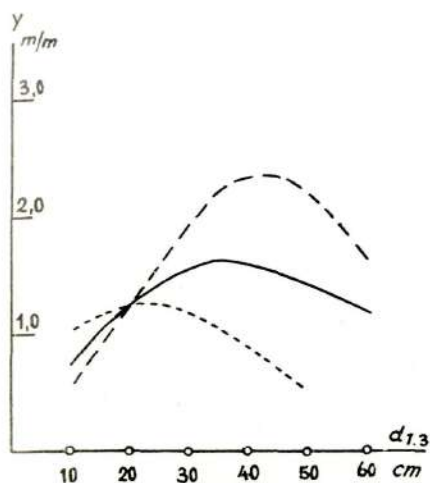
U stepenu penjanja krivih debljinskog prirasta u zavisnosti od debljine stabla a za različite stepene sklopa sastojine nema velikih razlika. To govori o manjem »uticaju« debljine stabla na debljinski prirast pri istovremenim promjenama stepena sklopa sastojine. Ipak se na slici (grafikonu br. 12 B) započinje pomjeranje kulminacije debljinskog prirasta udesno (prema većim debljinama stabla) sa smanjenjem stepena sklopa sastojine. Ova pojava je najvjerovatnije povezana sa promjenom veličine projekcije krošnje stabla, koja nije obuhvaćena ovom korelacionom analizom a svakako »utiče« jako na promjenu veličina tekućeg debljinskog prirasta.



UZ ISTOVREMENU PROMJENU:

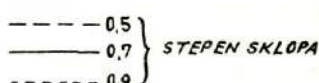
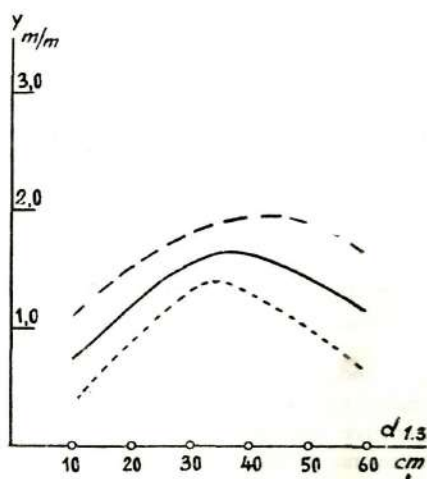
A

boniteta staništa ( $x_1$ )



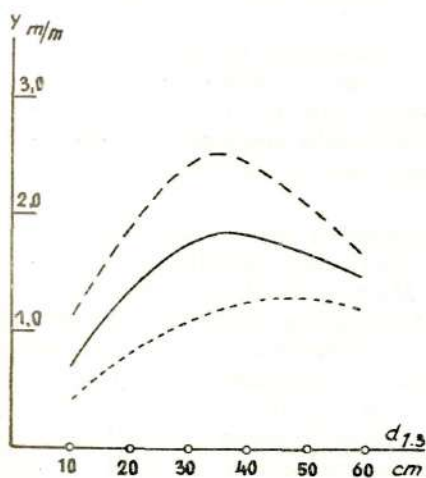
B

stepena sklopa sastojine ( $x_2$ )



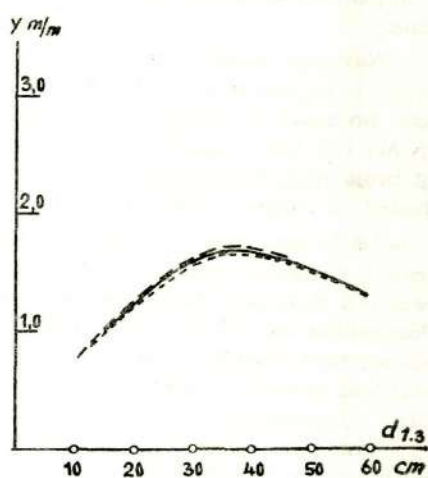
C

srednjeg prečnika sastojine ( $x_3$ )



D

omjera smjese bijelog bora ( $x_4$ )



Promjena srednjeg prečnika sastojine takođe utiče na oblik krive linije koja predstavlja zavisnost tekućeg debljinskog prirasta od debljine stabla. Za manji srednji prečnik ta linija je strmija i njena kulminacija (maksimum debljinskog prirasta) pomjera se »ulijevo« prema tanjim debljinskim stepenima (grafikon br. 12 C). Razlike u obliku i kulminaciji krivih linija debljinskog prirasta za srednje prečnike sastojine od 30, 40 i 50 cm nisu ipak toliko velike kao što su razlike u obliku i mjestu kulminacija krivih linija za različite bonitete staništa 1., 3. i 5.

Zbog neznatnog »uticaja« omjera smjese na tekući debljinski prirast i krive linije koje predstavljaju zavisnost ovog prirasta od debljine stabla za različite veličine omjera smjese (grafikon br. 12 D) međusobno se gotovo i ne razlikuju. »Uticaj« debljine stabla u inače maloj povezanosti promjena omjera smjese i debljinskog prirasta je, dakle, neznatan.

### **2.3. Procjena veličine tekućeg debljinskog prirasta na osnovu veličina taksacionih elemenata uzetih u obzir pri analizi višestruke korelacije**

Jednačine višestruke korelacije debljinskog prirasta za pojedine debljinske stepena (br. 1—5) zasnivaju se na pretpostavci da se odnos zavisno-promjenljive veličine ( $\bar{Y}$ ) prema datoj nezavisno-promjenljivoj ne menja bez obzira na to kakva se kombinacija veličina ostalih nezavisno-promjenljivih uzme u obzir. Realna veza između debljinskog prirasta (kao zavisno-promjenljive) i boniteta staništa, sklopa sastojine, srednjeg prečnika i omjera smjese (kao nezavisno-promjenljivih) time je znatno uprošćena. Po jednačinama višestruke korelacije može se samo približno odrediti (procijeniti) veličina tekućeg debljinskog prirasta. Tačnost te procjene najveća je za prosječne veličine nezavisno-promjenljivih i smanjuje se ukoliko se veličina nezavisno-promjenljivih u datoj konkretnoj kombinaciji udaljuje od svoje prosječne veličine.

Navedeni nedostatak može se otkloniti primjenom funkcija višestruke korelacije kojima bi se obuhvatile i promjene zavisno-promjenljive uz istovremene promjene nezavisno-promjenljivih veličina (Ezekiel, 1956, str. 372—395, Matić, 1959, str. 80). Zbog znatno komplikovanije procedure i mnogo većeg broja elemenata u uzorku potrebnog za primjenu tog postupka mi smo odustali od njegove primjene.

Da bi smo ipak poboljšali procjenu debljinskog prirasta na osnovu taksacionih elemenata uzetih u obzir u korelacionoj analizi, primijenili smo jednostavniji postupak, koji je razradio prof. Matić (Matić, 1959, str. 78—84). »Postupak se zasniva na činjenici da su funkcije uticaja taksacionih elemenata realne i na pretpostavci da je uticaj taksacionog elementa to veći što je veći debljinski prirast. Drugim riječima, polazimo od pretpostavke da je relativni uticaj taksacionog elementa isti« (Matić, 1959, str. 81).

Praktično sprovođenje usvojenih pretpostavki, odnosno postupak primijenjen pri izradi tablica za procjenu debljinskog prirasta je slijedeći:

Po jednačinama neto-korelacije debljinskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine (br. 1.3—5.3) izračunate su veličine debljinskog prirasta po debljinskim stepenima za veličine srednjeg prečnika sastojine u granicama variranja tog elementa u našem izvornom materijalu (Varijaciona širina srednjeg preč-

nika sastojine nije jednaka za sve debljinske stepene). Sredene u dvoulaznu tabelu te veličine mogle bi poslužiti kao procjene debljinskog prirasta stabala bijelog bora date debljine u zavisnosti od srednjeg prečnika sastojine ali uz eliminisanje uticaja ostalih taksacionih elemenata uzetih u obzir u jednačini višestruke korelacije.\*

Da bismo omogućili procjenu veličine debljinskog prirasta i za ostale, realno moguće, kombinacije veličina bonitetnog razreda staništa, stepena sklopa sastojine i omjera smjese bijelog bora a ne samo za njihove prosječne veličine, izračunali smo količnike veličina debljinskog prirasta koje se dobijaju po jednačinama neto-korelacije za bonitete staništa i sklop sastojine i veličine debljinskog prirasta koju dobijamo po jednačini višestruke korelacije uvrštavajući prosječne veličine za sve nezavisno-promjenljive.

Velikine debljinskog prirasta po jednačinama višestruke korelacije uz prosječne veličine svih nezavisno-promjenljivih za pojedine debljinske stepene su slijedeće:

Debljinski stepen u cm:	15	25	35	45	55
Debljinski prirast u mm:	1,015	1,444	1,702	1,635	1,424

Navedene količine nazvali smo faktorima, a njihove veličine po debljinskim stepenima donosimo u tabelama 2. i 3.

Tabela 2.

B o n i t e t n i r a z r e d ( $x_1$ )

Debljinski stepen cm	1.	2.	3.	4.	5.
	Relativne veličine debljinskog prirasta u odnosu na njegovu veličinu za $x_1, x_2, x_3$ i $x_4$				
15	0.884	0.946	1.009	1.071	1.134
25	1.104	1.044	0.984	0.925	0.864
35	1.291	1.123	0.955	0.787	0.618
45	1.432	1.179	0.926	0.673	0.420
55	1.376	1.151	0.926	0.700	0.475

Tabela 3.

S t e p e n s k l o p a s a s t o j i n e ( $x_2$ )

Debljinski stepen cm	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
	Relativne veličine debljinskog prirasta u odnosu na njegovu veličinu za $x_1, x_2, x_3$ i $x_4$						
15	1.459	1.286	1.112	0.939	0.766	0.593	0.420
25	1.250	1.156	1.061	0.967	0.873	0.778	0.684
35	1.177	1.110	1.043	0.976	0.910	0.843	0.776
45	1.319	1.198	1.076	0.955	0.834	0.712	0.591
55	1.433	1.262	1.091	0.919	0.748	0.576	0.404

\* Ova tabela, kao dio tablica za procjenu debljinskog prirasta bijelog bora, nalazi se u knjizi »Tablice taksacionih elemenata visokih šuma...« (Matić, i dr., 1963. str. 72, tablice 10 tabela 1).

Faktore za sve veličine omjera smjese bijelog bora nismo računali. Izračunali smo samo faktore za  $x_4 = 100$ , tj. dijelili smo veličine debljinskog prirasta po jednačinama neto-korelacije (br. 1.4—5.4) za veličinu  $x_4 = 100$  sa veličinom debljinskog prirasta po jednačinama višestruke korelacije uz uvrštavanje prosječnih veličina za sve nezavisno-promjenljive. Ti faktori su slijedeći:

Debljinski stepen:	15	25	35	45	55 cm
Faktori za omjer smjese bijelog bora $x_4 = 100$	0,98719	0,97161	0,96768	0,99816	0,99368

Množenjem faktora za bonitetni razred staništa i stepen sklopa sastojine međusobno i jednog od ta dva niza ili njihovog proizvoda sa faktorom za  $x_4 = 100$  (za svaki debljinski stepen) dobili smo faktore za određene kombinacije boniteta staništa i stepena sklopa i čiste sastojine bijelog bora.

Za procjenu veličine debljinskog prirasta bijelog bora u mješovitim sastojinama bijelog bora i drugih vrsta drveća izradili smo još i tabelu faktora za različite veličine omjera smjese bijelog bora ( $x_4$ ) i za razmatrane debljinske stepene. Veličine tih faktora dobijene su dijeljenjem odgovarajućih veličina debljinskog prirasta (za dati omjer smjese) po jednačinama neto-korelacije (br. 1.4 — 5.4) sa veličinom toga prirasta za  $x_4 = 100$ , dobijenim po istim jednačinama.\*

Za izradu konačnih tablica debljinskog prirasta iz kojih bi se mogla direktno očitati njegova veličina za date (konkretne kombinacije svih nezavisno-promjenljivih i debljine stabla (dakle, tablice sa 5 ulaza) trebalo bi izvršiti obimna računanja za ogroman broj realno mogućih kombinacija. Tablice bi, pored toga, predstavljale glomaznu knjigu i bile nepraktične za upotrebu. Zato smo se odlučili da ostanemo pri izračunatim veličinama i da se pri praktičnoj upotrebi tablica (za svaki konkretan slučaj) vrši množenje odgovarajućih podataka u tim tabelama zavisno od konkretne kombinacije taksacionih elemenata uzetih kao nezavisno — promjenljive veličine u višestrukoj korelacionoj analizi. Rezultat množenja biće veličina debljinskog prirasta za datu kombinaciju i debljinu stabla. Ukoliko se želi nacrtati krivulja debljinskog prirasta konkretne sastojine, ta računanja treba uraditi za sve debljinske stepene i dobijene veličine debljinskog prirasta po potrebi grafički izravnati.

Opravdanost osnovne pretpostavke pri izradi tablica za procjenu debljinskog prirasta o jednakom relativnom »uticaju« pojedinih taksacionih elemenata na veličinu tekućeg debljinskog prirasta dokazuje se smanjenjem standardne greške procjene odnosno povećanjem koeficijenta višestruke korelacije pri upotrebi tablica na onom istom materijalu koji je poslužio za višestruku korelacionu analizu.

U tu svrhu uradili smo slijedeće. Odredili smo po izrađenim tablicama veličine debljinskog prirasta za sve ogledne površine izvornog materijala i za

\* Veličine kombinovanih faktora za bonitet i stepen sklopa sastojine i veličine faktora za omjer smjese mogu se naći u knjizi »Tablice taksacionih elemenata visokih šuma...« (Matić, i dr., 1963. str. 73—74; tablice 10, tabele 2 i 3), gdje čine sastavni dio tablica za procjenu debljinskog prirasta bijelog bora.

debljinske stepene uzete u obzir: 15, 25, 35, 45 i 55. Zatim smo izračunali i sume debljinskog prirasta procijenjenog po tablicama ( $\hat{Y}_t$ ) datog debljinskog stepena svih oglednih površina. Te sume ne moraju, kao pri primjeni metoda najmanjih kvadrata, da se slažu sa sumama stvarnih prirasta u datom debljinskom stepenu, tj. suma grešaka procjene  $\Sigma (Y_s - \hat{Y}_t)$  ne mora biti jednaka nuli. Ukoliko se suma debljinskog prirasta procijenjenog po tablicama ( $\Sigma \hat{Y}_t$ ) razlikuje od suma stvarnih prirasta ( $\Sigma Y_s$ ), treba vršiti korekciju tablica, i to množenjem podataka tabele 1 navedenih tablica s odnosom  $(\Sigma Y_s) : (\Sigma \hat{Y}_t)$ . Sume debljinskog prirasta procijenjenog po tablicama za sve ogledne površine u pojedinim stepenima bile su ili jednake ili nešto različite od sume stvarnih veličina tog prirasta. Maksimalno je ta razlika dostizala veličinu od 3%, tj. odnos  $(\Sigma Y_s) : (\Sigma \hat{Y}_t)$ ; samo je za jedan debljinski stepen bio 1,03. Kako bi i uz maksimalnu veličinu debljinskog prirasta popravka od 3% uticala samo na veličnu druge decimale (stotinka milimetra), nismo vršili korekciju tabele 1 navedenih tablica, nego smo je kao definitivnu unijeli u tablice debljinskog prirasta (Tablice 10. tabele 1 u knjizi: Matić i dr., 1963).

Radi izračunavanja koeficijenata višestruke korelacije za procjenu debljinskog prirasta izračunali smo greške procjene debljinskog prirasta po tablicama ( $Z_t = Y_s - \hat{Y}_t$ ) za svaku oglednu površinu i sume njihovih kvadrata po debljinskim stepenima radi računanja standardne greške tablične procjene ( $s_{zt}$ ).

Sume kvadrata grešaka procjene za pojedine debljinske stepene bile su nešto niže od odgovarajućih suma dobijenih na osnovu računanja debljinskog prirasta po jednačinama višestruke korelacije (samo u jednom slučaju — debljinski stepen 35 cm — suma kvadrata grešaka procjene po tablicama bila je nešto veća od sume tih kvadrata računatih prema debljinskom prirastu po jednačini). Jasno je da će i standardne greške procjene biti stoga samo nešto niže od onih dobijenih na osnovu procjene po jednačini te će i koeficijent višestruke korelacije biti samo neznatno viši za tabličnu procjenu nego za procjenu debljinskog prirasta po jednačinama višestruke korelacije.

Najvjerovatniji razlog za malo poboljšanje procjene koje je postignuto navedenim postupkom pri izradi tablica je primjena jednačina pravca za izravnanje neto-korelacije debljinskog prirasta i pojedinih taksacionih elemenata. Prave linije neto-korelacije, iako prilično dobro odražavaju odnose nezavisno promjenljivih i debljinskog prirasta, na potezima pri krajevima razdiobe frekvencija ne mogu dobro poslužiti za procjenu intenziteta »uticaja« date nezavisno-promjenjive na debljinski prirast stabla.

Potvrdu za realnost ove pretpostavke vidimo u znatno većem stepenu poboljšanja procjene po tablicama za one taksacione elemente gdje se linije neto-korelacije bolje prilagođavaju stvarnim podacima (neizravnatim podacima neto-korelacije)

Na kraju, potrebno je napomenuti da se niska veličina koeficijenta korelacije može dobiti i zbog nepravilnosti u razdiobi frekvencija ispitivanog taksacionog elementa. Ekstremne veličine debljinskog prirasta u pojedinim debljinskim stepenima za neke ogledne površine uzrok su i ekstremnih veličinama grešaka procjene za iste slučajeve. Kad se ta ekstremna odstupanja kvadriraju, dešava se da njihov kvadrat čini po 20, 30 čak i 50% ukupne sume kvadrata grešaka procjene, što svakako bitno utiče na povećanje standardne greške procjene odnosno smanjenje veličina koeficijenata višestruke korelacije.

### 3. POVRŠINA HORIZONTALNE PROJEKCIJE KROŠNJE STABLA

Utvrđivanje veličine horizontalne projekcije krošnje stabla i odnosa ove veličine i drugih taksacionih elemenata zauzima vidno mjesto u savremenim istraživanjima nauke o prirastu i prinosu. Veličine projekcija krošanja stabala služe u prvom redu kao osnova za istraživanje stepena zastiranja (pokrivenosti) tla i međusobnog zastiranja stabala, što je od značaja naročito za sastojine prebornog oblika gazdovanja. Podaci o ukupnoj zastrtoj površini i intezitetu prekrivenosti krošanja mogu da posluže i kao osnova za utvrđivanje normalnog sastava preborne sastojine (Matić, 1956; Drinić, 1962). Veličina horizontalne projekcije slobodnog (neprekrivenog drugim krošnjama) dijela krošnje stabla osnova je za izračunavanje tekućeg zapreminskog prirasta stabla po jedinici površine krošnje. Poznavanje tog prirasta unosi prilično svjetlosti u pitanja optimalne produkcije stabala u prebornoj sastojini i služi takođe za procjenu najpovoljnijeg debljinskog stepena za uzgoj stabala u prebornoj sastojini, odnosno kao element konstrukcije normalnog sastava preborne sastojine (Matić, Drinić, Stojanović). Površina horizontalne projekcije, odnosno prečnik kruga koji joj odgovara, stavljen u odnos prema prsnom prečniku stabla ( $D_k : d_{1,3}$ ) interesantan je i veoma upotrebljiv podatak u primjeni aerofotogrametrije u taksacione svrhe, i, na kraju, iako ne manje važno, veličina projekcije krošnje stabla može se korisno upotrebiti pri ispitivanju korelacione zavisnosti nekih taksacionih elemenata stabla (npr. debljinskog ili zapreminskog prirasta) od drugih taksacionih elemenata, i to kao veoma »uticajan« element.

Veličina horizontalne projekcije krošnje stabla u ovim istraživanjima računata je kao površina kruga na osnovu mjerenja dva njena prečnika (najdužeg i najkraćeg). Krošnje nepravilnog oblika horizontalne projekcije obuhvataju se sa više mjerenja prečnika (odnosno poluprečnika), a krošnjama izrazito nepravilnog oblika horizontalne projekcije nije mjereno prečnik nego je direktno procjenjivana površina projekcije. Sva stabla na oglednoj površini deblja od taksacione granice bila su obuhvaćena mjerenjem. Mjerenja je obavljao taksator sa dva radnika. Radnici su pored stabla zatezali pantljičku u pravcu najvećeg odnosno najmanjeg prečnika krošnje, a taksator je, postavivši se upravno na pravac pantljičke, na odstojanju proporcionalnom visini (prvih) najdužih grana, pomoću viska projicirao na zemlju krajeve grana (krajeve prečnika krošnje u pravcu mjerenja). Veličine prečnika su upisivane u manual sa zaokružavanjem na decimetar (0,1 m). Površina horizontalne projekcije krošnje svakog stabla dobijena je kao površina kruga čiji je prečnik izračunat kao prosjek mjerenih prečnika (odnosno poluprečnika) horizontalne projekcije. Podaci o veličini projekcije krošnje zaokruživani su na 1 m<sup>2</sup>.

Prilikom mjerenja prečnika krošnje procjenjivan je stepen prekrivenosti krošnje stabla krošnjama drugih stabala. Taj stepen procjenjivan je u procentima zaokruženo na 10%. Pri tome je naprije procijenjen procent površine onog dijela krošnje stabla koji nije prikriiven krošnjama drugih stabala, a zatim, odvojeno, procent dijela krošnje koji je jedanput, dvaput ili više puta prekriven. Razumljivo je da ukupan zbir procenata neprekrivenog dijela krošnje i dijelova koji su jedanput ili više puta prekriveni mora iznositi 100.

Zbir površina projekcija neprekrivenih krošanja u m<sup>2</sup> na jedinici površine (1 ha) podijeljen sa 10.000 ili odnos ukupne neprekrivene površine krošanja svih stabala na oglednoj površini prema ukupnoj površini ogledne površine predstavlja stepen sklopa sastojine. Njegova veličina izražavana je zaokruženo na dvije decimale.

Stepen sklopa na svakoj oglednoj površini procijenili smo i okularno, na način uobičajen u redovnoj šumarskoj praksi. Ova procjena izvršena je na jednu desetinu potpunog sklopa a na nekim oglednim površinama do na veličinu međustepena, npr. 0,6 — 0,7, što, iskazano u procentima, znači zaokruženo na 5%.

Zbog objektivnih teškoća pri procjeni stepena prekrivenosti, čemu se može dodati i subjektivna nesigurnost taksatora zbog malog iskustva na tim poslovima, za pojedine ogledne površine pojavile su se znatne razlike u procjeni veličine sklopa na naprijed opisana dva načina. Iako je prednost data podacima računanja na osnovu procjene procenta neprekrivenih površina krošanja, ipak je za one ogledne površine gdje je razlika između dva načina procjene iznosila više od  $\pm 0,2$ , izvršena naknadna provjera podataka procjene i one ogledne površine, gdje se stvarni uzrok greške nije mogao ustanoviti te ni greška ukloniti, nisu uzete u obzir pri analizi veličine projekcije krošnje. U tabeli VI priloga vidi se koje su to površine.

### **3.1. Analiza korelacione veze između veličine projekcije krošnje stabla i drugih taksacionih elemenata**

Analizu korelacione veze između veličine projekcije krošnje stabla i drugih taksacionih elemenata izvršili smo takođe primjenjujući metod višestruke korelacije. Nezavisno-promjenljive veličine u jednačini višestruke korelacije bile su: bonitetni razred staništa, stepen sklopa sastojine i srednji prečnik sastojine (odnosno srednji prečnik stabala bijelog bora i crnog bora u sastojini). Debljina stabla nije uzeta u obzir kao nezavisno-promjenljiva veličina u jednačini višestruke korelacije iako između debljine stabla i veličine projekcije krošnje postoji jako izražena korelacija. Korelacionu zavisnost između veličine projekcije krošnje stabla i njegove debljine istražili smo indirektno, kao i u analizi višestruke korelacije debljinskog prirasta, izvođeci korelacione analize po debljinskim stepenima. Ove analize su provedene po debljinskim stepenima (širine 5 cm) čije su sredine: 12,5, 17,5, 27,5, 37,5, 47,5, i 52,5 cm. Kao što se vidi, razmak između analiziranih debljinskih stepena manji je za najtanja i najdeblja stabla radi sigurnije procjene toka krive projekcije krošnje u zavisnosti od debljine stabla. Krivulje projekcija krošanja na potezima koji odgovaraju krajnjim debljinskim stepenima zasnivaju se na manjem broju mjerenja (manji broj stabala u tim debljinskim stepenima) a i varijabilnost veličine projekcije krošnje u tim stepenima je veća pa je, i uz približno jednak broj oglednih površina, trebalo osigurati pouzdaniju procjenu veličine projekcije na krajevima krivulja.

Izvorni materijal za ove korelacione analize su prosječne veličine projekcija krošanja stabala po debljinskim stepenima očitane sa grafički izravnatih krivulja projekcija krošanja za svaku oglednu površinu. Te veličine po

oglednim površinama i debljinskim stepenima (širine 5 cm) prikazane su u tabeli VI priloga.

U jednačini višestruke korelacije između veličine projekcije krošnje stabla i boniteta staništa, stepena sklopa sastojine i srednjeg prečnika sastojine pretpostavljeno je da je neto-korelacija (između veličine projekcije krošnje i pomenutih elemenata pojedinačno) izražena analitički parabolom drugog reda, te jednačina višestruke korelacije stoga ima sljedeći oblik:

$$\hat{Y} = a + b_1x_1 + b_2x_2^2 + c_1x_2 + c_2x_2^2 + d_1x_3 + d_2x_3^2$$

Oznake u jednačini predstavljaju sljedeće:

$\hat{Y}$  — veličinu horizontalne projekcije krošnje stabla u m<sup>2</sup>,

$x_1$  — bonitetni razred staništa,

$x_2$  — stepen sklopa sastojine (u ‰),

$x_3$  — srednji prečnik sastojine (srednji prečnik stabala bijelog i crnog bora u sastojini),

$a, b_1, b_2, c_1, c_2, d_1, d_2$  — parametre.

Rješenjem sistema normalnih jednačina za svaki debljinski stepen određeni su parametri jednačina i dobivene sljedeće jednačine višestruke korelacije po debljinskim stepenima:

$$\hat{Y}_{12.5} = - 7,419875 - 0,480159 x_1 + 0,1865525 x_1^2 + 0,224256 x_2 - 0,0020253 x_2^2 + 0,246251 x_3 - 0,0024012 x_3^2 \quad 6$$

$$\hat{Y}_{17.5} = - 5,748062 - 0,741033 x_1 + 0,3127682 x_1^2 + 0,236535 x_2 - 0,0020734 x_2^2 + 0,209697 x_3 - 0,0020186 x_3^2 \quad 7$$

$$\hat{Y}_{27.5} = 9,631827 - 1,851708 x_1 + 0,6201424 x_1^2 + 0,285669 x_2 - 0,0023117 x_2^2 - 0,435634 x_3 + 0,0061080 x_3^2 \quad 8$$

$$\hat{Y}_{37.5} = 40,978404 - 2,382739 x_1 + 0,7455958 x_1^2 - 0,031100 x_2 + 0,0000329 x_2^2 - 0,920103 x_3 + 0,0092475 x_3^2 \quad 9$$

$$\hat{Y}_{47.5} = 103,739173 - 2,570314 x_1 + 0,8136026 x_1^2 - 1,156680 x_2 + 0,0085443 x_2^2 - 1,541780 x_3 + 0,0138877 x_3^2 \quad 10$$

$$\hat{Y}_{52.5} = 120,195173 - 2,585566 x_1 + 0,9085872 x_1^2 - 1,408126 x_2 + 0,0108011 x_2^2 - 1,653989 x_3 + 0,0137724 x_3^2 \quad 11$$

### 3.1.1. Neto-korelacija veličine projekcije krošnje i boniteta staništa

Uvrštavajući u jednačine višestruke korelacije (br. 6 — 11) prosječne veličine stepena sklopa ( $x_2$ ) i srednjeg prečnika sastojine ( $x_3$ ) dobili smo jednačine neto-korelacije veličine projekcije krošnje i boniteta staništa, po razma-



tranim debljinskim stepenima. Ove jednačine izražavaju korelacionu zavisnost veličine projekcije krošnje stabla kao zavisno-promjenljive veličine ( $\hat{Y}$ ) i boniteta staništa kao nezavisno-promjenljive ( $x_1$ ) uz eliminisanje »uticaja« ostalih dviju nezavisno-promjenljivih veličina (srednjeg prečnika i stepena sklopa sastojine) na promjene veličine projekcije krošnje.

Opšti oblik jednačina neto-korelacije u ovom slučaju glasi:

$$\hat{y}_i = a_i + b_1 x_1 + b_2 x_1^2$$

Za pojedine debljinske stepene jednačine neto-korelacije između veličine projekcije krošnje i boniteta staništa glase:

$\hat{y}_{12.5} = 3,826 - 0,480159 x_1 + 0,1865525 x_1^2$	6.1
$\hat{y}_{17.5} = 5,342 - 0,741033 x_1 + 0,3127682 x_1^2$	7.1
$\hat{y}_{27.5} = 10,715 - 1,851708 x_1 + 0,6201424 x_1^2$	8.1
$\hat{y}_{37.5} = 19,060 - 2,382739 x_1 + 0,7455958 x_1^2$	9.1
$\hat{y}_{47.5} = 29,448 - 2,570314 x_1 + 0,8136026 x_1^2$	10.1
$\hat{y}_{52.5} = 35,454 - 2,585566 x_1 + 0,9085872 x_1^2$	11.1

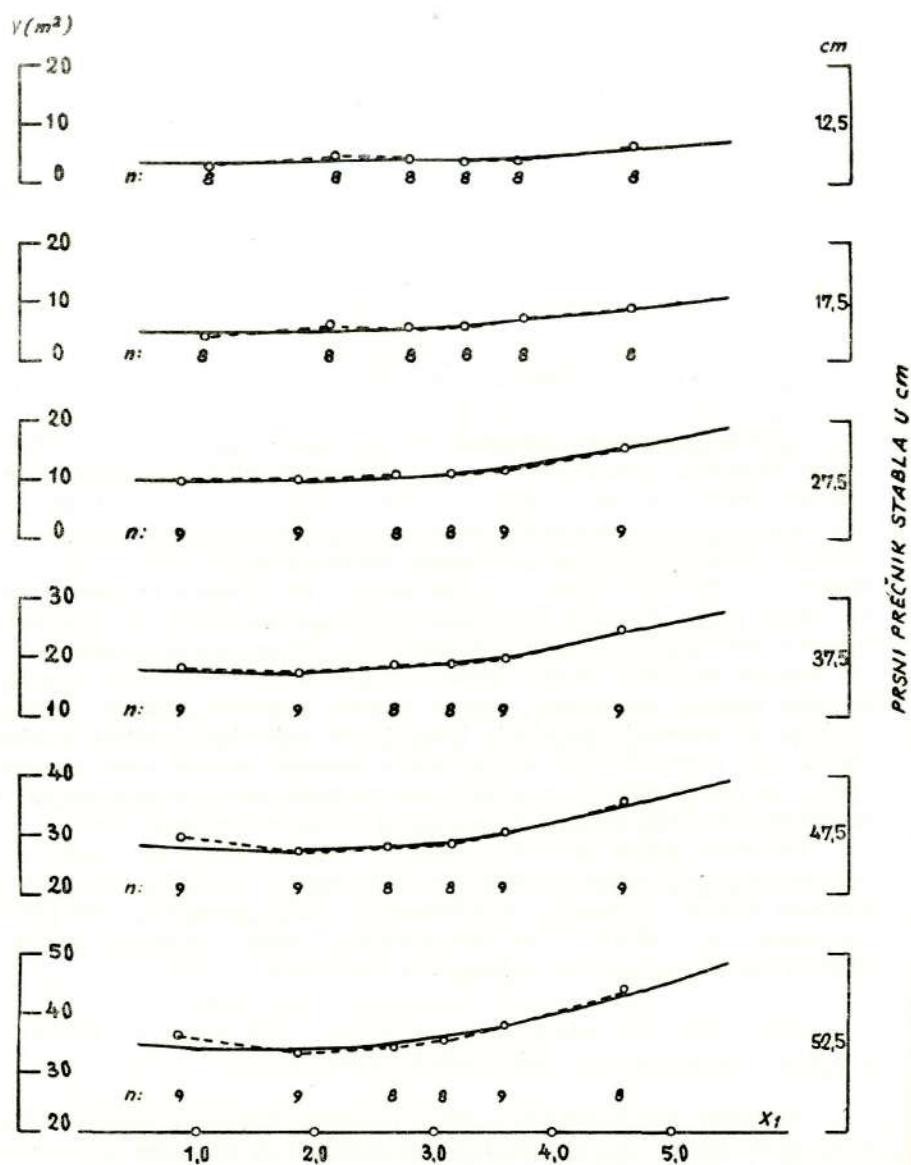
Grafički prikaz ovih jednačina dat je na grafikonu br. 13. Krive linije, grafovi jednačina, predstavljaju izravnate neto-korelacije (po debljinskim stepenima) veličine projekcije krošnje stabla i boniteta staništa. Neizravnata neto-korelacija istih taksacionih elemenata predstavljena je na slici izlomljenim linijama. Slika prikazuje veoma uspješno izravnanje neto-korelacije parabolom drugog reda. Za sve debljinske stepene uočljivo je povećanje projekcije krošnje stabla idući od boljih ka lošijim bonitetnim razredima. Po apsolutnom iznosu to povećanje je veće za veće debljinske stepene (deblja stabla). Neznažno uočljivo smanjenje veličine krošnje na potezu krivih linija koji odgovara otprilike drugom bonitetnom razredu odnosno podizanje »lijevih« krakova krivulja, tj. povećanje projekcija krošanja na najboljem bonitetu staništa, ukoliko nije prouzrokovano neelastičnošću parabole drugog reda, najvjerojatnije se može objasniti različitim značenjem jednakog stepena sklopa na različitim bonitetima staništa, što u ovakvoj analizi nije uzeto u obzir.

Povećanje projekcije krošnje stabla na lošijim bonitetima staništa ukazuje na drugačiji, zdepastiji odlik krune na lošijim staništima, odnosno na suprotnu pojavu — vitkije i duže krune na boljim staništima. Istu pojavu konstatovao je i Drinić za neto-korelaciju veličine projekcije krošnje i boniteta staništa za crni bor u Bosni (Drinić, 1962).

### 3.1.2. Neto-korelacija veličine projekcije krošnje stabla i stepena sklopa sastojine

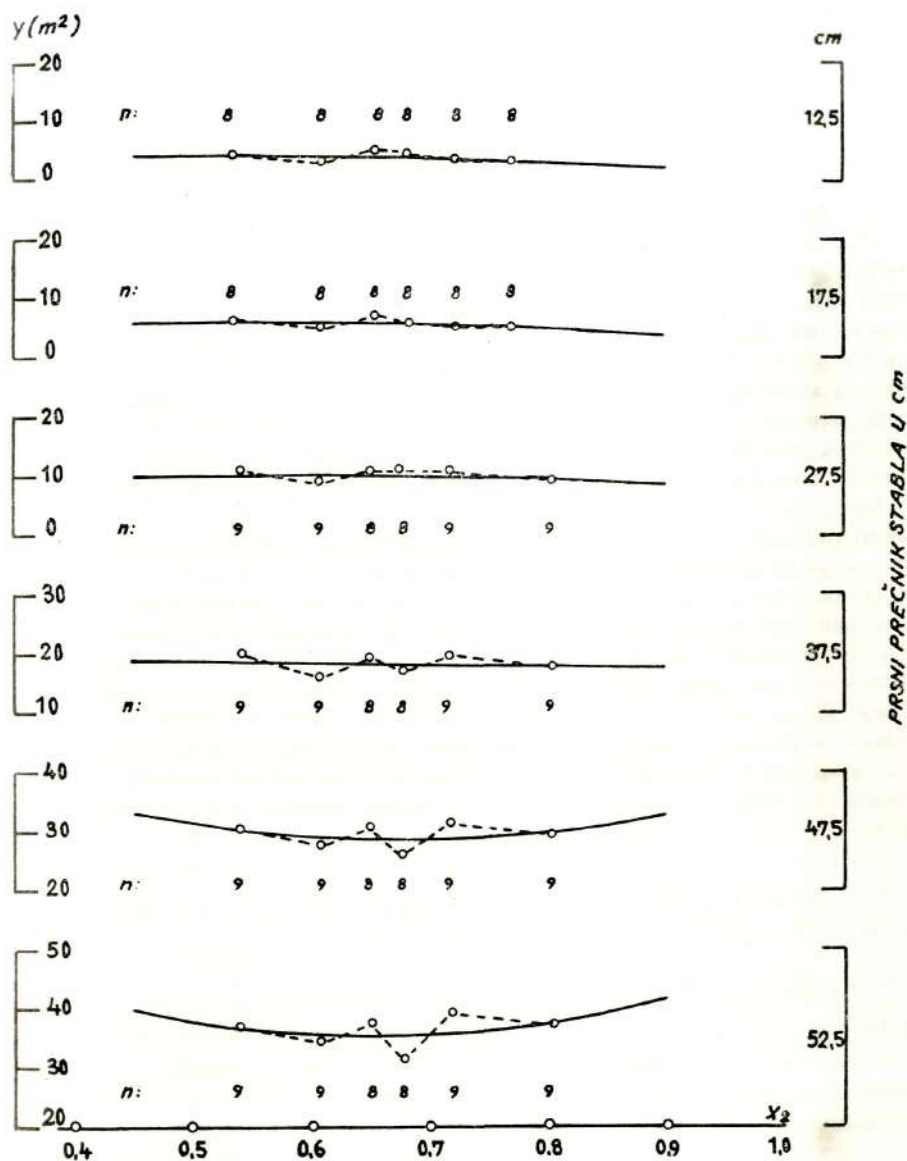
Jednačine neto-korelacije veličine projekcije krošnje i stepena sklopa dobijene su po već opisanom postupku dobijanja ovih jednačina iz jednačina višestruke korelacije. Njihovi grafovi (grafikon br. 14) izražavaju grafički neto-korelacionu zavisnost veličine projekcije krošnje stabla i stepena sklopa sastojine.

LINIJE NETO KORELACIJE VELIČINE PROJEKCIJE KROŠNJE  
STABLA ( $Y$ ) I BONITETA STANIŠTA ( $X_1$ )



Grafikon br. 13

LINIJE NETO KORELACIJE VELIČINE PROJEKCIJE KROŠNJE  
 STABLA ( $y$ ) I STEPENA SKLOPA SASTOJINE ( $x_2$ )



Grafikon br. 14

Opšti oblik ovih jednačina je:

$$\hat{y}_i = a_i + c_1 x_1 + c_2 x_2^2$$

Za pojedine debljinske stepene, obuhvaćene ovom analizom, one glase:

$\hat{y}_{12,5} = -1,919 + 0,224256 x_2 - 0,0020253 x_2^2$	6.2
$\hat{y}_{17,5} = -0,690 + 0,236535 x_2 - 0,0020734 x_2^2$	7.2
$\hat{y}_{27,5} = 1,606 + 0,285669 x_2 - 0,0023117 x_2^2$	8.2
$\hat{y}_{37,5} = 20,142 - 0,031100 x_2 - 0,0000329 x_2^2$	9.2
$\hat{y}_{47,5} = 67,748 - 1,156680 x_2 + 0,0085443 x_2^2$	10.2
$\hat{y}_{52,5} = 81,185 - 1,408126 x_2 + 0,0108011 x_2^2$	11.2

Grafovi ovih jednačina svojim, uglavnom položenim, tokom za sve debljinske stepene, i u okviru variranja stepena sklopa za naše ogledne površine, ne ukazuju na nešto znatniju korelaciju veličine projekcije krošnje stabla i stepena sklopa sastojine, kako bi se moglo očekivati. Zapaža se ipak, iako u maloj mjeri, smanjenje veličine projekcije krošnje stabla s povećanjem stepena sklopa (izuzev debljinskih stepena 47,5 i 52,5). Neizravnata neto-korelacija (izlomljene linije na grafikonu br. 14) ovdje je izraženija nego u slučaju boniteta staništa, naročito za jače debljinske stepene. Ako se izuzmu krajevi linija izravnjanja, uglavnom izvan varijacionih širina stepena sklopa našeg osnovnog materijala, izravnjanje parabolom drugog reda izgleda uspješno, iako se može pomisliti da bi i izravnjanje pravcem bilo zadovoljavajuće. Nepravilnosti linija neizravnate neto-korelacije za veće debljinske stepene, ukazuje, po našem mišljenju, na činjenicu, i ranije konstatovanu, da su promjene u veličinama — dimenzijama jačih stabala uopšte, a posebno u razvoju krošanja manje povezane s opštim stepenom sklopa čitave sastojine kao taksacionom veličinom. Statistička interpretacija po kojoj se kolebanja oko izravnatih linija neto-korelacije duguju faktorima koji nisu obuhvaćeni korelacionom analizom ovdje ima svoju potpuno logičnu potvrdu. Deblja stabla u sastojini razvijaju se, po pravilu, u individualno raznolikim i u odnosu na većinu ostalih stabala sastojine sasvim različitim uslovima osvjetljenja i raspoloživog prostora, što svakako rezultira velikim variranjem taksacionih elemenata debelih stabala, u ovom slučaju — znatnim variranjem veličine njihove projekcije krošnje.

### 3.1.3. Neto-korelacija veličine projekcije krošnje stabla i srednjeg prečnika sastojine

Po istom postupku kao ranije, ali sad uvrštavanjem prosječnih veličina za bonitet staništa ( $\bar{x}_1$ ) i stepen sklopa sastojine ( $\bar{x}_2$ ) iz jednačina višestruke korelacije (br. 6—11) dobili smo jednačine neto-korelacije projekcije krošnje stabla i srednjeg prečnika sastojine. Opšti oblik ovih jednačina neto-korelacije je:

$$\hat{y}_i = a_i + d_1 x_3 + d_2 x_3^2$$

Za pojedine debljinske stepene te jednačine glase:

$\hat{y}_{12.5} = -1,283 + 0,246251 x_3 - 0,0024012 x_3^2$	6.3
$\hat{y}_{17.5} = 1,314 + 0,209697 x_3 - 0,0020186 x_3^2$	7.3
$\hat{y}_{27.5} = 18,065 - 0,435634 x_3 + 0,0061080 x_3^2$	8.3
$\hat{y}_{37.5} = 38,208 - 0,920103 x_3 + 0,0092475 x_3^2$	9.3
$\hat{y}_{47.5} = 63,765 - 1,541780 x_3 + 0,0138877 x_3^2$	10.3
$\hat{y}_{52.5} = 74,182 - 1,653989 x_3 + 0,0137724 x_3^2$	11.3

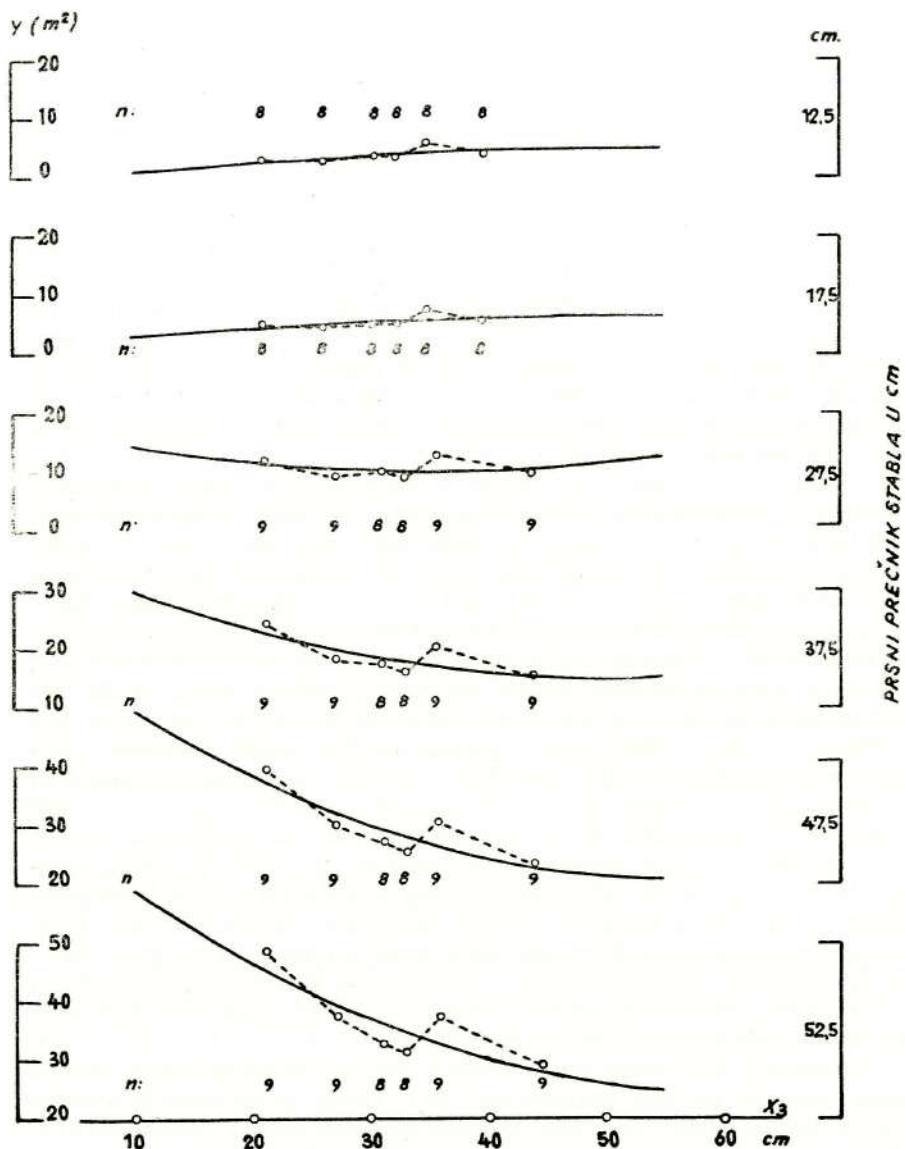
Grafovi ovih jednačina i linije neizravnate neto-korelacije prikazani su na grafikonu br. 15. Stepen postignutog izravnanja izražen manjim ili većim odstupanjima neizravnate neto-korelacije, iako u cjelini dobar, mijenja se u zavisnosti od debljinskog stepena. Apsolutna variranja rastu s povećanjem debljinskog stepena i najveća su za stepen 52,5 cm. Objašnjenje toga već je dato pri analizi neto-korelacije veličine projekcije krošnje stabla i stepena sklopa sastojine.

Promjena veličine projekcije krošnje stabla izražena veličinom i predznakom stepena penjanja krive linije takođe je različita za pojedine debljinske stepene. S povećanjem srednjeg prečnika povećava se i veličina projekcije krošnje stabla za debljinske stepene 12,5 i 17,5, u stepenu 27,5 veličina projekcije krošnje stabla ne mijenja se gotovo nikako s promjenom srednjeg prečnika sastojine da bi u narednim višim debljinskim stepenima jasno došlo do izražaja smanjenje veličine projekcije krošnje stabla s povećanjem srednjeg prečnika sastojine.

Navedene konstatacije, po našem mišljenju, imaju logično objašnjenje u sljedećem: tanja stabla (debljinski stepen 12,5 i 17,5 cm) u sastojinama većeg srednjeg prečnika i pored istog sklopa sastojine, u prosjeku su više zasjenjena i odozgo i sa strane od stabala iste debljine u sastojinama manjeg srednjeg prečnika. Za bijeli bor kao vrstu svjetlosti to rezultira širenjem krošnje stabla. Pri binomskoj debljinskoj strukturi kakvu imaju sastojine bijelog bora, uz to još neproredivane, najtanja stabla su, po pravilu, zastarčena i nadvladana, što takođe rezultira širenjem krošnje tih stabala. Srednje debela stabla (debljinski stepen 27,5 cm) odnosno veličine njihovih krošanja u prosjeku su »nezavisne« od prosječne debljine svih stabala sastojine izražene srednjim prečnikom sastojine. Debela stabla, međutim, u prosjeku imaju različite uslove za širenje projekcije krošnje zavisno od debljinske strukture sastojine. U prosječno tanjim sastojinama što je stablo deblje ima više prostora za širenje svoje krošnje, te iz toga proizilazi da će promjena u veličini projekcije krošnje biti tim veća što je veća razlika između debljine tih stabala i prosječne debljine svih stabala (srednjeg prečnika sastojine). Stepene penjanja linija neto-korelacije između veličine projekcije krošnje i srednjeg prečnika sastojine za debljinske stepene 37,5, 47,5 i 52,5 smanjuju se s povećanjem srednjeg prečnika sastojine da bi na onom dijelu gdje se debljine stabla i srednji prečnici sastojine izjednačavaju pali gotovo na nulu.

Do analognih konstatacija o korelaciji između veličine projekcije krošnje stabla i srednjeg prečnika sastojine došli su i Matić za sastojine jele, smrče i bukve (Matić, 1959) i Drinić za sastojine crnog bora u Bosni (Drinić, 1962).

LINIJE NETO KORELACIJE VELIČINE PROJEKCIJE KROŠNJE  
STABLA (Y) I SREDNJEG PREČNIKA SASTOJINE ( $x_3$ )



Grafikon br. 15

### 3.2. Neto-korelacija između veličine projekcije krošnje i debljine (prsnog prečnika) stabla

Ovu korelaciju utvrdili smo indirektno na osnovu analiza višestruke korelacije izvršenih po debljinskim stepenima. Po jednačinama višestruke korelacije br. 6 — 11 izračunali smo veličine projekcije krošnje stabla za odgovarajući debljinski stepen uvrštavajući prosječne veličine svih nezavisno-promjenljivih. Te veličine (dobijene kao prosjek nezavisno-promjenljivih za sve ogledne površine svih debljinskih stepena za koje je vršena višestruka korelaciona analiza) su:

$$\bar{x}_1 = 2,835 \quad \bar{x}_2 = 66,68\% \quad \bar{x}_3 = 31,658 \text{ cm}$$

Njihovim uvrštavanjem u jednačine višestruke korelacije izračunate su sljedeće veličine projekcije krošnje stabla po debljinskim stepenima:

Debljinski stepen u cm	12,5	17,5	27,5	37,5	47,5	52,5
Veličina projekcije krošnje stabla (u m <sup>2</sup> )	4,06	5,83	10,47	13,43	28,96	35,74

Parove veličina: debljina stabla i veličina projekcije krošnje nanijeli smo na grafikon i grafički izravnali krivom linijom (grafikon br. 16). Ta linija predstavlja izravnatu neto-korelaciju debljine stabla i veličine projekcije njegove krošnje. Njeni stepeni penjanja predstavljaju prosječnu promjenu veličine projekcije krošnje koja se »duguje« promjeni debljine stabla uz istovremeno eliminisanje promjena u veličini projekcije izazvanih promjenama boniteta staništa, stepena sklopa sastojine i srednjeg prečnika sastojine.

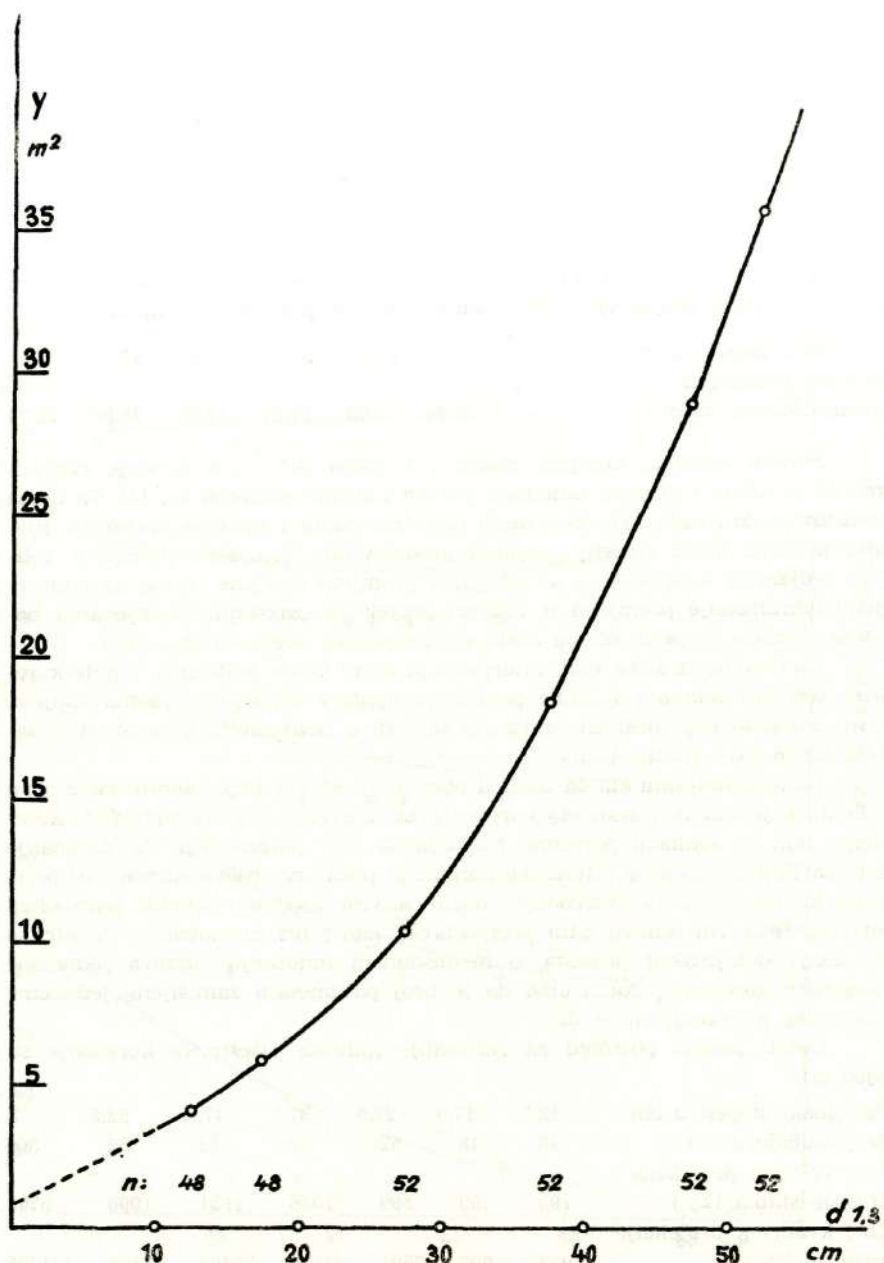
Kao što se iz slike vidi, interpolacija krive linije podacima o neto-korelaciji debljine stabla i veličine projekcije njegove krošnje je veoma uspješna. Tome svakako doprinosi činjenica što se radi o izravnjanju prosječnih podataka, uz to još i znatne težine.

Da smo debljinu stabla uzeli u obzir kao četvrtu nezavisno-promjenljivu veličinu u jednačini višestruke korelacije za izravnanje neizravnate neto-korelacije, bila bi svakako potrebna funkcija sa više parametara. Za računanje indeksa tako zamišljene višestruke korelacije pošli smo, radi sigurnosti, od pretpostavke da bi se to izravnanje moglo sasvim uspješno izvršiti parabolom četvrtog reda. Na osnovu istih pretpostavki, kao i pri razmatranju višestruke korelacije debljinskog prirasta, o međusobnom množenju članova jednačine višestruke korelacije, dobili smo da je broj parametara zamišljene jednačine višestruke korelacije  $m = 35$ .

Ostali podaci potrebni za računanje indeksa višestruke korelacije su sljedeći:

Debljinski stepen u cm	12,5	17,5	27,5	37,5	47,5	52,5	Σ
Broj slučajeva (n)	48	48	52	52	52	52	304
Zbir veličina projekcije krošnje stabla (Σy <sub>i</sub> )	193	290	599	1036	1631	1996	5745
Zbir kvadrata projekcije krošnje (ΣY <sub>i</sub> <sup>2</sup> )	923	1997	7591	22420	55403	83404	171738
Zbir kvadrata grešaka procjene (Σz <sub>i</sub> <sup>2</sup> )	116	172	398	882	2100	3747	7415

NETO KORELACIJA VELIČINE PROJEKCIJE KROŠNJE  
STABLA ( $Y$ ) I DEBLJINE ( $d_{1.3}$ ) STABLA



Grafikon br. 16



Ovi podaci su nam najprije poslužili za računanje varijanse višestruke korelacije ( $s_z^2$ ) i varijanse zavisno-promjenljive ( $s_y^2$ ). Njihove veličine su:  $s_z^2 = 24,391447$  i  $s_y^2 = 207,792245$ .

Indeks višestruke korelacije koji, analogno koeficijentu višestruke korelacije za pravolinijsku korelaciju, označava dio ukupne varijacije zavisno-promjenljive koji se može pripisati variranju nezavisno-promjenljivih veličina uzetih u obzir na bazi datog krivolinijskog odnosa izračunali smo po formuli koju je takođe predložio Ezekiel (Ezekiel, 1956):

$$\bar{P} = \sqrt{1 - \frac{s_z^2}{s_y^2} \cdot \frac{N-1}{N-m}}$$

Naše oznake u formuli znače isto što i u formuli primjenjenoj za računanje koeficijenta višestruke korelacije (str. 65). Znak P (veliko grčko slovo  $\rho$  (ro) upotrebljen je kao oznaka indeksa krivolinijske korelacije.

Uvrstivši potrebne veličine u formulu, imamo:

$$\bar{P} = \sqrt{1 - \frac{24,391447}{207,792245} \cdot \frac{303}{269}} = 0,932$$

Dobivena veličina indeksa višestruke korelacije ukazuje da se nezavisno-promjenljivim veličinama uzetim u obzir i analizama izvršenim po debljinskim stepenima može objasniti veoma veliki dio variranja veličine projekcije krošnje stabla — blizu 90% ( $P^2 = 0,87$ ).

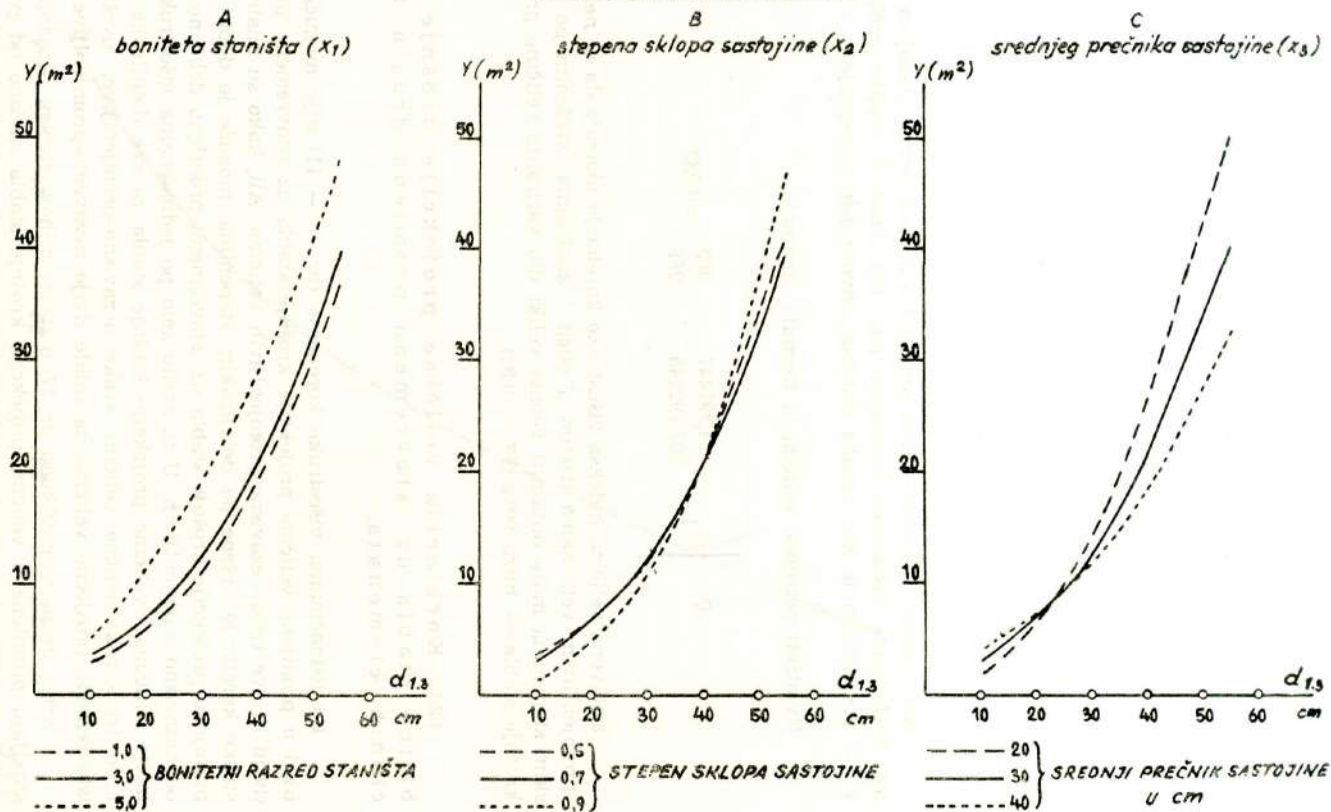
**3.2.1. Korelacija veličine projekcije krošnje i debljine stabla uz istovremenu promjenu drugih taksacionih elemenata.**

Po jednačinama višestruke korelacije (br. 6 — 11) nije moguće dobiti uvid u promjene veličine projekcije krošnje stabla uz istovremene promjene dviju ili sve triju nezavisno-promjenljivih veličina. Ali, kako su analize višestruke korelacije vršene po debljinskim stepenima, moguće je dobiti uvid u promjenu projekcije krošnje stabla uz istovremenu promjenu debljine i jedne od nezavisno-promjenljivih. U tu svrhu smo po jednačinama višestruke korelacije izračunali veličine projekcije krošnje stabla za sve debljinske stepene i po tri karakteristične veličine svake nezavisno-promjenljive, uvrštavajući istovremeno prosječne veličine za ostale dvije nezavisno-promjenljive.

Krive limije na grafikonu br. 17, u stvari njihovi stepeni penjanja, predstavljaju promjene u veličini projekcije krošnje stabla zavisno od promjene debljine stabla i boniteta staništa (grafikon br. 17A), promjene debljine i stepena sklopa (grafikon br. 17 B) i promjene debljine i srednjeg prečnika sastojine (grafikon br. 17 C).

KORELACIJA VELIČINE PROJEKCIJE KROŠNJE STABLA ( $Y$ ) I DEBLJINE STABLA ( $d_{1,3}$ ) ZA NEKE

KARAKTERISTIČNE VELIČINE



»Uticaј« debljine stabla na promjenu veličine krošnje zavisno od boniteta staništa nije naročito izražen. Krive linije imaju uglavnom sličan tok, iako je nešto strmija linija koja odgovara 1. bonitetu.

Promjene veličine projekcije krošnje u zavisnosti od debljine stabla i uz istovremene promjene stepena sklopa sastojine iako se zapažaju, — strmiji tok krive linije za veći sklop sastojine — nisu sigurne zbog toga što je nesiguran tok linije za sklop 0,9, jer je ta veličina stepena sklopa na gornjoj granici variranja sklopa u našem osnovnom materijalu. Međutim, na osnovu Matićevih nalaza za jelu, smrču i bukvu (Matić, 1959), koji se odnose na isto pitanje, a zasnovani su na analizama znatno obimnijeg osnovnog materijala, promjene veličine projekcije krošnje u zavisnosti od debljine stabla različito su ispoljene za razne stepene sklopa. Naši rezultati predstavljeni na grafikonu br. 17 B, uzimajući u obzir navedeno, nisu nerealni.

O »uticaju« debljine stabla na promjenu veličine projekcije krošnje uz istovremenu promjenu veličine srednjeg prečnika sastojine već je dosta rečeno pri analizi neto-korelacije veličine krošnje stabla i srednjeg prečnika sastojine. Grafički prikaz (grafikon br. 17 C), na kome je vidljiv izrazito strmiji tok krivih linija veličine projekcije krošnje stabla za manje srednje prečnike sastojine i promjena međusobnog položaja krivulja za različite srednje prečnike sastojine zavisno od debljine stabla, čini tamošnja izlaganja jasnijim. Time, po našem mišljenju, otpada i potreba posebnih objašnjenja na ovom mjestu.

### **3.3. Procjena veličine projekcije krošnje stabla na osnovu veličina taksacionih elemenata uzetih u obzir pri analizi višestruke korelacije**

Procjena veličine projekcije krošnje stabla po jednačinama višestruke korelacije br. 6 — 11. ima isti onaj nedostatak koji smo konstatovali u poglavlju o procjeni veličine debljinskog prirasta po jednačinama višestruke korelacije. Objašnjenje uzroka tome i postupak za poboljšanje procjene takođe su tamo opisani. Stoga ćemo ovdje opisati samo primjenu usvojenog postupka pri izradi tablica za procjenu veličine projekcije krošnje stabla.

Po jednačinama neto-korelacije između veličine projekcije krošnje stabla i srednjeg prečnika sastojine br. 6.3 — 11.3, izračunate su veličine projekcije krošnje stabla za sve srednje prečnike sastojine (zaokruženo na 1 cm) unutar intervala variranja ovog taksacionog elementa. Tako izračunate veličine projekcije krošnje stabla sredene su u obliku dvoulazne tabele.\*

Tabela omogućuje procjenu veličine projekcije krošnje stabla za one debljinske stepene koji su razmatrani u ovoj analizi (interpolacijom i za sve debljine stabla unutar varijacione širine) i za određeni srednji prečnik sastojine, ali samo za onaj bonitetni razred i stepen sklopa čije su veličine jednake prosječnim veličinama ovih elemenata u našem osnovnom materijalu. Za procjenu veličine projekcije krošnje stabla i za ostale kombinacije veličina bonitetnog razreda i stepena sklopa sastojine izračunali smo količnike veličina projekcije krošnje koje se dobijaju po jednačinama neto-korelacije za

\* Ova tabela, kao dio tablica za procjenu površine projekcije krošnje stabla bijelog bora, nalazi se u knjizi »Tablice taksacionih elemenata visokih šuma...« (Matić i dr., 1963, str. 70, tablice 9 tabele 1).

bonitet staništa i sklop sastojine i veličine ove projekcije koja se dobije po jednačini višestruke korelacije uvrštavanjem prosječnih veličina za sve tri nezavisno-promjenljive ( $x_1$ ,  $x_2$ , i  $x_3$ ) uzete u obzir pri analizi višestruke korelacije.

Veličine projekcije krošnje stabla za pojedine debljinske stepene uz uvrštavanje prosječnih veličina svih nezavisno-promjenljivih u odgovarajuće jednačine višestruke korelacije su:

Debljinski stepen u cm	12,5	17,5	27,5	37,5	47,5	52,5
Veličina projekcije krošnje stabla u m <sup>2</sup>	4,022	5,857	10,377	18,216	28,611	35,313

Dijeleći veličine projekcije krošnje stabla dobivene po jednačinama neto-korelacije za odgovarajući debljinski stepen sa upravo navedenim veličinama projekcije krošnje, dobili smo relativne pokazatelje »uticaja« boniteta staništa, odnosno stepena sklopa na veličinu projekcije krošnje stabla. Njihove veličine prikazali smo u obliku dvoulazne tabele (tabele 4. i 5).

Tabela 4.

Debljinski stepen	Bonitetni razred ( $x_1$ )				
	1.	2.	3.	4.	5.
	Relativne veličine projekcije krošnje stabla u odnosu na njenu veličinu po jednačini za $x_1$ , $x_2$ , $x_3$				
12,5	0,878	0,898	1,011	1,216	1,514
17,5	0,839	0,873	1,013	1,260	1,614
27,5	0,914	0,915	1,035	1,275	1,634
37,5	0,956	0,948	1,022	1,170	1,416
47,5	0,968	0,963	1,016	1,125	1,291
52,5	0,957	0,960	1,016	1,123	1,281

Tabela 5.

Debljinski stepen	Stepen sklopa sastojine ( $x_2$ )				
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Relativne veličine projekcije krošnje stabla u odnosu na njenu veličinu po jednačini za $x_1$ , $x_2$ , $x_3$				
12,5	1,052	1,055	0,958	0,761	0,462
17,5	1,016	1,031	0,974	0,847	0,649
27,5	0,974	1,005	0,990	0,931	0,828
37,5	1,025	1,010	0,995	0,981	0,967
47,5	1,093	1,017	1,001	1,045	1,148
52,5	1,070	1,008	1,006	1,067	1,188

Međusobnim množenjem relativnih veličina (faktora) za bonitetni razred i stepen sklopa sastojine dobili smo faktore za određene kombinacije bonitetnog razreda i stepena sklopa.

Veličine ovih faktora mogu se naći u knjizi »Tablice taksacionih elemenata visokih šuma...« (Matić i dr., 1963. str. 71, tablice 9, tabela 2) gdje čine sastavni dio tablica za procjenu površine projekcije krošnje stabala bijelog bora.

Tabele 1. i 2. navedenih tablica služe za procjenu veličine projekcije krošnje stabla na osnovu bonitetnog razreda staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine. Njihova upotreba je jednostavna i razumljiva. Podatak iz tabele 1. množi se s odgovarajućim faktorom iz tabele 2, a rezultat množenja je veličina projekcije krošnje stabla datog debljinskog stepena i određene kombinacije veličina srednjeg prečnika sastojine, bonitetnog razreda i stepena sklopa. Budući da omjer smjese bijelog bora nije uzet u obzir u jednočini višestruke korelacije, tabele služe za procjenu veličine projekcije krošnje stabla bijelog bora kako u čistim sastojinama bijelog bora tako i u mješovitim sastojinama bijelog bora i drugih vrsta drveća.

Tablice za procjenu veličine projekcije krošnje stabla u kojima bi se direktno bez množenja mogle očitati veličine projekcije krošnje za dati debljinski stepen, a na osnovu i ostala tri ulaza ( $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$ ) nisu urađene iz istih razloga kao i tablice za procjenu veličine debljinskog prirasta.

Za crtanje krivulje projekcije krošnje stabala raznih debljina za neku sastojinu potrebno je iz navedenih tablica izvaditi podatke o veličinama projekcija krošanja za sve debljinske stepene i dobijene veličine grafički izravnati. Izravnata krivulja daje mogućnost tačnije interpolacije veličine projekcije krošnje za one debljinske stepene koji nisu razmatrani u analizi višestruke korelacije, odnosno za koje ne nalazimo podatke direktno u tablicama.

Tačnost procjene veličine projekcije krošnje stabla po izrađenim tablicama ispitali smo na isti način koji smo primijenili pri ispitivanju tačnosti procjene debljinskog prirasta po tablicama za njegovu procjenu.

Po tablicama odredili smo veličine projekcije krošnje stabla za sve ogledne površine izvornog materijala i za debljinske stepene koje smo razmatrali u analizi. Upoređenje tabličnih veličina projekcije krošanja ( $\hat{Y}_t$ ) i njihovih stvarnih veličina ( $Y_s$ ), u stvari računanje grešaka tablične procjene ( $z_t = Y_s - \hat{Y}_t$ ) za sve ogledne površine i sve debljinske stepene uzete u obzir, dalo je sljedeće rezultate:

Sume grešaka procjene  $\Sigma(Y_s - \hat{Y}_t)$  u pojedinim debljinskim stepenima nisu jednake nuli, što znači da ni sume tabličnih veličina projekcije krošnje ( $\Sigma \hat{Y}_t$ ) u debljinskim stepenima nisu jednake sumama stvarnih veličina projekcija krošnje ( $\Sigma Y_s$ ). Razlike ovih suma ( $\Sigma Y_s - \Sigma \hat{Y}_t$ ) ni u jednom stepenu nisu velike, ne prelazi  $\pm 1,5\%$  zbira stvarnih veličina projekcija krošanja za sve ogledne površine datog debljinskog stepena. S obzirom na veličinu greške pri određivanju veličine projekcije krošnje i zaokruživanje  $d_0$  na cijeli  $m^2$ , nije vršena korekcija ovih suma, odnosno veličina projekcije krošanja u tabeli 1. navedenih tablica, što bi inače bilo nužno da su se pojavile znatnije razlike.

Sume kvadrata grešaka procjene ( $\Sigma z_t^2$ ), iz kojih se računaju standardne greške procjene i služe za računanje koeficijenta višestruke korelacije, uglavnom su niže u većoj ili manjoj mjeri od odgovarajućih suma kvadrata grešaka procjene po jednačini višestruke korelacije (samo u prva dva debljinska stepena su nešto više). Ovo ukazuje na poboljšanje procjene po izrađenim tab-

licama u odnosu na procjenu po jednačini višestruke korelacije. Kako je koeficijent višestruke korelacije za korelacionu vezu između veličine projekcije krošnje stabla i taksacionih elemenata uzetih u obzir računatu po jednačinama višestruke korelacije (br. 6 — 11) vrlo visok (0,932), nismo ni računali koeficijent višestruke korelacije za tabličnu procjenu. On je svakako samo nešto viši, s obzirom na to da su standardne greške tablične procjene tek neznatno niže a sam koeficijent je vrlo visok.

I u analizi višestruke korelacije veličine projekcije krošnje stabla i drugih taksacionih elemenata postoje u nekoliko slučajeva izrazito velike greške procjene, čiji kvadrati čine znatan dio ukupne sume kvadrata greške procjene, što svakako snizuje tačnost procjene (veća standardna greška procjene i niži koeficijent korelacije). Uočavanjem tih oglednih površina ponovo dolazimo do zaključka da buduća istraživanja taksacionih elemenata treba vršiti ili po glavnim područjima rasprostranjenja sastojina bijelog bora ili još bolje po tipovima šuma, čije će izdvajanje, s druge strane, biti olakšano istraživanjima izvršenim u ovom radu.

#### **4. TEKUĆI ZAPREMINSKI PRIRAST STABLA PO JEDINICI POVRŠINE PROJEKCIJE NJEGOVE KROŠNJE**

Zapreminski prirast stabla preračunat na jedinicu površine projekcije njegove krošnje veoma je značajan taksacioni element. Poznavanje njegove veličine i korelacione veze između zapreminskog prirasta stabla i nekih taksacionih elemenata sastojine ili stabla može korisno poslužiti za objašnjenje pojedinih značajnih pitanja nauke o prirastu i prinosu (pitanje najpovoljnijih dimenzija i oblika krošnje stabla; debljinska struktura preborne sastojine i dr.). U istom smislu poznavanje toka krivulje ovog prirasta i njene kulminacije, u zavisnosti od debljine stabla, služi kao neophodna osnova u nekim metodama konstrukcije normalnog sastava preborne sastojine (Matić, Drinić: određivanje najjačeg debljinskog stepena normalne preborne sastojine).

Veličine tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici površine projekcije krošnje stabla, koje su poslužile u ovom radu kao izvorni materijal, dobijene su kao količnici neizravnatih veličina zapreminskog prirasta svih stabala pojedinih debljinskih klasa i ukupne površine projekcije krošanja stabala iste debljinske klase za stanje (broj stabala) na kraju desetogodišnjeg perioda.

Način dobijanja tekućeg zapreminskog prirasta (po debljinskim klasama) opisan je u poglavlju II.3, gdje je obrađen zapreminski prirast sastojine. Veličine ukupne površine projekcije krošanja stabala po debljinskim klasama, dobijene su na način opisan ranije u poglavlju I. 3.

Podaci o veličinama tekućeg zapreminskog prirasta stabla po jedinici površine projekcije krošnje poslužili su u ovom radu za analizu višestruke korelacije između veličine ovog prirasta i nekih taksacionih elemenata sastojine i za izradu tablica za procjenu veličine tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje. Rezultati i odnosi konstatovani u analizi višestruke korelacije i podaci tablica na njima zasnovani sa svoje strane poslužili su kao osnova za procjenu veličine najpovoljnijeg (najjačeg) debljinskog stepena pri konstrukciji normala za preborne sastojine bijelog bora u Bosni (dio III, poglavlje 3.2).

**4.1. Analiza korelacione veze između tekućeg zapreminskog prirasta stabla po jedinici površine projekcije krošnje i nekih taksacionih elemenata**

Za analizu korelacione veze i ovdje je primijenjen metod višestruke korelacije. Kao nezavisno-promjenjive veličine u jednačini višestruke korelacije uzeti su slijedeći taksacioni elementi sastojine: bonitetni razred staništa, stepen sklopa i srednji prečnik sastojine.

Pri formiranju jednačine višestruke korelacije pretpostavili smo da se neto-korelacija između tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici površine projekcije krošnje i taksacionih elemenata uzetih za nezavisno-promjenjive veličine analitički da izraziti parabolom drugog reda. Na osnovu te pretpostavke jednačina višestruke korelacije ima slijedeći opšti oblik:

$$\bar{Y} = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + c_1x_2 + c_2x_2^2 + d_1x_3 + d_2x_3^2$$

Oznake nezavisno-promenljivih (i njihovih parametara) u jednačini su iste kao i dosada, tj.

$x_1$  — bonitetni razred staništa,

$x_2$  — stepen sklopa sastojine (u %),

$x_3$  — srednji prečnik sastojine (srednji prečnik stabala bijelog i crnog bora u sastojini) u cm.

Zavisno-promenljiva ( $\bar{Y}$ ) označava tekući zapreminski prirast po jedinici površine projekcije krošnje stabla date debljinske klase izražena je u  $\text{dm}^3 / 100 \text{ m}^2 / \text{godišnje}$ .

Višestruke korelacione analize izvršene su odvojeno po dekadnim debljinskim klasama: 10—19, 20—29, 30—39, 40—49 i 50—59 cm, koje su, kratkoće radi, označene brojevima 15, 25, 35, 45, 55 cm, tj. sredinama klase. Razlozi za to su analogni onima navedenim pri izvođenju višestrukih korelacionih analiza debljinskog prirasta po debljinskim stepenima, pa su i objašnjenja data tamo. Izvođenje analiza po debljinskim klasama, kao što je već rečeno, omogućuje istraživanje neto-korelacije datog taksacionog elementa i debljine stabla, iako debljina stabla nije uzeta u jednačinu višestruke korelacije kao nezavisno-promenljiva.

Broj oglednih površina koje su obuhvaćene analizom uglavnom se slaže sa brojem oglednih površina uzetih u obzir pri analizi veličine projekcije krošnje stabala. I ovdje nisu uzete u obzir one ogledne površine za koje su postojale indikacije da je procjena nezastre površine krošanja stabala izvršena s grubim greškama.

Rješenjem sistema normalnih jednačina metoda najmanjih kvadrata za svaku debljinsku klasu određene su veličine parametara,  $a$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $d_1$  i  $d_2$  i dobivene sljedeće jednačine višestruke korelacije po debljinskim klasama:

$$\bar{Y}_{15} = 400,953 - 2,820736 x_1 - 0,9196510 x_1^2 - 2,379357 x_2 + 0,0147628 x_2^2 - 15,982260 x_3 + 0,2371458 x_3^2 \dots \dots \dots 12$$

$$\bar{Y}_{25} = 378,563 - 9,210417 x_1 - 0,9867024 x_1^2 - 2,204250 x_2 + 0,0156151 x_2^2 - 11,125899 x_3 + 0,1368833 x_3^2 \dots \dots \dots 13$$

$$\hat{Y}_{35} = 420,698 - 35,985842 x_1 + 2,9428682 x_1^2 - 2,7037094 x_2 + 0,0208536 x_2^2 - 10,886705 x_3 + 0,1476485 x_3^2 \dots \dots \dots 14$$

$$\hat{Y}_{45} = 133,595 - 22,352317 x_1 - 0,1174601 x_1^2 + 2,279157 x_2 - 0,0253039 x_2^2 - 0,710890 x_3 - 0,0120311 x_3^2 \dots \dots \dots 15$$

$$\hat{Y}_{55} = 426,420 + 28,481125 x_1 - 8,3236772 x_1^2 - 3,331189 x_2 + 0,0211614 x_2^2 - 13,7483783 x_3 + 0,1867116 x_3^2 \dots \dots \dots 16$$

4.1.1. Neto-korelacija između tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici površine projekcije krošnje stabla i boniteta staništa.

Uvid u promjene tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici površine projekcije krošnje stabla koje se mogu pripisati samo promjenama boniteta staništa omogućavaju nam jednačine neto-korelacije između ova dva taksaciona elementa. Na isti način kao i ranije (poglavlje o metodici rada i poglavlje o debljinskom prirastu i projekciji krošnje) eliminisali smo dio promjena u zapreminskom prirastu po jedinici projekcije koji se »duguje« promjenama stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine i dobili jednačine neto-korelacije tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici površine projekcije i boniteta staništa.

Opšti oblik ovih jednačina glasi:

$$\hat{y}_1 = a_1 + b_1 x_1 + b_2 x_1^2$$

Za pojedine debljinske klase, uvrštavajući odgovarajuće veličine parametara  $b_1$  i  $b_2$  i izračunate veličine parametra  $a$ , dobili smo sljedeće jednačine:

$$\hat{y}_{15} = 40,601 - 2,820736 x_1 - 0,9196510 x_1^2 \dots \dots \dots 12.1$$

$$\hat{y}_{25} = 85,023 - 9,210417 x_1 - 0,9867024 x_1^2 \dots \dots \dots 13.1$$

$$\hat{y}_{35} = 135,864 - 35,985842 x_1 + 2,9428682 x_1^2 \dots \dots \dots 14.1$$

$$\hat{y}_{45} = 137,837 - 22,352317 x_1 - 0,1174601 x_1^2 \dots \dots \dots 15.1$$

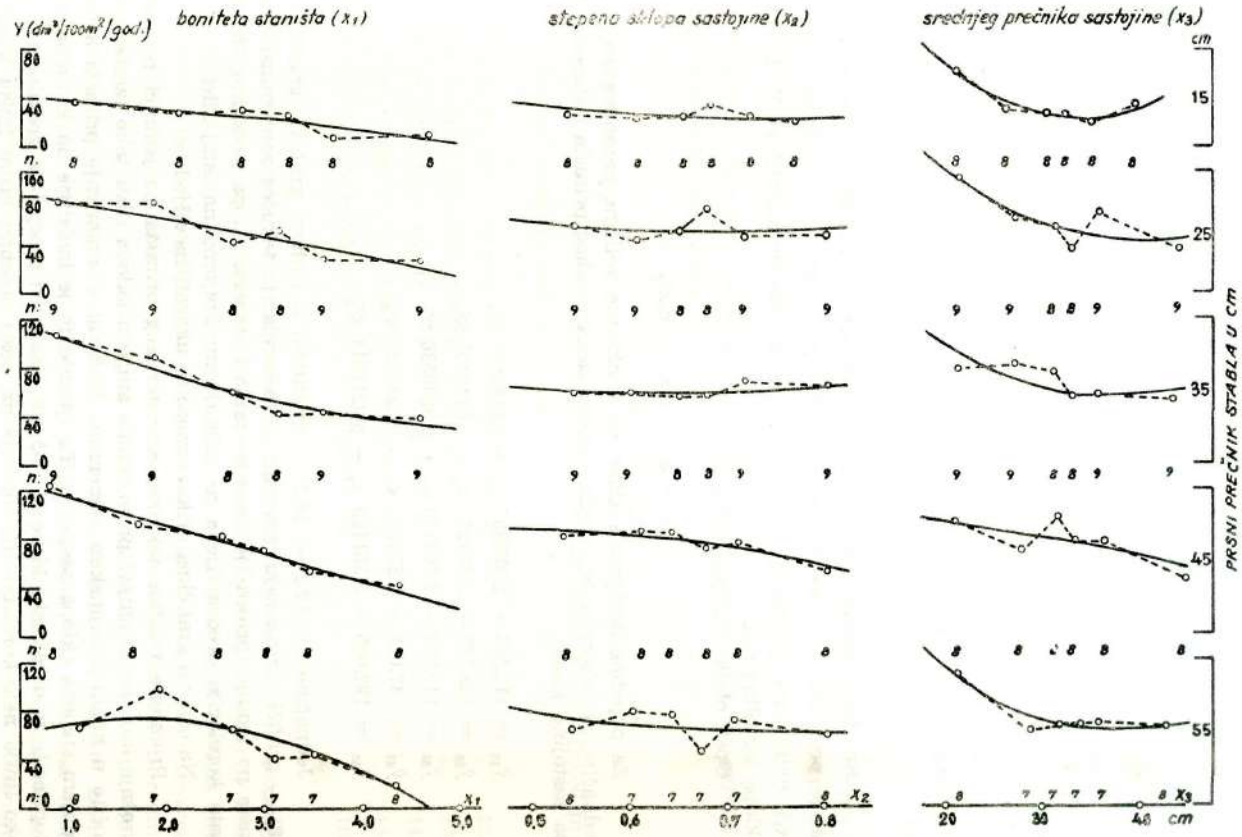
$$\hat{y}_{55} = 49,371 + 28,481125 x_1 - 8,3236772 x_1^2 \dots \dots \dots 16.1$$

Grafovi ovih jednačina prikazani su na grafikonu br. 18 punim linijama. Izlomljene linije predstavljaju neizravnatu neto-korelaciju zavisno-promjenljive veličine (Y) i boniteta staništa ( $x_1$ ). Raspored tačaka oko izravnatih linija neto-korelacije ukazuje na uspješno izravnjanje neto-korelacije između zapreminskog prirasta i boniteta staništa parabolom drugog reda za sve debljinske klase. Izuzetak čini izravnjanje u klasi 55 cm koje je nešto manje uspješno a linija izravnjanja ima osim toga u izvjesnoj mjeri nelogičan tok: izraženu kulminaciju na potezu oko 2. bonitetnog razreda.

Opadanje veličine tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici površine projekcije krošnje stabla idući od boljih ka lošijim bonitetima staništa, što je izraženo jednačinama neto-korelacije i sasvim lako uočljivo na njihovim grafovima, stručno je logično i zato nisu potrebna posebna objašnjenja. Slično opadanje tekućeg zapreminskog prirasta s pogoršanjem boniteta staništa može se



LINIJE NETO KORELACIJE TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA STABLA PO JEDINICI PLOŠTINE PROJEKCIJE KROŠNJE (Y) I



Grafikon br. 18

zapaziti u Matićevim rezultatima istraživanja ovog prirasta za smrču, jelu i bukvu na području Bosne (Matić, 1959). Drinić je pri analizi „uticaja boniteta staništa na prirast po jedinici projekcije krune” za crni bor u Bosni došao do analognih rezultata (Drinić, 1962).

Intenzitet opadanja prirasta (u apsolutnom iznosu ili izražen relativno) različit je u pojedinim debljinskim klasama. O ovome će detaljnije biti govora pri analizi neto-korelacije prirasta i debljine stabla, odnosno pri objašnjenju postupka primijenjenog pri izradi tablica za procjenu veličine tekućeg zapreminskog prirasta.

#### 4.1.2. Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla i stepena sklopa sastojine.

Ranije opisanim postupkom, uvrštavajući u jednačine višestruke korelacije prosječne veličine boniteta staništa ( $x_1$ ) i srednjeg prečnika sastojine ( $x_3$ ), dobili smo jednačine neto-korelacije zavisno-promjenljive (Y) i stepena sklopa sastojine ( $x_2$ ).

Opšti oblik ovih jednačina je:

$$\hat{y}_i = a_i + c_1 x_2 + c_2 x_2^2$$

Za pojedine debljinske klase, uz konkretne veličine parametara  $a_i$ ,  $c_1$  i  $c_2$ , jednačine neto-korelacije između tekućeg zapreminskog prirasta i stepena sklopa sastojine glase:

$\hat{y}_{15} = 117,507 - 2,379357 x_2 + 0,0147628 x_2^2$	12.2
$\hat{y}_{25} = 129,182 - 2,204250 x_2 + 0,0156151 x_2^2$	13.2
$\hat{y}_{35} = 145,933 - 2,703709 x_2 + 0,0208536 x_2^2$	14.2
$\hat{y}_{45} = 37,612 + 2,279157 x_2 - 0,0253039 x_2^2$	15.2
$\hat{y}_{55} = 192,005 - 3,331189 x_2 + 0,0211614 x_2^2$	16.2

Jednačine br. 12.2 — 16.2 — analitički a njihovi grafovi (grafikon br. 18) — grafički izražavaju izravnatu neto-korelaciju tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla i stepena sklopa sastojine. Neizravnata korelacija predstavljena je izlomljenim linijama na istoj slici.

Na osnovu grafičkog prikaza može se ukazati na slijedeće:

Promjene veličine tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje koje se „duguju” promjenama stepena sklopa nisu jako izražene, naročito u nižim debljinskim stepenima. Uočava se smanjenje prirasta s povećanjem stepena sklopa sastojine. To smanjenje je izrazitije na linijama neto-korelacije za debljinske klase 45 i 55 cm. Raspored prosječnih grešaka procjene oko linija neto-korelacije ne ukazuje na neku posebnu krivu liniju kojom bi izravnanje neto-korelacije bilo bolje izvedeno. Pa ipak, parabola drugoga reda nije najpodesnija za ovo izravnanje. Razdioba frekvencija naših oglednih površina po stepenu sklopa ima malu varijacionu širinu i znatno nagomilavanje podataka oko srednjeg stepena sklopa, što najvjerovatnije izaziva pojavu mini-

muma, istina blago izraženog, na potezu stepena sklopa 0,6—0,7 i neočekivano (nelogično) podizanje „desnih“ krakova krivih linija neto-korelacije u debljinskim stepenima 15, 25 i 35 cm. Zbog nelogičnog povećanja prirasta s porastom stepena sklopa od 0,7 na 1,0 koje je nastalo zbog neadekvatne krive linije, ekstrapolacija podataka izvan postojećeg areala rasturanja izvornih podataka ne dolazi uopšte u obzir. Ukoliko bi se željela izbjeći pojava izraženog minimuma i podizanje desnih krakova krivih linija ove neto-korelacije, izravnjanje bi trebalo vršiti pomoću krive linije s uslovljenim mjestom ekstremne tačke. Po logičnoj pretpostavci i prema rezultatima drugih autora (Matić, 1959; Drinić, 1962), tekući prirast zapremine po jedinici projekcije krošnje manji je što je veći stepen sklopa, te bi trebalo izabrati takav oblik parabole čiji bi ekstrem (u ovom slučaju svakako minimum) odgovarao veličini apscise koja označava potpuni stepen sklopa ( $x_2 = 100\%$ ).

#### 4.1.3. Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla i srednjeg prečnika sastojine.

Analitički smo ovu neto-korelaciju izrazili takođe jednačinom parabole drugog reda. Njen opšti oblik je:

$$\hat{y}_i = a_i + d_1 x_3 + d_2 x_3^2$$

Za pojedine debljinske klase jednačine neto-korelacije zapreminskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine glase:

$\hat{y}_{15} = 291,707 - 15,982260 x_3 + 0,2371458 x_3^2$	12.3
$\hat{y}_{25} = 267,636 - 11,125899 x_3 + 0,1368833 x_3^2$	13.3
$\hat{y}_{35} = 255,629 - 10,886705 x_3 + 0,1476485 x_3^2$	14.3
$\hat{y}_{45} = 113,416 - 0,710890 x_3 - 0,0120311 x_3^2$	15.3
$\hat{y}_{55} = 313,500 - 13,748378 x_3 + 0,1867116 x_3^2$	16.3

Grafovi ovih jednačina prikazani su na grafikonu br. 18. Oni pokazuju smanjenje tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici površine projekcije krošnje stabla s povećanjem srednjeg prečnika sastojine. Raspored grešaka procjene oko linija neto-korelacije, kao što se na slici vidi, ukazuje da su izravnjanja u ovom slučaju slabija nego izravnjanja neto-korelacija između zapreminskog prirasta i boniteta staništa odnosno stepena sklopa sastojine. Postoje faktori, izvan obuhvaćenih, čije promjene izazivaju promjene u veličini zapreminskog prirasta. Pored toga, primjena parabole drugog reda nije dala očekivane i u potpunosti logične rezultate. Naime, zbog simetričnosti oblika ove krive linije u datim uslovima razdiobe frekvencija došlo je do pojave minimuma na krivuljama neto-korelacije a iza njih do podizanja desnih krakova krivulja, odnosno do nelogičnog povećanja tekućeg zapreminskog prirasta s povećanjem srednjeg prečnika sastojine. Za dalja istraživanja veličine zapreminskog prirasta odnosno korelacionih odnosa ovog taksacionog elementa i drugih taksa-

cionih elemenata predstoje dva puta. Ili metodom sukcesivnih aproksimacija poboljšati izravnanja neto-korelacija, što bi svakako uticalo na poboljšanje opšte procjene zavisno-promjenljive pri datom broju nezavisno-promjenljivih ili pak za izravnanje neto-korelacije ovog prirasta i srednjeg prečnika sastojine upotrebiti neku pogodniju krivu liniju (npr. neku hiperbolu). Zbog važnosti ovih istraživanja kao osnova za konstrukciju normalnog stanja u mješovitim i višespratnim sastojinama treba svakako poboljšati metode procjene nekih taksacionih elemenata, naročito stepena sklopa sastojine i intenziteta međusobne prekrivenosti krošanja stabala, o čemu je već ranije bilo govora.

Smanjenje tekućeg zapreminskog prirasta s povećanjem srednjeg prečnika sastojine konstatovali su i drugi autori: Matić za bukvu, a u izvjesnoj mjeri i za smrču i jelu u prebornim sastojinama u Bosni (Matić, 1959), a Drinić za šume crnog bora u Bosni (Drinić, 1962).

#### 4.2. Neto-korelacije tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla i debljine (prsnog prečnika) stabla

Kao i pri drugim korelacionim analizama izvršenim po debljinskim stepenima (debljinski prirast, veličina projekcije krošnje stabla) gdje debljina stabla nije uzeta u obzir u jednačini višestruke korelacije, i ovdje smo do predstave o neto-korelaciji zavisno-promjenljive veličine i debljine stabla došli posrednim putem a ne preko jednačina neto-korelacije.

Po jednačinama višestruke korelacije br. 12—16 izračunali smo veličine tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla za pojedine debljinske klase uvrštavajući prosječne veličine sve tri nezavisno-promjenljive u svaku jednačinu višestruke korelacije.

Prosječne veličine nezavisno-promjenljivih u ovoj analizi su:

$$\bar{x}_1 = 2,790 \quad \bar{x}_2 = 66,492 \quad \text{i} \quad x_3 = 31,934 \text{ cm}$$

Zapreminski prirast po jedinici projekcije krošnje stabla dobijen opisanim postupkom ima sljedeće veličine:

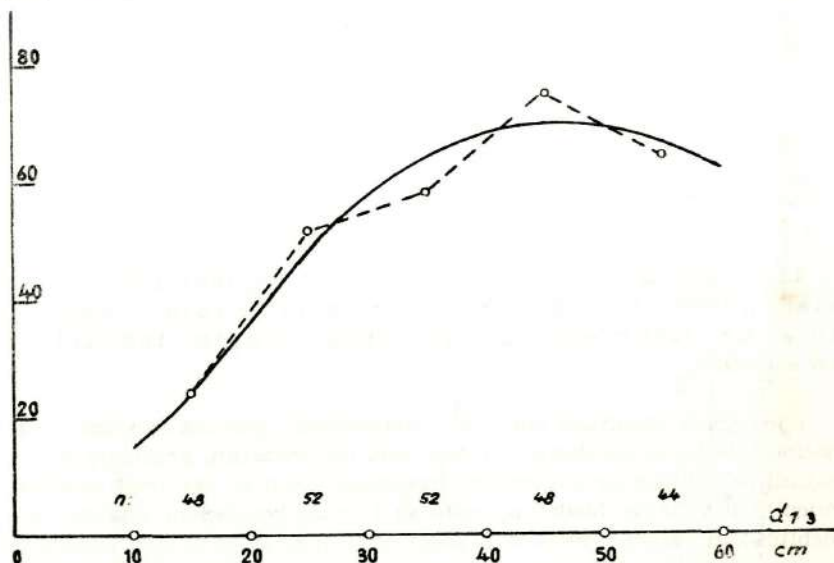
Za debljinsku klasu	10—19 (15)	20—29 (25)	30—39 (35)	40—49 (45)	50—59 cm (55)
Zapreminski prirast dm <sup>3</sup> /100 m <sup>2</sup> /god.	24,466	51,957	58,550	75,015	64,519

Dobijeni podaci prikazani su na grafikonu br. 19 tačkama koje su međusobno spojene izlomljenim linijama. Izravnanje podataka izvršeno grafičkim putem (puna linija na istoj slici) dalo nam je krivu liniju izravnate neto-korelacije između tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla i debljine stabla. Kao što se vidi, ova linija ima oblik izduženog slova S i kulminaciju na potezu koji odgovara debljini stabla od oko 40—50 cm.

Na osnovu oblika krive linije ove neto-korelacije i rasporeda prosječnih grešaka procjene oko linije izravnanja možemo, analogno ranijim razmatranjima pri izračunavanju koeficijenata (indeksa) višestruke korelacije, zaključiti sljedeće:

NETO KORELACIJA TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA PO JEDINICI  
POVRŠINE PROJEKCIJE KROŠNJE ( $\gamma$ ) I DEBLJINE ( $d_{1.3}$ ) STABLA

$\gamma$  ( $\text{dm}^3/100 \text{ m}^2/\text{god.}$ )



Grafikon br. 19

Da je debljina stabla uzeta u obzir kao četvrta nezavisno-promjenljiva veličina u jednačini višestruke korelacije, za izravnanje neto-korelacije zapreminskog prirasta i debljine stabla bila bi svakako potrebna funkcija s više parametara. Uz opravdanu pretpostavku da bi se to izravnanje moglo uspješno izvršiti parabolom četvrtog reda (5 parametara) i da bi pri tome u jednačini višestruke korelacije došlo do međusobnog množenja svih članova, broj parametara tako zamišljene jednačine višestruke korelacije bio bi  $m = 35$ .

Ostale podatke potrebne za računanje indeksa višestruke korelacije dajemo u sljedećem tabelarnom pregledu:

Debljinska klasa (u cm)	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	$\Sigma$
Broj oglednih površina (n)	48	52	52	48	44	244
Zbir veličina tekućeg zapreminskog prirasta u $\text{dm}^3/100 \text{ m}^2/\text{god.}$ ( $\Sigma Y_i$ )	1618	3091	3812	3587	2858	14966
Zbir kvadrata ( $\Sigma Y_i^2$ )	83428	237909	369592	351323	240782	1283034
Zbir kvadrata grešaka procjene ( $\Sigma Z_i^2$ )	19704	35778	52768	53972	38946	201168

Pomoću podataka iz tabele najprije smo izračunali varijansu višestruke korelacije ( $s_z^2 = 824,4590$ ) i varijansu zavisno-promjenljive ( $s_v^2 = 1496,2231$ ) i njihove veličine uvrstili u formulu za računanje indeksa višestruke korelacije.

Indeks višestruke korelacije između tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla i boniteta staništa, stepena sklopa sastojine, srednjeg prečnika sastojine i debljine stabla na osnovu usvojenih pretpostavki i podataka iz analiza, iznosi  $\bar{P} = 0,600$ . Relativno mala veličina ovog indeksa sa svoje strane ukazuje na potrebu adekvatnijeg izbora krivih linija za izravnanje neto-korelacije zapreminskog prirasta i pojedinih taksacionih elemenata, odnosno na potrebu poboljšanja metoda procjene veličina nekih taksacionih elemenata (sklop sastojine, intenzitet međusobne prekrivenosti krošnja stabala i dr.), o čemu je već bilo govora pri analizi odgovarajućih neto korelacija.

#### 4.2.1. Korelacija između tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla i debljine stabla uz istovremenu promjenu drugih taksacionih elemenata

I jednačine višestruke korelacije zapreminskog prirasta isto kao i ostale jednačine višestruke korelacije u ovom radu ne izražavaju promjene zavisno-promjenljive veličine uz istovremene promjene dviju ili sve triju nezavisno-promjenljivih veličina. Međutim, pošto su i ovdje korelacione analize vršene po debljinskim klasama, moguće je dobiti uvid u promjene zapreminskog prirasta uz istovremenu promjenu debljine stabla i jednog od taksacionih elemenata uzetih kao nezavisno-promjenljive veličine. U tu svrhu su izračunate veličine zapreminskog prirasta za sve debljinske stepene, uvrstavajući u jednačine višestruke korelacije prosječne veličine dviju nezavisno-promjenljivih i povoljno odabrane karakteristične veličine treće nezavisno-promjenljive.

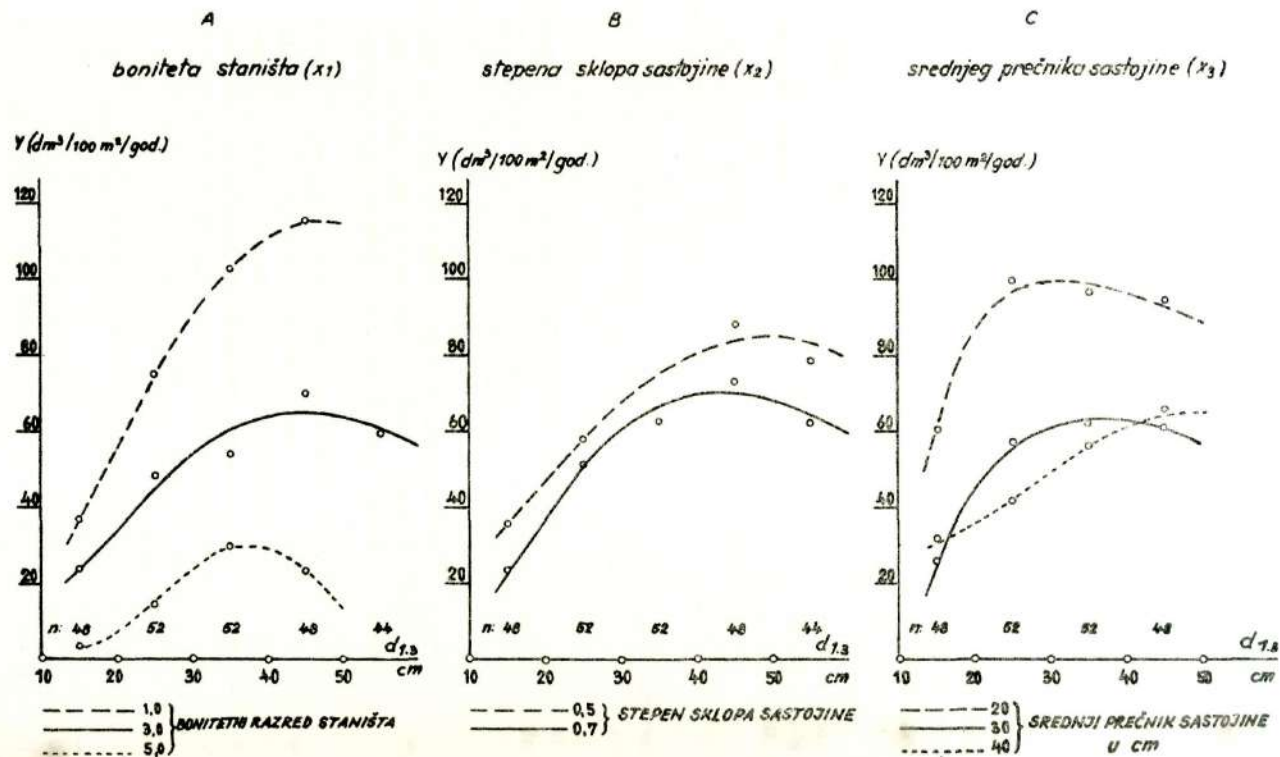
Tako izračunate veličine zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla, grafički izravnate, prikazali smo na grafikonu br. 20.

Oblik krivih linija i njihovi stepeni penjanja odražavaju promjene u veličini tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla zavene od promjene debljine stabla i boniteta staništa (grafikon br. 20 A), promjene debljine stabla i stepena sklopa sastojine (grafikon br. 20 B) i promjene debljine stabla i srednjeg prečnika sastojine (grafikon br. 20 C).

Veličine i promjene zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla zavisno od debljine stabla znatno se razlikuju za različite bonitete staništa. Ovaj prirast je najveći, kako je već ranije utvrđeno, za prvi bonitetni razred a najmanji za peti bonitetni razred. Pri tome se apsolutne razlike prirasta između najboljeg i najlošijeg bonitetnog razreda staništa povećavaju s povećanjem debljine stabla. Stepene penjanja krivih linija zapreminskog prirasta za pojedine bonitete su različiti. To je slučaj i s položajem kulminacione tačke. Idući od lošijeg ka boljem bonitetnom razredu, kulminacija zapreminskog prirasta se pomiče »udesno«, prema debljim stablima. Za peti bonitetni razred ovaj prirast kulminira pri debljini stabla od oko 35—40 cm, za treći pri debljini oko 40—45 cm, a za prvi bonitetni razred pri debljini stabla od

KORELACIJA TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA PO JEDINICI PLOŠTINE PROJEKCIJE KROŠNJE STABLA ( $\gamma$ )

I DEBLJINE ( $d_{1.3}$ ) STABLA ZA NEKE KARAKTERISTIČNE VELIČINE



Grafikon br. 20

oko 45—50 cm, možda i većoj, jer na osnovu naših podataka ne možemo sigurnije utvrditi položaj kulminacione tačke zapreminskog prirasta za ovaj bonitet staništa.

Iako je korelacija zapreminskog prirasta i stepena sklopa kao što smo vidjeli, slabije izražena, ipak se na grafikonu br. 20 B može zapaziti da se promjene ovog prirasta zavisne od promjena debljine stabla razlikuju prema stepenu sklopa sastojine.

Promjene zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla zavisno od debljine stabla takođe se razlikuju prema veličini srednjeg prečnika sastojine. Što je srednji prečnik sastojine manji, to je, uglavnom, veći zapreminski prirast po jedinici projekcije krošnje stabla a kulminacija krive linije tog prirasta pomjerena je ka tanjim debljinskim stepenima (klasama). Pri analiziranju rezultata svojih ispitivanja, koja se odnose na ovaj prirast za jelu, smrču i bukve u Bosni, Matić zaključuje »da postoje indicije na osnovu kojih se može očekivati pomjeranje kulminacione tačke udesno povećanjem srednjeg prečnika sastojine« (Matić, 1959, str. 91). Rezultati Drinićevih ispitivanja ovog prirasta za crni bor u Bosni su jasniji i njegov zaključak je stoga i određeniji: »Kulminacija prirasta po jedinici projekcije kruna nastaje kod stabala viših prsnih prečnika ukoliko je srednji prečnik sastojine veći, i obratno«. (Drinić, 1962, str. 109).

Naši podaci (grafikon br. 20 C) pokazuju da za srednji prečnik sastojine od 20 cm ovaj prirast kulminira pri debljini stabla od oko 30 cm, za srednji prečnik sastojine od 30 cm ta je kulminacija pomjerena »udesno« na debljinu stabla oko 35 cm, a za srednji prečnik od 40 cm kulminacija se pomjera još više udesno na debljinu oko 45 cm i više.

Na osnovu navedenih rezultata drugih autora i naših podataka može se zaključiti da je pomjeranje kulminacione tačke zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla prema jačim debljinskim stepenima s povećanjem srednjeg prečnika sastojine opšte pravilo (za navedene vrste drveća).

#### **4.3. Procjena veličine tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla na osnovu veličina taksacionih elemenata uzetih u obzir pri analizi višestruke korelacije**

Sve što je rečeno o podesnosti jednačine višestruke korelacije za procjenu veličine debljinskog prirasta odnosno projekcije krošnje stabla odnosi se i na procjenu zapreminskog prirasta po jednačinama višestruke korelacije. Stoga je i ovdje primijenjen isti postupak za poboljšanje procjene (Matić, 1959). Na ovom mjestu opisaćemo samo najnužnije od onog što se odnosi na izradu tablica za procjenu veličine tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla.

Po jednačinama meto-korelacije zapreminskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine (br. 12.3—16.3) izračunate su veličine ovog prirasta za one veličine srednjeg prečnika sastojine (zaokružene na 1 cm) koje se nalaze unutar varijacionog intervala u pojedinim debljinskim klasama za koje su vršene analize višestruke korelacije. Izračunate veličine zapreminskog prirasta prikazane su u obliku dvoulazne tabele koja je, kao dio tablica za procjenu zapreminskog prirasta stabala po jedinici površine projekcije krošanja bijelog



bora, objavljena u knjizi »Tablice taksacionih elemenata visokih šuma...« (Matić i dr., 1963, str. 75, tablice 11, tabela 1).

Kako ova tabela pruža mogućnost procjene prirasta samo na osnovu promjene srednjeg prečnika sastojine uz stalne (prosječne) veličine boniteta staništa i stepena sklopa sastojine, što je svakako nedovoljno za praktičnu upotrebu, izračunali smo i tabelarno sredili količnike veličine tekućeg zapreminskog prirasta koje se dobijaju po jednačinama neto-korelacije za bonitet odnosno sklop sastojine i veličine ovog prirasta koja se dobije po jednačini višestruke korelacije uvrštavanjem prosječnih veličina za sve tri nezavisno-promjenljive veličine ( $\bar{x}_1$ ,  $\bar{x}_2$  i  $\bar{x}_3$ ) uzete u obzir u analizi višestruke korelacije.

Veličine tekućeg zapreminskog prirasta dobijene uvrštavanjem prosječnih veličina svih nezavisno-promjenljivih u jednačinu višestruke korelacije za pojedine debljinske klase su:

Debljinska klasa (u cm)	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59
Tekući zapreminski prirast u dm <sup>3</sup> /100 m <sup>2</sup> / god.	24,431	51,639	58,364	77,635	64,228

Količnike veličine tekućeg zapreminskog prirasta po jednačinama neto-korelacije i veličina koje smo upravo naveli prikazali smo takođe u obliku dvoulaznih tabela (tabele 6. i 7).

Tabela 6.

Debljinska klasa cm	Bonitetni razred ( $x_1$ )				
	1.	2.	3.	4.	5.
	Relativne veličine zapreminskog prirasta u odnosu na njegovu veličinu po jednačini uz $\bar{x}_1$ , $\bar{x}_2$ i $\bar{x}_3$				
10—19	1,509	1,280	0,977	0,598	0,144
20—29	1,449	1,213	0,939	0,627	0,277
30—39	1,762	1,296	0,932	0,668	0,506
40—49	1,486	1,194	0,898	0,600	0,298
50—59	—	1,137	0,933	0,469	—

Tabela 7.

Debljinska klasa cm	Stepen sklopa sastojine ( $x_2$ )				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
	Relativne veličine zapreminskog prirasta u odnosu na njegovu veličinu po jednačini uz $\bar{x}_1$ , $\bar{x}_2$ i $\bar{x}_3$				
10—19	1,881	1,451	1,142	0,953	0,896
20—29	1,278	1,123	1,029	0,995	1,022
30—39	1,219	1,077	1,007	1,008	1,081
40—49	1,137	1,138	1,073	0,942	0,747
50—59	1,442	1,220	1,064	0,973	0,949

Ovi odnosi predstavljaju u stvari relativne pokazatelje promjena veličine tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla koje se »duguju« promjenama boniteta staništa (tabela 6) odnosno stepena sklopa sastojine (tabela 7).

Kao što se vidi iz tabele 6, relativni »uticaj« boniteta staništa na zapreminski prirast je znatan iako nema velikih razlika između pojedinih debljinskih klasa. Relativni »uticaj« stepena sklopa je znatno manji, izuzev za najtanju debljinsku klasu (10—19), gdje se po intenzitetu približava relativnom »uticaju« boniteta staništa (na zapreminski prirast po jedinici projekcije krošnje stabla).

Međusobnim množenjem relativnih veličina zapreminskog prirasta za bonitetni razred i stepen sklopa sastojine iz tabele 6. i 7. dobili smo kombinovane veličine faktora za određene kombinacije bonitetnog razreda i stepena sklopa sastojine. Tako izračunate veličine date su u obliku trouglastih tablica (ulazi: prsni prečnik stabla u cm, stepen sklopa sastojine i bonitetni razred staništa). Te tablice objavljene su u knjizi »Tablice taksacionih elemenata visokih šuma...« (Matić i dr., 1963., str. 76, tablice 11, tabela 2).

Time što smo podatke potrebne za procjenu veličine zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla dali u dvije tabele (tabele 1. i 2. navedenih tablica) izbjegli smo, kao i ranije u sličnoj situaciji, izradu obimnih tabela za procjenu veličine ovog elementa na osnovu debljine stabla i taksacionih elemenata uzetih u obzir u analizi višestruke korelacije.

Za procjenu veličine tekućeg zapreminskog prirasta za povoljno izabrane debljine stabla (a ne samo za one koje su navedene u tablicama) potrebno je iz tablica izvaditi podatke o veličinama ovog prirasta za sve debljinske klase i dobijene veličine grafički izravnati. Izravnata kriva linija daje mogućnost tačnije procjene traženih veličina nego interpolacija izvršena bez crtanja ove linije.

Tačnost procjene veličine zapreminskog prirasta po izrađenim tablicama ispitali smo na način primijenjen ranije pri ispitivanju tačnosti izrađenih tablica za procjenu debljinskog prirasta odnosno procjenu veličine projekcije krošnje stabla.

Sume kvadrata grešaka tablične procjene ( $\sum Z_i^2$ ) koje služe za računanje standardne greške procjene i indeksa višestruke korelacije uglavnom su nešto manje od odgovarajućih suma kvadrata grešaka procjene po jednačinama višestruke korelacije. Poboľšanje procjene po tablicama je, dakle, samo neznatno bolje u odnosu na procjenu veličine zapreminskog prirasta direktno po jednačinama višestruke korelacije. Indeks višestruke korelacije za odnose izražene tablicama nismo zbog toga ni računali.

Pregledom izračunatih grešaka procjene konstatovali smo da i pri ovoj analizi u nekoliko slučajeva postoje izrazito velike greške procjene. Mi smo već ranije upozorili na eventualne uzroke i posljedice te pojave. Kvadrati grešaka procjene za tri do četiri takve ogledne površine u okviru jedne debljinske klase čine 50% i više od ukupne sume kvadrata grešaka procjene. Rekli smo već da to smanjuje upotrebljivost koeficijenta (indeksa) višestruke korelacije kao mjere tačnosti procjene koja se postiže po jednačinama višestruke korelacije odnosno po tablicama.

## II. TAKSACIONI ELEMENTI SASTOJINE (BIJELOG BORA)

U okviru ovog dijela rada obradili smo neke važnije taksacione elemente sastojine kao cjeline: broj stabala, zapreminu drveta, tekući prirast zapremine i procent tekućeg zapreminskog prirasta. Iako su naše privremene ogledne površine bile položene i u mješovitim sastojinama bijelog bora i drugih vrsta drveća (a ne samo u čistim sastojinama bijelog bora), istraživanja se i u ovom dijelu rada odnose samo na taksacione podatke o bijelom boru. U tom smislu i termini kao: broj stabala sastojine, zapremina drveta sastojine, tekući prirast zapremine sastojine i procent tekućeg prirasta zapremine sastojine u stvari znače: broj stabala bijelog bora u sastojini, zapremina (krupnog) drveta bijelog bora u sastojini, tekući prirast zapremine bijelog bora u sastojini i procent tekućeg prirasta zapremine bijelog bora u sastojini. Samo po sebi se razumije da za čiste sastojine bijelog bora nema razlike između navedena dva termina odgovarajućeg taksacionog elementa.

Statistički posmatrano, u ovom dijelu rada obuhvaćeni su uglavnom oni taksacioni elementi koji su tzv. agregat statističkog skupa. Naime, ako se sastojina shvati kao statistički skup (populacija, kolektiv) stabala, onda su taksacioni elementi kao zapremina sastojine, zapreminski prirast i dr. (temeljnica, ukupna projekcija krošanja stabala i dr. koji ovim istraživanjima nisu obuhvaćeni) u stvari zbir (agregat) statističkih obilježja svih elemenata skupa, tj. zbir istovrsnih obilježja stabala sastojine. Procent tekućeg prirasta sastojine je u tom smislu samo odnos dvaju agregata skupa: zapreminskog prirasta i zapremine sastojine.

Broj stabala sastojine, iako je zbirni element, nije agregat statističkog skupa, jer svako pojedinačno stablo-element skupa nema s obzirom na ovaj taksacioni element posebnu veličinu obilježja (svako stablo ima jednaku veličinu broja — jedinicu!) te ne postoji ni razdioba frekvencija skupa (struktura) po ovom obilježju. Tzv. struktura po broju stabala je u stvari razdioba frekvencija po debljini kao obilježju stabla i zato struktura sastojine po broju stabala nije adekvatan izraz. Izraz debljinska struktura sastojine je pravi izraz za razdiobu stabala po debljini analogno visinskoj strukturi sastojine (razdioba frekvencija po visini stabla), zapreminskoj strukturi (razdioba frekvencija po zapremini), strukturi prirasta sastojine (razdioba frekvencija po prirastu stabla) itd.\* Uobičajene termine: struktura zapremine, temeljnice i sl. treba razlikovati od upravo navedenih sličnih termina, jer predstavljaju istovremenu razdiobu stabala po dva obilježja (taksaciona elementa): zapremini stabla i debljini, temeljnici i debljini itd. **Ta**

---

\* Iako je izraz »struktura broja stabala«, kao što smo pokazali, netačan, ipak je u prilično širokoj upotrebi u stručnoj literaturi. Pa ipak, neki autori su ga napustili iako s nešto drugačijom motivacijom od naše: »U ovom radu mi upotrebljavamo izraz »debljinska struktura«, jer prikazujemo raspored stabala po debljini i visini, te izrazu visinska najbolje odgovara izraz debljinska struktura«. (Milojković — Mirković, 1955, str. 195; Dri-  
nić, 1962, str. 20).

razdioba u stvari pokazuje korelaciju između zapremine ili temeljnice odnosno prirasta stabla i debljine stabla.

Iako su razdiobe frekvencija stabala sastojine odnosno struktura sastojine po taksacionim elementima stabla interesantan i značajan problem, on ipak ne spada u zadatak ovog rada. U tom smislu i debljinska odnosno visinska struktura sastojine, koje su dosada najčešće obrađivane u okviru problema »broj stabala sastojine«, neće biti obrađene u ovom radu, nego će skupa sa ostalim važnijim strukturama sastojine biti predmet naših narednih istraživanja taksacionih karakteristika sastojina bijelog bora u Bosni.

## 1. BROJ STABALA BIJELOG BORA U SASTOJINI

Poznavanje broja stabala čiste sastojine (ili broja stabala pojedine vrste drveća u mješovitoj sastojini) i promjena njegove veličine u zavisnosti od drugih taksacionih elemenata od značaja je kako za teoriju tako i za praksu uređivanja šuma. Značaj poznavanja ovog taksacionog elementa za uređivanje preborne šume u novije doba naročito ističu kod nas Miletić (Miletić, 1950, str. 303) i Matić (1959). Pri tome se ističe činjenica da je »broj stabala najvarijabilniji element strukture« (Miletić, 1950, str. 299).\*

Kao osnovni materijal za korelacionu analizu broja stabala sastojine i izradu tablica za procjenu veličine broja stabala na osnovu drugih taksacionih elemenata sastojine poslužili su podaci o broju stabala bijelog bora po ha za naše ogledne površine i podaci o veličinama onih taksacionih elemenata za iste ogledne površine, koji su uzeti u obzir kao nezavisno promjenljive veličine u jednačini višestruke korelacije. Ti podaci dati su u Prilogu — tabela II.

### 1.1. Analiza korelacione veze između broja stabala po jedinici površine i nekih taksacionih elemenata sastojine

Za ovu analizu primijenjen je takođe metod višestruke korelacije. Za nezavisno-promenljive veličine u jednačini višestruke korelacije uzeti su sljedeći taksacioni elementi sastojine: bonitetni razred staništa, stepen sklopa sastojine, srednji prečnik sastojine i omjer smjese bijelog bora.

Pri formiranju jednačine višestruke korelacije pretpostavili smo da se neto-korelacija između broja stabala sastojine i nezavisno-promenljivih može

---

\* Pitanje varijabilnosti nekog taksacionog elementa sastojine nije jednostavno zbog prilično složenih korelacionih odnosa među taksacionim elementima, naročito u mješovitim sastojinama. Statistički pokazatelj varijabilnosti — varijacioni koeficijent ne može se upotrijebiti, jer osnovni podaci nisu, zbog različitog omjera smjese, direktno međusobno uporedivi, a preračunavanje na čiste sastojine u svrhu izračunavanja varijacionog koeficijenta moralo bi se posebno izvesti za sve ogledne površine koje su ušle u uzorak. Tako izračunati podaci mogli bi poslužiti samo za računanje mjere variranja izravnatih (po jednačinama višestruke korelacije ili po tablicama) veličina datog taksacionog elementa, koje je utoliko manje od variranja neizravnatih (originalnih) veličina ukoliko je provedeno izravnanje manje uspješno (odnos između standardnih devijacija neizravnatih i izravnatih veličina zavisno-promenljive i standardne greške procjene, odnosno njihovih varijansi).

uspješno izraziti krivom linijom, i to parabolom drugog reda. U pogledu neto-korelacije broja stabala sastojine i stepena sklopa pošli smo pri tome od očekivanja da se najveći broj stabala, uz prosječne veličine ostalih nezavisno-promjenljivih, može očekivati pri najvećem stepenu sklopa sastojine. Prethodne analize vršene u svrhu dobijanja uvida u neto-korelaciju broja stabala sastojine i boniteta staništa ukazivale su na logičnost pretpostavke da se u ovoj korelaciji najveći broj stabala može očekivati pri najboljem bonitetu staništa. Uzevši u obzir navedeno, izabrali smo takve oblike parabola za neto-korelacije broja stabala sastojine i ovih dvaju taksacionih elemenata koji će zadovoljiti postavljene uslove.

Za neto-korelaciju broja stabala sastojine i stepena sklopa sastojine parabola drugog reda ima oblik  $Y = a + c(x_2^2 - 200x_2)$ . Ovaj oblik se dobije ako se za parabolu oblika  $Y = a + c_1x_2 + c_2x_2^2$  postavi uslov da je  $Y = \max$ , za  $x_2 = 100$  (tj. za potpun sklop  $x_2 = 100\%$ , broj stabala sastojine je maksimalan).

Parabola drugog reda  $Y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2$  za neto-korelaciju broja stabala sastojine i boniteta staništa treba, kao što smo rekli, da zadovolji uslov da je  $Y = \max$  za najbolji bonitet staništa. Računski smo uzeli da je to za  $x_1 = 0$ , pa jednačina ove neto-korelacije dobija tada oblik  $Y = a + b_2x_1^2$ .

Na osnovu usvojenih pretpostavki, jednačina višestruke korelacije broja stabala sastojine i taksacionih elemenata uzetih u obzir kao nezavisno-promjenljive veličine ima sljedeći opšti oblik:

$$\hat{Y}_N = a + b_2x_1^2 + c(x_2^2 - 200x_2) + d_1x_3^2 + d_2x_3^2 + g_1x_6 + g_2x_6^2$$

Simboli u jednačini predstavljaju sljedeće:

$\hat{Y}_N$  = broj stabala sastojine po 1 ha (broj stabala bijelog bora u sastojini),

$x_1$  = bonitetni razred staništa ,

$x_2$  = stepen sklopa sastojine u %,

$x_3$  = srednji prečnik sastojine (srednji prečnik stabala bijelog i crnog bora u sastojini) u cm,

$x_6$  = omjer smjese (udio zapremine bijelog bora u zapremini sastojine) u %.

Rješenjem sistema normalnih jednačina dobili smo veličine parametara  $a$ ,  $b_2$ ,  $c$ ,  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $g_1$ , i  $g_2$ , pa jednačina višestruke korelacije broja stabala sastojine i uzetih taksacionih elemenata, za naš osnovni materijal, glasi:

$$\hat{Y}_N = 907,100 - 6,2456057 x_1^2 - 0,0844311 (x_2^2 - 200 x_2) - 79,91792 x_3 + 0,8518212 x_3^2 + 6,261825 x_6 + 0,0046361 x_6^2 \quad 17$$

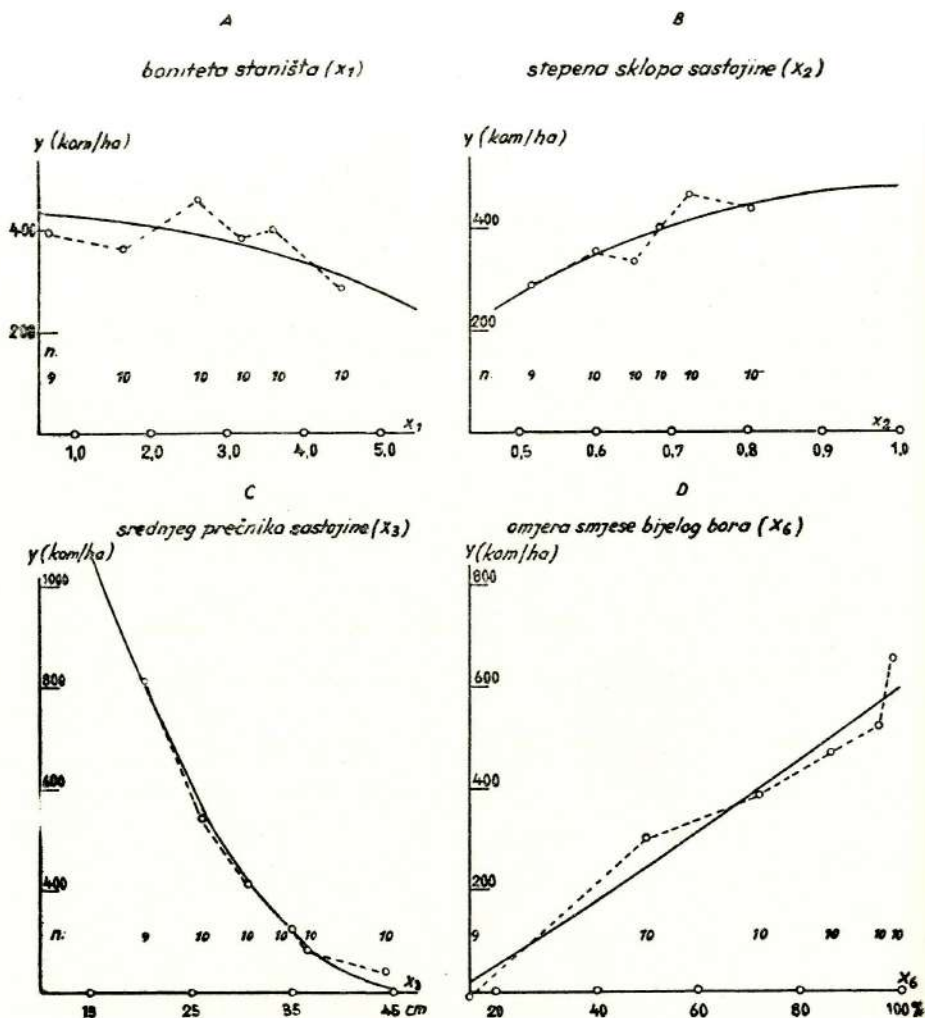
### 1.1.1. Neto-korelacija broja stabala i bonitetnog razreda staništa

Jednačina neto-korelacije broja stabala bijelog bora u sastojini i bonitetnog razreda staništa, dobijena po poznatom i ranije opisanom postupku, glasi:

$$\hat{y} = 434,328 - 6,245605 x_1^2 \quad 17.1$$

Na grafikonu br. 21 A ova jednačina predstavljena je kontinuelnom krivom, konkavnom prema apscisnoj osovini čije se ordinate (broj stabala sastojine) smanjuju idući od boljih ka lošijim bonitetnim razredima staništa. Stepen penjanja krive linije od boniteta do boniteta povećava se idući od boljih ka lošijim bonitetnim razredima. Neizravnata neto-korelacija broja stabala sastojine i boniteta staništa (na slici predstavljena izlomljenom crt-

NETO KORELACIJA BROJA STABALA BIJELOG BORA U SASTOJINI (Y) I



Grafikon br. 21

kanom linijom) po svojoj prilici bi bila bolje izravnata parabolom drugog reda čiji maksimum ne bi bio uslovljen (neizravnati podaci pokazuju maksimalan broj stabala za sastojine 2,5 do 3. bonitetnog razreda), ali nema logične pretpostavke za takav tok krive linije ove neto-korelacije.

Opadanje broja stabala sastojine sa slabijim bonitetom staništa u neto-korelaciji ova dva taksaciona elementa konstatovali su i drugi autori koji su primijenili metod višestruke korelacije pri ispitivanjima ovog problema: Drinić za sastojine crnog bora (Drinić, 1962), Vukmirović za sastojine hrasta kitnjaka (Vukmirović, 1962) i Matić za smrču i bukvu u Bosni (Matić, 1959).\*

Ovi rezultati su na prvi pogled u suprotnosti s rezultatima dosadašnjih ispitivanja odnosa između broja stabala sastojine i boniteta staništa. Sva dosadašnja istraživanja ovog odnosa rezultirala su u stvari ne neto-korelacijom, nego prividnom, jednostavnom korelacijom broja stabala sastojine i bonitetnog razreda staništa. Kao što je poznato, primjenom metoda jednostavne korelacije ostali faktori koji utiču na broj stabala su zanemareni pa je njihovo dejstvo, nekada potpuno suprotno dejstvu faktora uzetog u obzir (kao nezavisno-promjenljiva veličina u jednostavnoj korelaciji), mijenjalo u manjoj ili većoj mjeri njegov uticaj a rezultat toga je prividna korelacija. Pa čak kad je u metodici rada analogno metodu višestruke korelacije primjenjivana izolacija a ne zanemarivanje ostalih elemenata (faktora), npr. ispitivanje odnosa broja stabala sastojine i boniteta staništa uz jednake starosti sastojine (za jednodobne sastojine), dobijeni rezultati su prividna korelacija, jer su neki važni taksacioni elementi bili zanemareni (npr. srednji prečnik sastojine) čiji je »uticaj« na broj stabala sastojine znatan i pokriva uticaj boniteta staništa (Sastojine jednake starosti na slabijim bonitetima uvijek su manjeg srednjeg prečnika — »tanje« — što svakako dovodi do većeg broja stabala u odnosu na broj stabala sastojine jednake starosti na boljim bonitetima staništa).

### 1.1.2. Neto-korelacija broja stabala i stepena sklopa sastojine

Ova neto-korelacija prikazana je grafički na grafikonu br. 21 B, a jednačina krive linije njenog izravnjanja glasi:

$$\hat{y} = -361,710 - 0,0844311(x_2^2 - 200x_2) \quad 17.2$$

Dobivena jednačina pokazuje (a iz slike se to vidi na prvi pogled) povećanje broja stabala sastojine s porastom stepena sklopa sastojine — što smo i očekivali kao logično. Stepenn penjanja krive linije izravnate neto-korelacije opada s povećanjem stepena sklopa. U blizini potpunog stepena sklopa ( $x_2 = 100\%$ ) on je čak vrlo blizu nuli, jer je izabran takav oblik parabole koji ima maksimum za  $x_2 = 100$ .

\*Manje izražen, pa čak i suprotan »uticaj« boniteta staništa (npr. za jelu) na broj stabala sastojine u rezultatima Matićevih istraživanja, iako donekle objašnjen u samom radu, treba po našem mišljenju pripisati prilično komplikovanim i ne uvijek paralelnim korelacionim odnosima između pojedinih istih taksacionih elemenata raznih vrsta drveća i ukupnog broja stabala u mješovitoj sastojini.

Progresivno povećanje stepena penjanja krive linije izravnate neto-korelacije između broja stabala sastojine i stepena sklopa sa smanjenjem stepena sklopa sastojine ima logično objašnjenje u povećanju osvijetljenosti u sastojini i odgovarajućim promjenama uslova za život zasjenjenih stabala, što pri nižem stepenu sklopa igra sve manju ulogu (Matić, 1959, str. 118).

Povećanje broja stabala sastojine s porastom stepena sklopa sastojine konstatovali su i drugi autori: Matić — za ukupan broj stabala mješovitih sastojina jele, smrče i bukve u Bosni (Matić, 1959), Vukmirović za čiste sastojine hrasta kitnjaka u Bosni (Vukmirović, 1962) i Drinić za čiste sastojine crnog bora u Bosni (Drinić, 1962).

### 1.1.3. Neto-korelacija broja stabala i srednjeg prečnika sastojine

Jednačina neto-korelacije broja stabala sastojine i srednjeg prečnika sastojine glasi:

$$\hat{y} = 2074,335 - 79,911792 x_3 + 0,8518212 x_3^2 \quad 17.3$$

Ova jednačina — analitički i grafikom br. 21 C grafički pokazuju naglo smanjenje broja stabala sastojine s povećanjem srednjeg prečnika sastojine.

Povećanje srednjeg prečnika sastojine znači, u prosjeku, veći broj debljih stabala u debljinskoj strukturi sastojine. Deblja stabla imaju, kao što pokazuje odgovarajuća neto-korelacija, veće projekcije krošnje stabla i veći procent slobodnih, nezastrih krošanja, što sve djeluje u istom pravcu — smanjenju broja stabala po jedinici površine (1 ha).

Povećanje srednjeg prečnika u sastojinama bijelog bora koje imaju izrazito binomsku debljinsku strukturu u velikoj mjeri je paralelno povećanju srednje starosti sastojine i u neto-korelaciji se odražava u smanjenju broja stabala sastojine. S druge strane, zbog takve razdiobe frekvencija stabala sastojine po debljini srednji prečnik sastojine ima značajnu ulogu kao izrazito tipična vrijednost sastojine posmatrane kao statistički skup stabala. Ne mijenja mnogo u suštini stvari što njegova veličina nije izračunata kao aritmetička sredina prsnih prečnika svih stabala sastojine nego kao veličina prečnika koji odgovara prosječnoj prsnoj temeljnici stabala sastojine (Tjurin, 1962, odnos  $d_a$  i  $d_s$ !).

Smanjenje broja stabala sastojine s porastom srednjeg prečnika sastojine konstatovali su i drugi autori: Matić (Matić, 1959), Drinić (Drinić, 1962), Vukmirović (Vukmirović, 1962), a i jednostavna korelacija ova dva taksaciona elementa pokazuje iste rezultate.

### 1.1.4. Neto-korelacija broja stabala sastojine i omjera smjese bijelog bora

Omjer smjese bijelog bora izražen procentualnim udjelom zapremine bijelog bora u ukupnoj zapremini sastojine ima, kao nezavisno-promjenljiva veličina ( $x_6$ ), u jednačini višestruke korelacije dvostruki zadatak:



1. da obuhvati promjene u zavisno-promjenljivoj koje su jednostavna posljedica manjeg ili većeg udjela bijelog bora u sastojini (za zavisno-promjenljive koje su zbir — agregat — odgovarajućeg taksacionog elementa pojedinih stabala, kao što su: zapremina, zapreminski prirast, broj stabala, ukupna površina horizontalne projekcije krošanja stabala u sastojini i dr.);

2. da izrazi promjene zavisno-promjenljive veličine koje nastaju zbog različitog udjela u sastavu sastojine, vrsta drveća različitih uzgojnih i taksacionih karakteristika (različit odnos prema svjetlosti, veće ili manje veličine projekcije krošnje stabla raznih vrsta drveća, veća ili manja punodrvnost stabala raznih vrsta drveća koje čine mješovitu sastojinu i sl.).

Ovaj drugi zadatak je i jedini zadatak ove nezavisno-promjenljive u onim jednačinama višestruke korelacije gdje veličina zavisno-promjenljive nije zbir istih veličina pojedinih stabala kao što su debljinski prirast stabla i sl. taksacioni elementi stabla, odnosno kao što je procent prirasta sastojine i neki drugi taksacioni elementi sastojine.

U jednačini višestruke korelacije za broj stabala sastojine omjer smjese ima prema tome oba navedena zadatka.

Jednačina neto-korelacije broja stabala sastojine i omjera smjese bijelog bora glasi:

$$\hat{y} = - 76,738 + 6,261825 x_0 + 0,0046361 X^2, \quad 17.4$$

Graf ove jednačine je kriva linija konveksna prema apscisi, veoma male zakrivljenosti ali prilično velikog stepena penjanja (grafikon br. 21 D).

Povećanjem omjera smjese bijelog bora povećava se, što je i sasvim logično, broj stabala bijelog bora u sastojini. Kriva linija, koja grafički predstavlja taj odnos, po svojoj maloj zakrivljenosti gotovo je prava linija. Stepenn penjanja krive linije neznatno se povećava s povećanjem omjera smjese, što treba da znači da se broj stabala bijelog bora u sastojini nešto brže smanjuje pri višim omjerima smjese nego pri nižim za istu veličinu smanjenja omjera smjese bijelog bora.

Inače, relativno smanjenje broja stabala bijelog bora u mješovitim sastojinama (u odnosu na čiste sastojine) stalno je veće od odgovarajućeg relativnog smanjenja omjera smjese bijelog bora (Matić i dr., 1963 — tablice broja stabala bijelog bora u sastojini — tabela 12.2) iako se razlike ublažuju pri manjim omjerima smjese bijelog bora. Objašnjenje bi, eventualno, bar djelimično, moglo biti sljedeće: pri manjoj mješavini drugih vrsta drveća (veći omjer smjese bijelog bora) primiješana vrsta — obično vrsta sjenke ili polusjenke znatnije utiče na smanjenje broja stabala bijelog bora otežavajući uslove opstanka mnogim tankim, već nadvladanim stablima bijelog bora. Pri većoj mješovitosti stabla bijelog bora u prosjeku su znatno deblja i najčešće se po visini nalaze u najgornjem spratu, tako da smanjenje omjera smjese za određenu veličinu u stvari znači samo odgovarajuće smanjenje »prostora za smještaj« stabala bijelog bora. I to smanjenje je nešto veće nego smanjenje omjera smjese najvjerovatnije zbog, u prosjeku, većih projekcija krošanja stabala primiješane vrste drveća (u prosjeku do oko 35 cm prsnog prečnika bijeli bor ima najmanje

projekcije krošanja, a za veće debljine smrča i jela imaju manje projekcije krošanja od bijelog bora).

Jednačina neto-korelacije broja stabala sastojine i omjera smjese bijelog bora ima negativan slobodan parametar (a). Zbog negativnog predznaka i prilične veličine tog parametra brojevi stabala bijelog bora su negativni za omjere smjese manje od oko 12%, što je svakako nelogično. Ovo je, svakako, posljedica nedovoljnog broja oglednih površina sa malim omjerom smjese bijelog bora (sa omjerom smjese bijelog bora nižim od 13% u izvornom materijalu su svega dvije ogledne površine, a nižim od 50% svega 11 oglednih površina!) i pri tome su to u prosjeku sastojine većeg srednjeg prečnika, tj. sa malim brojem stabala bijelog bora. Uostalom, poznato je da rezultati korelacione analize važe samo u intervalu variranja osnovnih podataka;

Neizravnata neto-korelacija broja stabala sastojine i omjera smjese (crtkana, izlomljena linija na grafikonu br. 21 D) upućuje da bi se izravnanje ove neto-korelacije bolje obavilo nekom parabolom višeg reda (koja ima prevojne tačke, tj. fleksibilniji oblik, iako je teško objasniti razloge za takav oblik neto-korelacije kakav pokazuju neizravnati podaci).

## 1.2. Jačina korelacione veze između broja stabala bijelog bora u sastojini i drugih taksacionih elemenata po jednačini višestruke korelacije

Jačinu odnosno vrijednost korelacione veze iskazujemo, kao što je poznato, pomoću dva pokazatelja: standardne greške procjene i indeksa višestruke korelacije.

Standardna greška procjene (kao mjera tačnosti procjene broja stabala sastojine po jednačini višestruke korelacije) računata je po formuli

$$s_z = \sqrt{\frac{\sum z^2}{n-m}}$$

Njena veličina  $s_z = \pm 160,4$  kom/ha predstavlja vjerovatnu prosječnu grešku pri procjeni broja stabala bijelog bora u sastojini. Standardna devijacija originalnih neizravnatih veličina broja stabala bijelog bora u sastojini je  $s_y = 319,1$  kom/ha.

Ako bi se posmatrala samo standardna greška procjene, mogao bi se steći utisak da jednačina višestruke korelacije ne odražava dobre odnose između zavisno-promjenljive i nezavisno-promjenljivih uzetih u obzir. Utisak je potpuno suprotan ako se izračuna i indeks višestruke korelacije. Njegova veličina računata po ranije navedenoj formuli je  $P = 0,87$ . Ona pokazuje da se daleko pretežan dio (nešto više od 75%) ukupnog variranja broja stabala bijelog bora u sastojini može objasniti (pripisati) promjenama taksacionih elemenata uzetih u obzir kao nezavisno-promjenljive u jednačini višestruke korelacije.

Visoka standardna greška procjene posljedica je velikog variranja broja stabala bijelog bora u sastojini (koje se opet u velikoj, možda i pretežnoj, mjeri dužuje variranju omjera smjese!) i uz visok koeficijent korelacije

ne treba da zabrinjava. Standardna greška procjene je vjerovatni prosjek greške procjene zavisno-promjenljive za čitav interval njenog variranja, što pri jakoj korelacionoj vezi ne znači i tako visoku grešku za svaku veličinu zavisno-promjenljive.

### 1.3. Procjena veličine broja stabala bijelog bora u sastojini na osnovu veličina drugih taksacionih elemenata sastojine

Iako bi procjena broja stabala bijelog bora u sastojini i po jednačini višestruke korelacije mogla zadovoljiti zbog visoke veličine indeksa višestruke korelacije, ipak ostaje principijelan nedostatak ove jednačine, o kome je ranije bilo riječi. Stoga smo i pri izradi tablica za procjenu broja stabala bijelog bora u sastojini primijenili isti postupak koji smo primjenjivali pri izradi drugih tablica (Matić, 1959). Za razliku od tablica za procjenu taksacionih elemenata stabla, sve tablice za procjenu taksacionih elemenata sastojine (pa i tablice za procjenu broja stabala) izrađene su u definitivnom obliku kao tro-ulazne tablice (ulazi: bonitetni razred staništa, stepen sklopa sastojine i srednji prečnik sastojine), ali samo za čiste sastojine bijelog bora. Za mješovite sastojine bijelog bora i drugih vrsta drveća podaci ovih tablica množe se još sa odgovarajućim faktorima za omjer smjese bijelog bora. Veličine tih faktora dobijene su tako što su izračunate relativne veličine broja stabala po jednačini neto-korelacije za date omjere smjese u odnosu na veličinu broja stabala za čiste sastojine bijelog bora (omjer smjese ( $X_0 = 100\%$ )) po istoj jednačini neto-korelacije.

Relativne veličine — faktori broja stabala prema jednačinama neto-korelacija u odnosu na veličinu broja stabala dobivenu po jednačini višestruke korelacije uvrštavanjem prosječnih veličina svih nezavisno-promjenljivih, koje smo upotrijebili pri izradi tablica na ranije opisan način, jesu sljedeće:

Za bonitet staništa	1.	2.	3.	4.	5.
	1,10414	1,05582	0,97527	0,86251	0,71752

Za stepen sklopa sastojine	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	0,46079	0,70033	0,89633	1,04877	1,15766	1,22299	1,24476

Za omjer smjese bijelog bora izračunata je relativna veličina broja stabala na isti način ali samo za veličinu omjera smjese  $X_0 = 100$  (čiste sastojine bijelog bora). Ona iznosi 1,53675.

Tablice za procjenu broja stabala čistih sastojina bijelog bora na osnovu veličine boniteta staništa, stepena sklopa sastojine i srednjeg prečnika sastojine dobijene su kao rezultat međusobnog množenja izračunatih relativnih veličina (faktora) za odgovarajuću kombinaciju boniteta staništa i stepena sklopa s faktorom za čiste sastojine bijelog bora (1,53675) i veličinama broja stabala po jednačini neto-korelacije za srednji prečnih sastojine.

U definitivnoj formi tablice za procjenu broja stabala sastojine date su u posebnoj publikaciji (Matić i dr., 1963, tablice 12, tabela 1. i 2). Objašnjenje za njihovu upotrebu, koja je vrlo jednostavna, takođe je dato tamo.

Verifikaciju tablica izvršili smo na našem osnovnom materijalu po postupku opisanom ranije. Tablična procjena veličina broja stabala bijelog bora u sastojini za sve naše ogledne površine dala je znatno manju sumu kvadrata grešaka procjene. Pri tome suma grešaka procjene u prvi mah nije bila jednaka nuli, odnosno po tablicama smo dobili:  $\Sigma \hat{Y}_t \neq \Sigma Y_s$ . Zato smo u postupku izrade tablica izvršili korekciju tabličnih podataka množenjem odnosom  $\Sigma Y_s / \Sigma \hat{Y}_t$ , koji je iznosio 1,0143265. Poslije izvršene korekcije suma stvarnih veličina broja stabala i procijenjenih po tablicama su se izjednačile, što znači da je i suma grešaka procjene za sve ogledne površine postala nula.

Izračunati pokazatelji jačine odnosno vrijednosti korelacione veze (između broja stabala bijelog bora u sastojini i taksacionih elemenata koji predstavljaju tablične ulaze) pokazuju znatno poboljšanje tablične procjene u odnosu na procjenu po jednačini višestruke korelacije. Standardna greška procjene broja stabala po tablicama iznosi sada  $s_{zt} = \pm 126,5$  kom/ha, što predstavlja smanjenje vjerovatne prosječne greške za preko 20%.

Kao posljedica znatnog smanjenja standardne greške procjene povećao se indeks višestruke korelacije. On sada iznosi  $P_t = 0,92$ , što znači povećanje indeksa determinacije od 0,75 na 0,85. Ovo opet, kao što je poznato, znači da se primjenom tablica broja stabala sastojine može objasniti (pripisati) oko 85% variranja broja stabala onim taksacionim elementima, koji su uzeti u obzir kao tablični ulazi. To svakako predstavlja veoma velik dio ukupnog variranja.

## 2. ZAPREMINA SASTOJINE (STABALA BIJELOG BORA U SASTOJINI)

Zapremina drveta sastojine po jedinici površine (1 ha) veoma je značajan i interesantan taksacioni element bez obzira na intenzitet gazdovanja šumom. U primitivnom, ekstenzivnom gazdovanju zapremina drveta je (uz površinu šume) u stvari i jedini taksacioni element za koji je zainteresovan vlasnik šuma odnosno njegova tehnička služba. S porastom intenziteta gazdovanja i s napretkom šumarske nauke zapremina drveta po jedinici površine ne gubi nimalo od svoje važnosti. Njena veličina, interesantna prije toga samo kao mjera eventualno moguće eksploatacije postaje sada objekt naučnih ekonomsko-bioloških istraživanja. Veličina i struktura zapremine drveta sastojine posmatra se sada ne samo kao proizvod koji treba iskoristiti nego sve više i kao proizvodno sredstvo, kao svojevrsna fabrika za proizvodnju drveta radi zadovoljenja društvenih potreba. Govoreći o zapremini drveta sastojine — zalihi kao taksacionom elementu, prof. Miletić kaže: »Zaliha je nosilac živih snaga sastojine, proizvođač prirasta kako po snazi tako i vrednosti i važan element ekonomske organizacije šumske privrede. Zaliha ujedno predstavlja količinu i vrednost materijalnih sredstava vezanih u šumskoj proizvodnji. Stoga je važan zadatak ekonomske organizacije da pravilno i pouzdano odredimo veličinu i strukturu zalihe u prebornoj šumi.« (Miletić, 1950/I, str. 307).

O značaju zapremine sastojine kao sredstva za obezbjeđenje prinosa koji odgovara društvenim potrebama Matić, pored veličine, naročito naglašava važnost strukture zapremine sastojine. Budući da »proizvod predstavlja najvećim dijelom istovremeno i proizvodno sredstvo svoje vrste«, to »za proiz-

vodnju određenog prinosa treba izgraditi i odgovarajuću »fabriku« (Matić, 1963, str. 14).

Veličina zalihe sastojine i njena zavisnost od drugih taksacionih elemenata bila je često predmet naučnih istraživanja iako primijenjeni metodi nisu uvijek davali jasne odgovore na postavljena pitanja (Miletić, 1950, str. 316). Veličina zalihe takođe je poslužila nekim istraživačima kao jedini ili kao jedan između ostalih elemenata za konstrukciju normala preborne šume, o čemu će biti više govora u trećem dijelu ovoga rada.

S obzirom na izloženo, razumljiv je interes da se pitanje veličine zapremine sastojine bijelog bora i njene zavisnosti od drugih taksacionih elemenata prouči primjenom metoda višestruke korelacije i da se našoj službi uređivanja šuma pruže pogodne tablice za procjenu ovog, uz prirast, još uvijek najvažnijeg taksacionog elementa.

Osnovni materijal za ova istraživanja — veličine zapremine sastojine (odnosno zapremine borovog dijela sastojine) po 1 ha za postavljene privremene ogledne površine prikazane su u tabeli II priloga. Ove zapremine izračunali smo po metodu zapreminskih tablica. Za svaku oglednu površinu izrađene su jednoulazne zapreminske tablice na osnovu izravnate visinske krive za tu oglednu površinu i Švapahovih zapreminskih tablica za bijeli bor (Mali šumarsko-tehnički priručnik: tabela 6.5; Zagreb, 1949). Pri očitavanju izravnatih visina za sredine debljinskih stepena vršeno je zaokružavanje do na 1 dm. Zapremine određene po navedenim tablicama na osnovu očitane visine i prečnika grafički su izravnate i očitane zaokruženo do na  $\text{dm}^3$ . Izravnati zapreminski niz (jednoulazne tablice) poslužio je i za određivanje zapremine sastojine za stanje na početku perioda (prije 10 godina), pri određivanju zapreminskog prirasta sastojine.

## 2.1. Analiza korelacione veze između zapremine sastojine i nekih taksacionih elemenata

U jednačini višestruke korelacije za nezavisno-promjenljive veličine uzeti su isti taksacioni elementi sastojine kao pri analizi broja stabala sastojine. Kako smo očekivali da su neto-korelacije zapremine sastojine i pojedinih taksacionih elemenata uzetih kao nezavisno-promjenljive veličine analogne onima za broj stabala sastojine, to smo pri formiranju jednačine višestruke korelacije za izravnanje pojedinih neto-korelacija upotrijebili iste krive linije — parabole drugog reda.\*

Jednačina višestruke korelacije zapremine sastojine i taksacionih elemenata uzetih u obzir kao nezavisno-promjenljive veličine, uz izložene pretpostavke, ima sljedeći opšti oblik:

---

\* U stvari, linija neto-korelacije zapremine sastojine i srednjeg prečnika sastojine nema isti tok kao linija neto-korelacije broja stabala sastojine i srednjeg prečnika sastojine: zapremina sastojine se povećava s povećanjem srednjeg prečnika sastojine, ali se obje, kako pokazuju rezultati, mogu dobro izraziti parabolom drugog reda. Uslov za parabolu predviđenu za izravnanje neto-korelacije za stepen sklopa sastojine ( $Y = \max$  za  $x_2 = 100$ ) ostao je ovdje, dok uslov za parabolu neto-korelacije za bonitet staništa nije postavljen.

$$Y_v = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + c(x_2^2 - 200x_2) + d_1x_3 + d_2x_3^2 + d_1x_6 + g_2x_6^2$$

Zavisno-promjenljiva  $Y_v$  u ovoj jednačini označava zapreminu sastojine (zapreminu stabala bijelog bora u sastojini) u  $m^3/ha$ , a oznake nezavisno-promjenljivih veličina su iste kao u jednačini br. 17.

Ako se u ovu jednačinu uvrste veličine parametara koje smo dobili rješenjem sistema normalnih jednačina metoda najmanjih kvadrata, ona dobija sljedeći oblik:

$$\hat{Y}_v = - 307,512 + 5,498583 x_1 - 6,9019352 x_1^2 - 0,05428496 \cdot (x_2^2 - 200 x_2) + 17,336463 x_3 - 0,1598508 x_3^2 + 4,966713 x_6 - 0,0077647 x_6^2 \quad 18$$

Jednačina br. 18 predstavlja analitički izraz korelacione zavisnosti zapremine bijelog bora u sastojini kao zavisno-promjenljive veličine, s jedne strane, i boniteta staništa, stepena sklopa sastojine, srednjeg prečnika sastojine i omjera smjese bijelog bora, kao nezavisno-promjenljivih veličina, s druge strane. Kao takva, ona služi za dobijanje jednačina neto-korelacije zapremine sastojine i pojedinih taksacionih elemenata uzetih u obzir a može poslužiti i za procjenu veličine zapremine sastojine na osnovu veličina tih istih taksacionih elemenata.

### 2.1.1. Neto-korelacija zapremine sastojine i boniteta staništa

Jednačina neto-korelacije između veličine zapremine bijelog bora u sastojini i bonitetnog razreda staništa ima sljedeći analitički izraz:

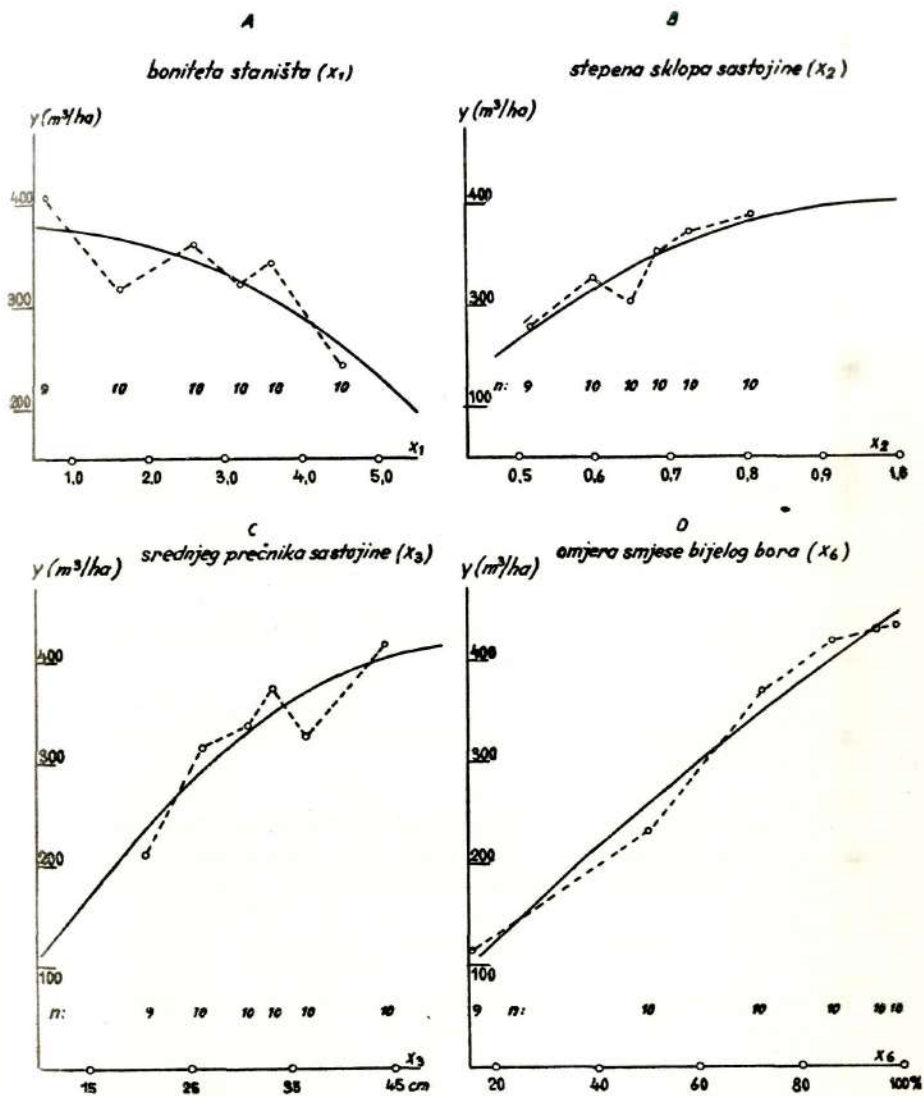
$$\hat{y} = 377,413 + 5,498583 x_1 - 6,9019352 x_1^2 \quad 18.1$$

Graf ove jednačine, kriva linija konkavna prema apscisnoj osovini, prikazan je na grafikonu br. 22 A. On pokazuje da, u prosjeku, zapremina sastojine opada ako se pogoršava bonitet staništa. Ovaj odnos, kao što je poznato, dobiven je uz uslov da su eliminisane promjene u zapremini sastojine koje se mogu pripisati promjenama ostalih nezavisno-promjenljivih veličina (stepena sklopa sastojine, srednjeg prečnika sastojine i omjera smjese bijelog bora). Kolebanja oko linije neto-korelacije — crtkana izlomljena linija koja označava neizravnatu neto-korelaciju — pripisuju se drugim faktorima koji u ovoj analizi nisu uzeti u obzir i ne mogu se eliminisati.

Smanjenje zapremine sastojine idući od boljih ka lošijim bonitetima staništa konstatovano je i za druge vrste dječja primjenom metoda višestruke korelacije (Matić: 1959. i 1963. za jelu, smrču i bukvu; Drinić: 1962. za crni bor i Vukmarković: 1962. za hrast kitnjak).

Ova pojava konstatovana je i primjenom metoda jednostavne korelacione zavisnosti i upoređivanjem promjena veličine zapremine u zavisnosti od bonitetnog razreda staništa, ali dobiveni rezultati nisu bili nesumnjivo jednoznačni (signifikantni).

NETO KORELACIJA ZAPREMINE BIJELOG BORA U SASTOJINI (  $y$  ) I



Grafikon br. 22

Interpretirajući rezultate Fluryjevih istraživanja (Flury Ph.: »Über den Aufbau des Plenterwaldes«, Mittlg. der Schw. Centralanstalt f. d. forstliche Versuchswesen, Zürich 1929, XV Bd. 2. H.), prof. Miletić najprije usvaja Fluryjev zaključak da »u prebornoj šumi zaliha nije funkcija boniteta« (Flury: op. c. po Miletiću, 1950, str. 310) a zatim i sam zaključuje: »Zaliha izgleda, da je prema bonitetu dosta indiferentna« (Miletić, 1950, str. 310).

Nemogućnost da se dokaže izrazita zavisnost zapremine sastojine od boniteta staništa proizilazi iz primijenjenog metoda istraživanja. Variranje zavisne veličine, u ovom slučaju zapremine sastojine koje je u korelaciji s drugim faktorima kao što su stepen sklopa i srednji prečnik sastojine, može u svom ukupnom dejstvu biti veće nego što su promjene u veličini zapremine koje se mogu pripisati bonitetu staništa. To se najbolje vidi iz toga da se u podacima analiziranim po metodu jednostavne korelacije lako utvrđuje razlika između veličina zapremine 1. i 5. bonitetnog razreda dok su razlike zapremine srednjih bonitetnih razreda (2, 3. i 4) manje izražene i nesigurne. Promjene u zapremini izazvane dejstvom određenih kombinacija zanemarenih faktora (sklopa, srednjeg prečnika odnosno starosti sastojine) zamućuju odnos između veličine zapremine i boniteta staništa koji se jasno zapaža pri neto-korelaciji primjenom metoda višestruke korelacije.

Metod jednostavne korelacije može dati pouzdane rezultate samo u slučaju ako između ispitivane zavisno-promjenljive i date nezavisno-promjenljive postoji izuzetno jaka korelaciona veza (npr. visina stabla i prsni prečnik) a ostali — zanemareni faktori ili nisu izrazito »uticajni« ili njihovo dejstvo ima paralelan a ne suprotan tok dejstva datog faktora. Npr., pri korelacionoj analizi broja stabala »uticaj« srednjeg prečnika sastojine ima suprotan tok »uticaju« boniteta staništa i (prividna) jednostavna korelacija broja stabala sastojine i boniteta staništa nije istovjetna sa neto-korelacijom ovih dviju veličina. Nasuprot tome, korelaciona analiza zapremine sastojine pokazuje da su dejstva ovih dvaju faktora (boniteta staništa i srednjeg prečnika) paralelna te i jednostavna korelacija pokazuje opadanje zapremine s pogoršanjem boniteta staništa, iako, kao što smo vidjeli, ne tako jasno kako se to vidi iz neto-korelacije zapremine sastojine i boniteta staništa.

### 2.1.2. Neto-korelacija zapremine sastojine i stepena sklopa sastojine

Izravnata neto-korelacija zapremine sastojine i stepena sklopa sastojine predstavljena je na grafikonu br. 22 B, parabolom konkavnom prema apcisi. Njen analitički izraz dat je sljedećom jednačinom:

$$\hat{y} = -140,922 - 0,05428496 (x_2^2 - 200 x_2) \quad 18.2$$

Kao što se vidi na slici, graf izravnate neto-korelacije pokazuje povećanje zapremine sastojine s porastom njenog stepena sklopa. Pri tome stepen penjanja te krive linije opada s povećanjem stepena sklopa sastojine, da bi, po usvojenoj pretpostavci, blizu potpunog sklopa ( $x_2 = 100$ ) bio najmanji odnosno dobio vrijednost sasvim blisku nuli.

U odnosu na ostale linije neto-korelacije u ovoj analizi višestruke korelacije linija izravnate neto-korelacije zapremine sastojine i stepena sklopa najbolje je prilagođena neizravnatim podacima.

Povećanje zapremine s povećanjem stepena sklopa sastojine ne treba posebno objašnjavati. Analogne rezultate dobili su i drugi autori koji su primijenili metod višestruke korelacije: M a t i ć za sastojine jele, smrče i bukve (Ma-



tić, 1959, 1963), Vukmirović za sastojine hrasta kitnjaka (Vukmirović, 1962) i Drinić za sastojine crnog bora u Bosni (Drinić, 1962).

### 2.1.3. Neto-korelacija zapremine sastojine i srednjeg prečnika sastojine

S obzirom na binomsku debljinsku strukturu sastojina bijelog bora povećanje srednjeg prečnika sastojine kao mjere centralne tendencije skupa stabala (sastojine) znači povećanje debljina svih stabala sastojine. Povećanje debljine stabala, uz odgovarajuće povećanje njihovih visina, nadoknađuje i premašuje manjak u zapremini sastojine koji nastaje zbog smanjenja broja stabala sastojine s porastom njenog srednjeg prečnika. Kako se pri analizi neto-korelacije »uticaj« ostalih nezavisno-promjenljivih eliminiše, to povećanje debljine stabala sastojine rezultira povećanjem zapremine sastojine. Takvo očekivanje zasnovano i na rezultatima istraživanja odnosa između zapremine sastojine i srednje starosti u jednodobnim sastojinama (zbog paralelizma između povećanja starosti i povećanja srednjeg prečnika sastojine) potvrđeno je i rezultatima naših istraživanja.

Grafički izraz neto-korelacije između zapremine sastojine i srednjeg prečnika sastojine (grafikon br. 22 C) pokazuje znatno povećanje zapremine sastojine s povećanjem srednjeg prečnika sastojine. Analitički izraz tog odnosa dat je sljedećom jednačinom:

$$\hat{y} = - 50,647 + 17,336463 x_3 - 0,1598508 x_3^2 \quad 18.3$$

Stepen penjanja krive linije izravnate neto-korelacije smanjuje se s povećanjem srednjeg prečnika sastojine, tj. za jednako povećanje srednjeg prečnika sastojine povećanje zapremine sastojine je sve manje idući od nižih ka višim srednjim prečnicima sastojine.

Neizravnata neto-korelacija (izlomljena crtkana linija na grafikonu br. 22 C), iako pokazuje prilično kolebanje oko linije izravnata, ne ukazuje da bi se njeno izravnanje moglo bolje izvršiti nekom drugom krivom linijom. Smanjenje veličine odstupanja od linije izravnate neto-korelacije može se vjerovatno postići dodavanjem novih nezavisno-promjenljivih u jednačinu višestruke korelacije ili eventualnom obradom podataka po oblastima rasprostranjenja bijelog bora (eventualno različiti ekotipovi bijelog bora i svakako manje variranje zapremine sastojine u okviru jednog područja rasprostranjenja nego na području čitave Bosne).

### 2.1.4. Neto-korelacija zapremine sastojine i omjera smjese bijelog bora

Sve što je rečeno u prethodnom poglavlju pri analizi neto-korelacije broja stabala sastojine i omjera smjese bijelog bora (poglavljje 1.1.4) o ulozi omjera smjese kao nezavisno-promjenljive veličine u jednačini višestruke korelacije važi (u još većoj mjeri) i za neto-korelaciju zapremine sastojine i omjera smjese bijelog bora. Naime, kako je omjer smjese izražen procentom zapremine

bijelog bora od ukupne zapremine sastojine, promjene veličine zapremine bijelog bora u sastojini u neto-korelaciji sa omjerom smjese mogle bi ukazivati, još bolje nego promjene broja stabala bijelog bora u odgovarajućoj analizi, da li mješovite sastojine bijelog bora i drugih vrsta drveća imaju veću ukupnu zapreminu od zapremina čistih sastojina bijelog bora istih taksacionih karakteristika (boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine).

Veće ordinate krive linije izravnate neto-korelacije nego što su veličine zapremine za odgovarajući procent od zapremine čiste sastojine bijelog bora ukazuju na to da mješovite sastojine bijelog bora i drugih vrsta drveća imaju veće ukupne zapremine po 1 ha od čistih sastojina bijelog bora. Iako je ovo pitanje prilično složeno i zahtijeva posebna istraživanja, naš nalaz svakako govori u prilog forsiranja mješovitih sastojina bijelog bora i drugih vrsta drveća a naročito smrče i crnog bora gdje god prirodni uslovi za to odgovaraju.

Izravnata neto-korelacija zapremine sastojine i omjera smjese bijelog bora ima sljedeći analitički izraz:

$$\hat{y} = 29,386 + 4,966713 x_0 - 0,0077647 x_0 \quad 18.4$$

Graf ove jednačine (grafikon br. 22 D) je kriva linija konkavna prema apscisnoj osovini. Stepem penjanja te krive linije smanjuje se s povećanjem omjera smjese, ali razlike u stepenima penjanja su sasvim male.

Relativno smanjenje zapremine bijelog bora (u odnosu na zapreminu čiste sastojine bijelog bora) nešto je manje od odgovarajućeg relativnog smanjenja omjera smjese sve do omjera smjese od 30%, kada se izjednačuju da bi za niže omjere smjese odnos bio obrnut.

Neizravnata korelacija zapremine sastojine i omjera smjese bijelog bora (crtkana izlomljena linija grafikon br. 22 D) ima oblik izduženog slova S. Njeno izravnanje bi se vjerovatno bolje izvršilo nekom parabolom višeg reda, elastičnijom od parabole drugog reda, koja je uzeta za izravnanje ove neto-korelacije u jednačini višestruke korelacije.

## 2.2. Jačina koleracione veze između zapremine sastojine i drugih taksacionih elemenata po jednačini višestruke korelacije

Jačinu korelacione veze i tačnost procjene veličine zapremine sastojine po jednačini višestruke korelacije procjenićemo, kao i u analizi broja stabala sastojine, na osnovu veličine standardne greške procjene i indeksa višestruke korelacije.

Standardna greška procjene zapremine sastojine po jednačini višestruke korelacije, računata po ranije navedenoj formuli iznosi  $\epsilon_x = \pm 69,27 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Standardna devijacija neizravnatih (originalnih) veličina zapremine bijelog bora u sastojini je  $s_y = 157,05 \text{ m}^3/\text{ha}$ . S obzirom na zatno variranje zapremine sastojine koje se, slično variraju broja stabala, duguje u velikoj mjeri variranju omjera smjese, standardna greška procjene nije velika. To potvrđuje i visoka vrijednost indeksa višestruke korelacije. Njegova veličina računata po ranije navedenoj formuli (strana 83) je  $P = 0,90$ . Ova, opet, sa svoje strane ukazuje na veoma jaku korelacionu vezu između zapremine

sastojine i taksacionih elemenata uzetih u obzir u jednačini višestruke korelacije. Više od četiri petine (zapravo 81%) ukupnog variranja zapremine bijelog bora u sastojini može se objasniti promjenama onih taksacionih elemenata koji su uzeti za nezavisno-promjenljive veličine u korelacionoj analizi.

Gledano prema veličini indeksa višestruke korelacije, zapremina sastojine je taksacioni element koji je, od svih analiziranih taksacionih elemenata u ovom radu, najbolje procijenjen primijenjenom jednačinom višestruke korelacije. Primjenom ranije opisanog Matičevog postupka pri izradi tablica procjena zapremine sastojine će se još više poboljšati.

### 2.3. Procjena veličine zapremine bijelog bora u sastojini na osnovu veličine drugih taksacionih elemenata sastojine

Za procjenu veličine zapremine bijelog bora u sastojini na osnovu veličina taksacionih elemenata uzetih u jednačini višestruke korelacije kao nezavisno-promjenljive veličine izradili smo posebne tablice primjenom već ranije opisanog postupka.

Tablice za procjenu veličine zapremine sastojine, skupa sa tablicama za procjenu ostalih taksacionih elemenata, date su u posebnoj publikaciji (Matić i dr., 1963, tablice 13.1. i 13.2).

Tablice su date u obliku trouglastih tablica (ulazi: bonitetni razred staništa, stepen sklopa sastojine i srednji prečnik sastojine) i služe za procjenu veličine zapremine čistih sastojina bijelog bora (o.c. — tablice 13, tabela 1). Za procjenu zapremine bijelog bora u mješovitim sastojinama bijelog bora i drugih vrsta drveća ovim tablicama dodata je i tabela faktora za omjer smjese bijelog bora, koja služi kao četvrti ulaz (o.c. tablice 13, tabela 2). Podatkom ove tabele (za odgovarajući omjer smjese) množi se zapremina dobijena po trouglastim tablicama. Rezultat množenja je zapremina bijelog bora u mješovitom sastojini odgovarajućeg omjera smjese bijelog bora.

Tabela faktora za omjer smjese dobijena je na isti način kao i odgovarajuća tabela u tablicama za procjenu broja stabala sastojine. Tabela sadrži relativne veličine zapremine po jednačini neto-korelacije za stepene omjera smjese računane u odnosu na veličinu zapremine za čistu sastojinu bijelog bora (omjer smjese  $X_0 = 100\%$ ) po istoj jednačini neto-korelacije.

Pri izradi ovih tablica, kao i ranije, upotrijebili smo r'ativne veličine (faktore). To su količnici veličina zapremine po jednačinama neto-korelacije za bonitet staništa odnosno stepen sklopa i veličine zapremine sastojine izračunate po jednačini višestruke korelacije uvrštavanjem prosječnih veličina svih nezavisno-promjenljivih.

Relativne veličine zapremine su:

Za bonitetni razred staništa:	1.	2.	3.	4.	5.		
	1,10295	1,05834	0,97324	0,84765	0,68157		
Za stepen sklopa sastojine:	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	0,60573	0,78089	0,92420	1,03566	1,11528	1,16305	1,17897

Međusobnim množenjem ovih relativnih veličina dobijeni su kombinovani faktori za kombinacije stepena sklopa i bonitetnog razreda staništa. Ovi kombinovani faktori su zatim pomnoženi relativnom veličinom zapremine sastojine (faktora) za onjer smjese  $x_g = 100$  koja iznosi 1,31532. Definitivni tablični podaci dobijeni su množenjem tih proizvoda sa veličinama zapremine bijelog bora u sastojini izračunatim po jednačini neto-korelacije za srednji prečnik sastojine (za sve srednje prečnike zaokružene na cijeli santimetar unutar intervala variranja ovog taksacionog elementa).

Stepen poboljšanja procjene zapremine po tablicama u odnosu na procjenu po jednačini višestruke korelacije procijenili smo verifikacijom tablica na našem osnovnom materijalu i računanjem tabličnog indeksa višestruke korelacije.

Suma kvadrata grešaka procjene zapremine po tablicama (za sve naše ogledne površine) je za oko 17% niža od sume kvadrata grešaka procjene zapremine po jednačini višestruke korelacije. Iako suma grešaka procjene nije bila jednaka nuli ( $\sum Z_i \neq 0$ ), tj.  $\sum \hat{Y}_t \neq \sum Y_s$ , korekciju tabličnih veličina nismo vršili, jer je odnos  $\sum Y_s : \sum \hat{Y}_t$  bio sasvim blizak jedinici: 0,997.

Standardna greška procjene zapremine sastojine po tablicama je  $s_z = 63,19 \text{ m}^3/\text{ha}$ , dakle za nešto oko 9% niža od standardne greške procjene po jednačini višestruke korelacije.

Indeks višestruke korelacije izračunat na osnovu tablične standardne greške procjene po poznatoj formuli je, sasvim razumljivo, veći od indeksa višestruke korelacije za korelaciju izraženu jednačinom. Njegova veličina je  $P_t = 0,92$ , što znači da se koeficijent determinacije povećao od 0,81 na 0,84.

Izračunati pokazatelji jačine odnosno vijednosti korelacione veze između zapremine sastojine i taksacionih elemenata — tabličnih ulaza pokazuju da je postignut visoki stepen tačnosti procjene zapremine sastojine.

### 3. TEKUĆI ZAPREMINSKI PRIRAST SASTOJINE (STABALA BIJELOG BORA U SASTOJINI)

Tekući zapreminski prirast sastojine je uz prinos najvažniji element savremenog uređivanja preborne šume. Iako se tekući zapreminski prirast po strukturi bitno razlikuje od prinosa, savremeno uređivanje preborne šume, operišući normalama, ne može se zamisliti bez poznavanja tekućeg prirasta: normalni prinos mora biti jednak normalnom prirastu ako se žele poštovati principi kontinuiteta gazdovanja.

Prirast je, s druge strane, ne samo posljedica promjena u strukturi sastojine nego je i sam »uzrok svih strukturnih promena sastojine« (Miletić, 1950, str. 322), ili »proizvod koji najvećim dijelom predstavlja istovremeno i proizvodno sredstvo svoje vrste« (Matić, 1963).

Poznavanje veličine zapreminskog prirasta i uslova od kojih zavisi najvažniji je zadatak šumskog gazdinstva, a nauka o prirastu i prinosu uz uzgoj šuma je centralna tehnička disciplina šumarskog studija (Assmann, 1961). Izvršena ispitivanja taksacionih elemenata visokih šuma na području Bosne, pa u tom okviru i prirasta šuma bijelog bora, imala su, pored čisto praktičnog

i neodložnog zadatka — izrade tablica za procjenu taksacionih elemenata, i jedan važniji i teži zadatak — osvjetljavanje zakonitosti u odnosima taksacionih elemenata i stvaranje naučnih osnova za gazdovanje šumama u našoj Republici (Matić, 1959, str. 6, i 125).

Osnovni materijal za ispitivanje tekućeg prirasta sastojina bijelog bora čine podaci o veličinama tekućeg zapreminskog prirasta bijelog bora naših oglednih površina. Ti podaci prikazani su u tabeli II priloga. Tekući prirast sastojine (odnosno stabala bijelog bora u mješovitim sastojinama) određen je kao razlika zapremine sastojine u momentu mjerenja i na početku desetogodišnjeg perioda. Kako su te zapremine određene metodom zapreminskih tablica, to je i tekući prirast sastojine kao razlika njihovih veličina i sam tablična veličina. Zapremina sastojine u momentu mjerenja određena je metodom zapreminskih tablica a na osnovu radiobe frekvencija stabala po tadašnjoj debljini stabala. Zapremina sastojine na početku desetogodišnjeg perioda određena je po istim tablicama a za razdiobu frekvencija po debljini stabala u to vrijeme. S obzirom na to da je (radi određivanja veličine debljinskog prirasta i crtanja krivulja debljinskog prirasta) vršeno razvrstavanje tekućeg periodičnog debljinskog prirasta po debljinskim stepenima širine 5 cm, a unutar ovih i po stepenima širine 1 cm, raspored stabala po debljini na početku desetogodišnjeg perioda utvrđen je na prilično lak i jednostavan način. Sva stabla čiji je desetogodišnji prirast u stepenu 10 cm bio 5 mm ili veći a u stepenu 11 cm 15 mm ili veći odnosno u stepenu 12 cm — 25 mm ili veći itd. prešla su iz susjednog nižeg debljinskog stepena sredine 7,5 cm; ona čiji je prirast iznosio u istim santimetarskim stepenima 55,65 odnosno 75 mm itd. — iz drugog nižeg stepena, itd. Granične veličine 5, 15, 25, 35 itd. uzimane su naizmjenično: jedanput je uzeto da je takvo stablo prešlo iz odgovarajućeg nižeg stepena, drugi put da nije.

Zapremina stabala uraslih u sastojinu u toku desetogodišnjeg perioda (odnosno prešlih taksacionu granicu) uračunata je u tekući zapreminski prirast. U stvari, radi se o zapremini debljinskih stepena 7,5 i eventualno 2,5 cm za broj stabala na početku perioda koja je dodata zapremini sastojine na kraju perioda. Zbog izrazite binomske debljinske strukture sastojina bijelog bora broj uraslih stabala bio je znatan samo u najmladim, najtanjim sastojinama; s povećanjem srednje debljine sastojine sve je manje uraslih stabala i za većinu naših oglednih površina nije ni bilo uraštanja stabala bijelog bora u toku desetogodišnjeg perioda za koji je istraživani prirast.

Iz razumljivih razloga nije određivan mortalitet stabala te se tekući zapreminski prirast odnosi samo na stabla prisutna u sastojini u momentu mjerenja — na kraju desetogodišnjeg perioda. S obzirom na to da na oglednim površinama nisu u tom periodu vršene sječe a zdravstveno stanje sastojina bijelog bora, bar onih koje su uzete za ogledne površine, je dobro, veličine tekućeg zapreminskog prirasta ne bi bile značajnije izmijenjene da smo bili u mogućnosti da eventualni mortalitet odredimo. Tekući zapreminski prirast sastojine po debljinskim stepenima i ukupno za oglednu površinu izračunat je na način koji se primjenjuje pri kontrolnom metodi uređivanja šuma. Veličine ovog prirasta upotrijebljene su i u analizi tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje.

### 3.1. Analiza korelacione veze između tekućeg zapreminskog prirasta sastojine i nekih taksacionih elemenata

Jednačina višestruke korelacije za zapreminski prirast sastojine ima isti oblik kao i jednačina višestruke korelacije za zapreminu sastojine. Za nezavisno-promjenljive veličine uzeti su isti taksacioni elementi a za izravnaje neto-korelacija zapreminskog prirasta i pojedinih nezavisno-promjenljivih upotrijebljene su krive linije istog tipa (parabole drugog reda). To ne isključuje mogućnost da pojedine neto-korelacije u ovoj analizi imaju suprotan tok u odnosu na tok odgovarajuće neto-korelacije u korelacionoj analizi zapremine sastojine (npr. neto-korelacija zapreminskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine). Pošto su i oznake nezavisno-promjenljivih i parametara iste kao u jednačini br. 18, ovdje ćemo navesti jednačinu višestruke korelacije u njenom konačnom obliku:

$$\hat{Y}_Z = 0,604 - 0,919276 x_1 + 0,0546701 x_1^2 - 0,00050689 (x_2^2 - 200 x_2) - 0,105923 x_3 + 0,0003244 x_3^2 + 0,051011 x_4 - 0,00005986 x_4^2 \quad 19$$

Nezavisno-promjenljiva u ovoj jednačini ( $\hat{Y}_Z$ ) je tekući zapreminski prirast sastojine odnosno stabala bijelog bora u sastojini u  $m^3/ha$  godišnje. U ovom obliku jednačina 19 služi za dobijanje jednačina neto-korelacije zapreminskog prirasta sastojine i pojedinačnih taksacionih elemenata (nezavisno-promjenljivih veličina). Pored toga, pomoću nje se može vršiti i procjena veličine zapreminskog prirasta sastojine za povoljno kombinovane veličine taksacionih elemenata sastojine koji su uzeti za nezavisne-promjenljive veličine.

#### 3.1.1. Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta i boniteta staništa

Zavisnost veličine tekućeg zapreminskog prirasta sastojine od bonitetnog razreda staništa, u stvari opadanje ovog prirasta idući od boljih ka lošijim bonitetima staništa izrazitije je nego što je opadanje zapremine sastojine. Stoga je zavisnost prirasta od boniteta staništa mogla biti utvrđena i metodom jednostavne korelacije, što za zapreminu, kao što smo vidjeli u prethodnom poglavlju, nije sasvim sigurno utvrđeno. Podaci Fluryjevih istraživanja prirasta švajcarskih prebornih šuma, koje navodi Miletić, pokazuju da je zapreminski prirast na slabijim bonitetima manji, iako razlike u veličini prirasta između pojedinih boniteta nisu jednake (Miletić, 1950, str. 324—327).

Metod višestruke korelacije i u ovom problemu daje precizniji odgovor i sigurnije rezultate. Po jednačini neto-korelacije zapreminskog prirasta i boniteta staništa, kako se na prvi pogled vidi iz njenog grafičkog prikaza (grafikom br. 23 A), pokazuje se prilično jako smanjenje zapreminskog prirasta sastojine idući od 1. ka 5. bonitetnom razredu. Ta jednačina glasi:

$$\hat{y} = 5,339 - 0,919276 x_1 + 0,0546701 x_1^2 \quad 19.1$$

Stepen penjanja izravnate linije neto-korelacije smanjuje se takođe idući od 1. ka 5. bonitetnom razredu, što znači da razlike u veličinama zapremins-

skog prirasta od jednog do drugog boniteta nisu jednake nego se i one smanjuju idući od 1. ka 5. bonitetnom razredu. I podaci neizravnate neto-korelacije (grafikon br. 23 A, izlomljena crtkana linija), iako s kolebanjima u veličinama prirasta za pojedine bonitete, pokazuju (s izuzetkom prosjeka za grupu oglednih površina prosječnog bonitetnog razreda 4,5) da je prirast na lošijem bonitetu, u prosjeku, uvijek manji od prirasta na susjednom boljem bonitetnom razredu.

Izrazito opadanje zapreminskog prirasta sastojine s pogoršanjem boniteta staništa, odnosno znatnu strmost linija neto-korelacije ovog prirasta i boniteta staništa, pokazuju rezultati istraživanja tekućeg prirasta i za druge vrste drveća u Bosni (Matić, Drinić, Vukmirović). Takvi rezultati istraživanja zapreminskog prirasta sastojina jele, smrče i bukve naveli su Matića na zaključak »da između visine stabala (odnosno boniteta staništa određenog na bazi visine stabala) i veličine prirasta (i prinosa) postoji veoma jasno izražen korelacioni odnos« i da je neosnovano mišljenje Mitscherlicha o nepodesnosti visine stabala (zapravo odnosa visina — prečnik) kao indikatora za bonitiranje (Matić, 1959, str. 127). Kasnije dobiveni rezultati ispitivanja odnosa zapreminskog prirasta i boniteta staništa za sastojine hrasta kitnjaka (Vukmirović, 1962), crnog bora (Drinić, 1962) i bijelog bora (koje smo upravo naveli) dalja su potvrda ispravnosti navedenog Matićevog zaključka.

### 3.1.2. Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta i stepena sklopa sastojine

Izravnata linija neto-korelacije zapreminskog prirasta i stepena sklopa sastojine (grafikon br. 23 B), iako je nešto položajija, ima isti oblik kao i linija neto-korelacije zapremine sastojine i stepena sklopa. Povećanje zapreminskog prirasta sastojine izraženo stepenom penjanja ove krive linije sve je manje (za jedinicu povećanja stepena sklopa) ukoliko je stepen sklopa sastojine veći. O ovome će biti više govora u III dijelu ovoga rada u poglavlju »normalni stepen sklopa«.

Jednačina neto-korelacije zapreminskog prirasta i stepena sklopa sastojine glasi:

$$\hat{y} = -1,264 - 0,00050689 (x_2^2 - 200 x_2) \quad 19.2$$

Njen graf je parabola konkavna prema apscisnoj osovini.

Povećanje zapreminskog prirasta s povećanjem stepena sklopa sastojine konstatovano je i za druge vrste drveća: jelu, smrču, bukvu, hrast kitnjak i crni bor (Matić, Vukmirović, Drinić).

### 3.1.3. Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine

U jednodobnim sastojinama bijelog bora (tablice prinosa Gerhardta i Wiedemanna) tekući zapreminski prirast sastojine kulminira vrlo rano, u pro-

sjeku između 20 i 50 godina starosti. Srednji prečnici sastojina tih starosti gotovo ne prelaze 10 cm. U našem osnovnom materijalu najmanji srednji prečnik sastojine je 18 cm, što je prilično visoko iznad prosječnog srednjeg prečnika pri kome kulminira tekući zapreminski prirast jednodobne sastojine. Na osnovu toga logično je očekivanje da će kriva linija neto-korelacije zapreminskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine predstavljati samo »desni« nizlazni krak krive linije koja predstavlja korelaciju ova dva elementa. To znači da naši rezultati treba da pokažu opadanje zapreminskog prirasta sastojine s povećanjem njenog srednjeg prečnika. Iz grafikona prikaza neto-korelacije zapreminskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine (grafikon br. 23 C) to je vidljivo na prvi pogled.

Analitički izraz ove neto-korelacije je sljedeća jednačina:

$$\hat{y} = 6,298 - 0,105923 x_3 + 0,0003244 x_3^2 \quad 19.3$$

U okviru višestruke korelacije zapreminskog prirasta i drugih taksacionih elemenata kriva linija izravnate neto-korelacije prirasta i srednjeg prečnika je najbolje prilagođena neizravnatim podacima od svih krivih linija neto-korelacije. Pri tome i njena zakrivljenost nije velika, što upućuje na pretpostavku da bi se izravnanje ove neto-korelacije moglo prilično uspješno izvršiti i pravom linijom.

Smanjenje zapreminskog prirasta sastojine s povećanjem srednjeg prečnika sastojine (važi za srednje prečnike sastojina bijelog bora veće od 10—15 cm!) logična je posljedica promjene debljinske strukture sastojine odnosno sve većeg učešća onih, debljih, stabala u sastojini čiji je debljinski a onda i zapreminski prirast manji, tj. opada sa povećanjem debljine stabla. Ta pojava je inače poznata a potvrdile su je i odgovarajuće analize u ovom radu (poglavlje I, 2 i I. 4). Ovo smanjenje konstatovano je i za druge vrste drveća u Bosni (Matić, Vukmirović, Drinić).

### 3.1.4. Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta sastojine i omjera smjese bijelog bora

Jednačina neto-korelacije zapreminskog prirasta sastojine i omjera smjese bijelog bora glasi:

$$\hat{y} = - 0,063 + 0,051011 X_6^2 \quad 19.4$$

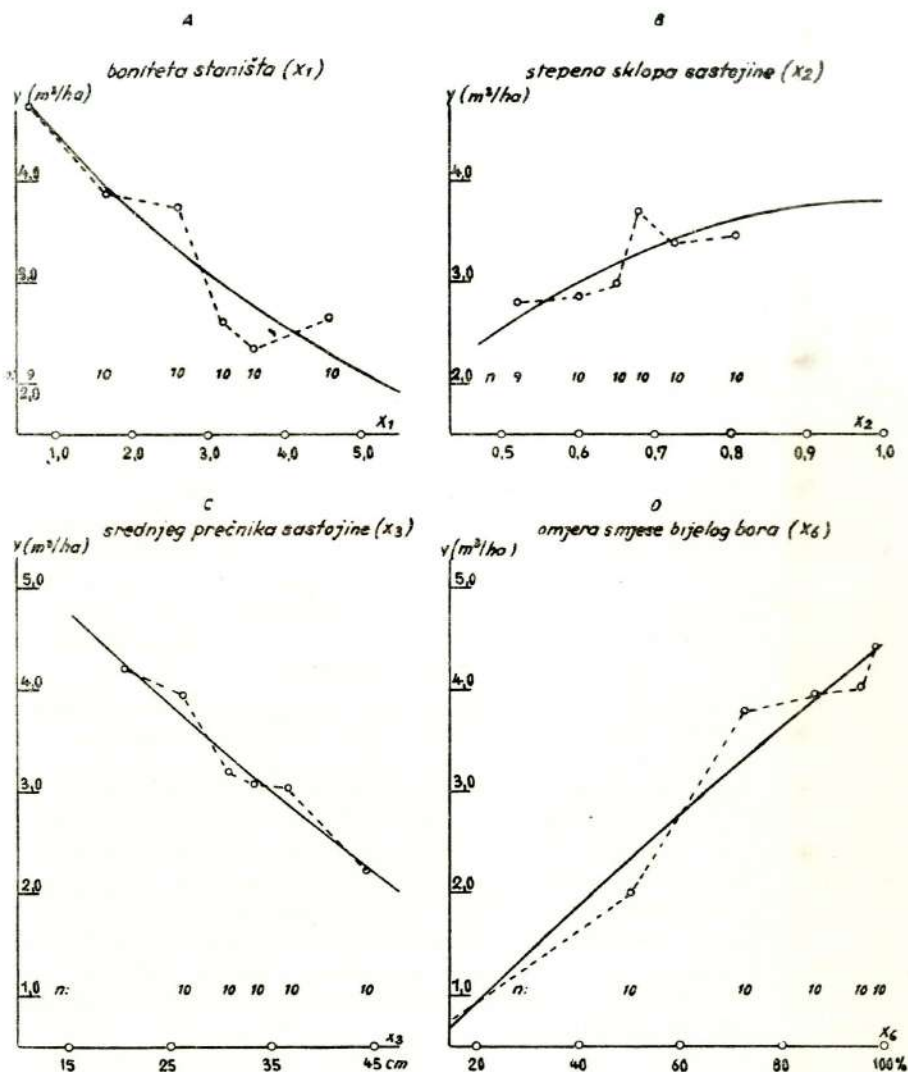
Njen graf (grafikon br. 23 D) je kriva linija konkavna prema apscisi, prilično male zakrivljenosti. Stepenn penjanja krive smanjuje se s povećanjem omjera smjese bijelog bora.

Interesantno je da linija neizravnate neto-korelacije prirasta i omjera smjese ima oblik veoma sličan obliku linije neizravnate korelacije zapremine sastojine i omjera smjese bijelog bora. To je oblik izduženog slova S i, sudeći prema njemu, izravnanje ove neto-korelacije bilo bi uspješnije pomoću neke elastičnije linije nego što je parabola drugog reda. Neizravnata neto-korelacija broja stabala sastojine i omjera smjese, kao što smo vidjeli, ima oblik koji



NETO KORELACIJA TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA BIJELOG BORA

U SASTOJINI (Y) I



Grafikon br. 23

odgovara obliku izduženog slova S, ali onakav kakav se dobije u ogledalu. Podudarnost oblika ovih linija vjerovatno nije slučajna, ali teško je reći da li je to slika ovog odnosa samo u okviru našeg osnovnog materijala ili je odraz neke opštije zakonomjernosti.

Relativno smanjenje zapreminskog prirasta bijelog bora (u odnosu na prirast čiste sastojine bijelog bora), iako se povećava sa smanjenjem omjera

smjese, manje je od odgovarajućeg relativnog smanjenja omjera smjese, do veličine omjera smjese 50—60%. Za smanjenje omjera smjese od 60% na 50%, smanji se i zapreminski prirast za isti iznos, tj. 1/10 njegove veličine pri omjeru smjese  $x_0 = 100$ . Poslije toga, idući ka manjim omjerima smjese, smanjenje prirasta je brže od odgovarajućeg smanjenja omjera smjese.

### 3.2. Jačina korelacione veze između tekućeg zapreminskog prirasta sastojine i drugih taksacionih elemenata po jednačini višestruke korelacije

Korelaciona veza između zapreminskog prirasta i taksacionih elemenata uzetih kao nezavisno-promjenljive nešto je slabija nego što je korelacija za broj stabala odnosno za zapreminu sastojine. Istina, i variranje zapreminskog prirasta je veće od variranja zapremine sastojine, ali je znatno manje od variranja broja stabala bijelog bora u našem osnovnom materijalu.

Standardna greška procjene zapreminskog prirasta po jednačini višestruke korelacije računata po već navedenoj formuli je  $s_x = 1,022 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Standardna devijacija neizravnatih veličina zapreminskog prirasta je  $s_y = 1,865 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

Indeks višestruke korelacije, računat po formuli na strani 83, je  $P = 0,84$ . Veličina koeficijenta determinacije, koji odgovara ovom indeksu, pokazuje da je jednačinom višestruke korelacije br. 19 obuhvaćeno nešto iznad 70% variranja zapreminskog prirasta sastojine. Ostatak od blizu 30% ukupnog variranja ovog prirasta, kao što je poznato, pripisuje se faktorima koji nisu obuhvaćeni analizom višestruke korelacije, odnosno nedovoljnoj podesnosti pojedinih krivih linija za izravnanje odgovarajućih neto-korelacija.

Interesantno je da je indeks višestruke korelacije za jednu varijantu jednačine višestruke korelacije u kojoj su kao nezavisno-promjenljive uzeti umjesto omjera smjese bijelog bora omjer smjese smrčje/jele i omjer smjese crnog bora, dakle jedna nezavisno-promjenljiva više, bio gotovo isti zapravo  $P = 0,835$ . Suma kvadrata grešaka procjene po toj jednačini (po toj varijanti) bila je stvarno manja nego po jednačini 19, ali, zbog povećanog broja parametara ( $m = 10$ ) u njoj, standardna greška procjene ispala je nešto veća, a indeks višestruke korelacije nešto manji nego po jednačini 19. S obzirom na to da za izradu i praktičnu upotrebu tablica smanjenje tabličnih ulaza za jedan (od 5 na 4) znači znatno pojednostavljenje, za izradu tablica za procjenu zapreminskog prirasta sastojine kao osnova upotrijebljena je jednačina 19, koju smo i analizirali u ovom poglavlju.

### 3.3. Procjena veličine tekućeg zapreminskog prirasta bijelog bora u sastojini na osnovu veličine drugih taksacionih elemenata sastojine

Tablice za procjenu veličine zapreminskog prirasta bijelog bora izradili smo na isti način i u istoj formi kao i tablice za procjenu broja stabala sastojine odnosno zapremine sastojine. I ove tablice date su u posebnoj publikaciji (Matić, i dr., 1963, tablice 14.1. i 14.2). Za čiste sastojine bijelog bora tablice su

izrađene u obliku trouzanih tablica (ulazi su: bonitet staništa, srednji prečnik i stepen sklopa sastojine — o.c. tablice 14.1). Za procjenu veličine zapreminskog prirasta stabala bijelog bora u mješovitoj sastojini potrebno je podatak iz trouzanih tablica množiti faktorom (o.c. tablice 14.2) za odgovarajući omjer smjese. Ti faktori su u stvari relativne veličine zapreminskog prirasta sastojine dobijene po jednačini neto-korelacije ovog prirasta i omjera smjese računane u odnosu na veličinu ovog prirasta za čistu sastojinu bijelog bora koja se dobije po istoj jednačini neto-korelacije.

Tablični podaci, po primijenjenom postupku koji smo ranije opisali, jesu proizvodi veličina zapreminskog prirasta po jednačini neto-korelacije za srednji prečnik sastojine i relativnih veličina ovog prirasta za ostale nezavisno-promjenljive veličine. Relativne veličine (faktori) su odnosi prirasta izračunatog po jednačini neto-korelacije za datu nezavisno-promjenljivu i prirasta izračunatog po jednačini višestruke korelacije uvrštavanjem prosječnih veličina za sve nezavisno-promjenljive. Kako ovi faktori mogu poslužiti i za bolji uvid u promjene zavisno-promjenljive, koje se mogu pripisati promjenama date nezavisno-promjenljive, smatramo da je korisno da ih ovdje navedemo.

Relativne veličine zapreminskog prirasta su:

Za bonitetni razred staništa	1.	2.	3.	4.	5.
	1,38299	1,14930	0,94961	0,78392	0,65193

Za stepen sklopa sastojine:	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	0,61205	0,78454	0,92550	1,03524	1,11344	1,16043	1,17619

Kako je trebalo izvršiti preračunavanje podataka na čiste sastojine bijelog bora, za omjer smjese izračunata je samo relativna veličina zapreminskog prirasta za veličinu  $x_6 = 100$ . Taj faktor je 1,372175.

Verifikaciju tablica za procjenu zapreminskog prirasta izveli smo na podacima našeg osnovnog materijala. Procjena zapreminskog prirasta naših oglednih površina po tablicama dala je sljedeće rezultate:

Prilikom procjene zapreminskog prirasta naših oglednih površina po tablicama dobijena je suma grešaka procjene koja nije bila jednaka nuli ( $\Sigma z_t \neq 0$ ), tj.  $\Sigma \hat{Y}_t \neq \Sigma Y_s$ . S obzirom na to da je ta razlika bila neznatna, tj. odnos  $\Sigma Y_s : \Sigma \hat{Y}_t$  sasvim blizu jedinici (= 1,009), nismo vršili korekciju tabličnih veličina, što bi inače trebalo uraditi da se suma grešaka procjene znatnije razlikovala od nule.

Suma kvadrata grešaka procjene zapreminskog prirasta po tablicama ( $\Sigma z_t^2$ ) manja je za oko 2% od odgovarajuće sume za procjenu po jednačini višestruke korelacije. Ovo ukazuje na mali stepen poboljšanja procjene po tablicama u odnosu na procjenu po jednačini. Indeks višestruke korelacije za korelaciju izraženu tablicama bio bi stoga tek nešto viši od indeksa višestruke korelacije po jednačini, pa stoga nije ni računat.

#### 4. PROCENT TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA SASTOJINE

Procent tekućeg zapreminskog prirasta sastojine, kao odnos godišnjeg prirasta i zapremine koja ga je proizvela, na prvi pogled je idealno mjerilo proizvodnosti (prirasta) neke sastojine i podesno sredstvo za kontrolu kontinuiteta gazdovanja. Međutim, koliko god je procent zapreminskog prirasta stabla stvarno podesna i jednostavna mjera intenziteta prirašćivanja, toliko je proizvodnost sastojine složenija pojava a procent prirasta prilično neadekvatno održava tu pojavu baš zbog toga što je jednostavan odnos prirasta i zapremine. Kao odnos zapreminskog prirasta i zapremine sastojine veličina procenta prirasta podložna je znatnom variranju, jer promjene ovih dviju veličina ne teku paralelno. Istraživanje zakonitosti između promjena veličine procenta prirasta sastojine i promjena u veličini drugih taksacionih elemenata sastojine unijeće, po našem mišljenju, više svjetlosti u pitanje proizvodnosti sastojine, tj. dopriniće većoj upotrebljivosti procenta prirasta.\*

Osnovni materijal za ova istraživanja čine veličine procenta prirasta čistih sastojina bijelog bora odnosno borovog dijela mješovitih sastojina naših oglednih površina. Te veličine prikazane su u tabeli II. priloga. Procent prirasta zapremine sastojine računali smo po Preslerovoj formuli. Pri izvođenju ove formule veličina tekućeg prirasta stavlja se u odnos prema veličini zapremine u sredini perioda.\*) Kako joj osnovu čini pretpostavka prostog prirašćivanja, formula daje približne, i to nešto niže, rezultate, ali je zbog jednostavnog računanja procenta prirasta u najširoj upotrebi u praksi (Mirković, 1954).

Procent tekućeg zapreminskog prirasta sastojine je jedini taksacioni element sastojine, od onih koje obrađujemo u ovom radu, koji nije agregat — zbir odgovarajućeg obilježja pojedinih stabala. Zbog toga njegova veličina i nije direktno i značajno zavisna od omjera smjese bijelog bora. Stoga ćemo se ovdje zadržati na nekim karakteristikama statističkog skupa koji čine veličine procenta tekućeg zapreminskog prirasta naših oglednih površina.

Raspored frekvencija procenta prirasta za naše ogledne površine ima asimetričan, kosi oblik pri čemu su brojnije sastojine koje imaju manji procent prirasta. Blizu 80% oglednih površina ima procent prirasta u intervalu od 0,33 do 1,50%; preostalu petinu čine pojedinačni slučajevi rasuti i do maksimalne veličine od 4,38%.

Srdnja vrijednost skupa, tj. prosječna veličina procenta prirasta za sve ogledne površine je  $\bar{Y} = 1,31\%$ . Varijaciona širina rasporeda je 4,05% odnosno najmanji procent je  $Y_{\min} = 0,33\%$  a najveći je preko 13 puta veći, tj.  $Y_{\max} = 4,38\%$ . Standardna devijacija je  $s_y = 0,87\%$ , što znači da je varijacioni koeficijent  $V = 66\%$ . S obzirom na to da otpada znatno variranje veličine procenta prirasta zbog promjene omjera smjese, koja je u ostalim taksacionim elementima sastojine (broj stabala, zapremina i prirast zapremine) bila najznačajniji činilac variranja, visoki varijacioni koeficijent pokazuje da je pro-

\* Pri tome ne mislimo na zapreminu i prirast sastojine nego na one taksacione elemente od kojih zavise i zapremina i prirast sastojine.

\*) U veličinu tekućeg prirasta, kako je već rečeno u poglavlju II. 3 uračunata je masa uraslih stabala.

cent prirasta u stvari najvarijabilniji taksacioni element sastojine, po našim podacima, varijabilniji i od broja stabala sastojine.

#### 4.1. Analiza korelacione veze između procenta tekućeg zapreminskog prirasta i drugih taksacionih elemenata sastojine

Analizu višestruke korelacije procenta zapreminskog prirasta i drugih taksacionih elemenata sastojine izvršili smo u dvije varijante. Po jednoj su u jednačini višestruke korelacije za nezavisno-promjenljive uzeti (pored boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine) i omjeri smjese crnog bora (kao nezavisno-promjenljiva  $x_4$ ) i smrče i jele zajedno (kao nezavisno-promjenljiva  $x_5$ ). Po drugoj varijanti jednačina višestruke korelacije ima iste nezavisno-promjenljive kao i jednačine višestruke korelacije za ostale taksacione elemente sastojine koje smo obradili u prethodnim poglavljima.

Jednačina višestruke korelacije prve varijante ima sljedeći konačni oblik:

$$\begin{aligned} \hat{Y} = & 6,793 + 0,002777 x_1 + 0,018889 x_1^2 + 0,00075067 (x_2^2 - 200 x_2) - \\ & - 0,244894 x_3 + 0,0024538 x_3^2 + 0,001287 x_4 - 0,0000756 x_4^2 + \\ & + 0,023156 x_5 - 0,00010369 x_5^2 \end{aligned} \quad 20$$

Činjenica je da bijeli bor čini mješovite sastojine sa crnim borom po pravilu na izrazito drugačijim staništima od onih na kojima se nalazi u mješovitim sastojinama sa smrčom odnosno jelom. Uvođenjem omjera smjese crnog bora odnosno smrče/jele kao nezavisno-promjenljivih pretpostavljali smo da ćemo bolje obuhvatiti variranje procenta zapreminskog prirasta i eventualno dokazati pretpostavku, zasnovanu na terenskim zapažanjima, da prisustvo smrče/jele u sastojini bijelog bora dovodi do poboljšanja staništa, što se svakako mora odraziti na veličinu taksacionih elemenata sastojine, u prvom redu zapreminskog prirasta, a preko njega i na veličinu procenta zapreminskog prirasta sastojine. U analizi neto-korelacija za nezavisno-promjenljive u ovoj varijanti o ovome će biti detaljnije govora.

Analitički izraz višestruke korelacije procenta zapreminskog prirasta sastojine i taksacionih elemenata sastojine za pomenutu drugu varijantu dat je jednačinom sljedećeg oblika:

$$\begin{aligned} \hat{Y} = & 8,851 - 0,01394168 x_1^2 + 0,00018414 (x_2^2 - 200 x_2) - 0,270678 x_3 + \\ & + 0,00289458 x_3^2 - 0,008432 x_4 + 0,00005564 x_4^2 \end{aligned} \quad 21$$

Oznake u jednačinama predstavljaju:

$\hat{Y}$  — procent tekućeg zapreminskog prirasta sastojine,

$x_1$  — bonitetni razred staništa,

$x_2$  — stepen sklopa sastojine,

$x_3$  — srednji prečnik sastojine (srednji prečnik stabala bijelog i crnog bora u sastojini),

$x_4$  — omjer smjese crnog bora (udio zapremine crnog bora u ukupnoj zapremini sastojine) u %,

$x_5$  — omjer smjese smrče i jele zajedno (udio zapremine smrče i jele u ukupnoj zapremini sastojine) u %,

$x_6$  — omjer smjese bijelog bora (udio zapremine bijelog bora u ukupnoj zapremini sastojine) u %.

Analizu neto-korelacija izvršićemo uporedo za obje varijante. Grafički prikazi neto-korelacija po jednačini prve varijante dati su na grafikonu br. 24, a za drugu varijantu na grafikonu br. 25.

#### 4.1.1. Neto-korelacija procenta tekućeg zapreminskog prirasta sastojine i boniteta staništa

Jednačine neto-korelacije procenta zapreminskog prirasta sastojine i boniteta staništa imaju sljedeći oblik:

Za prvu varijantu

$$\hat{y} = 1,064 + 0,002777 x_1 + 0,018889 x_1^2 \quad 20.1$$

Za drugu varijantu:

$$\hat{y} = 1,196 - 0,01394168 x_1^2 \quad 21.1$$

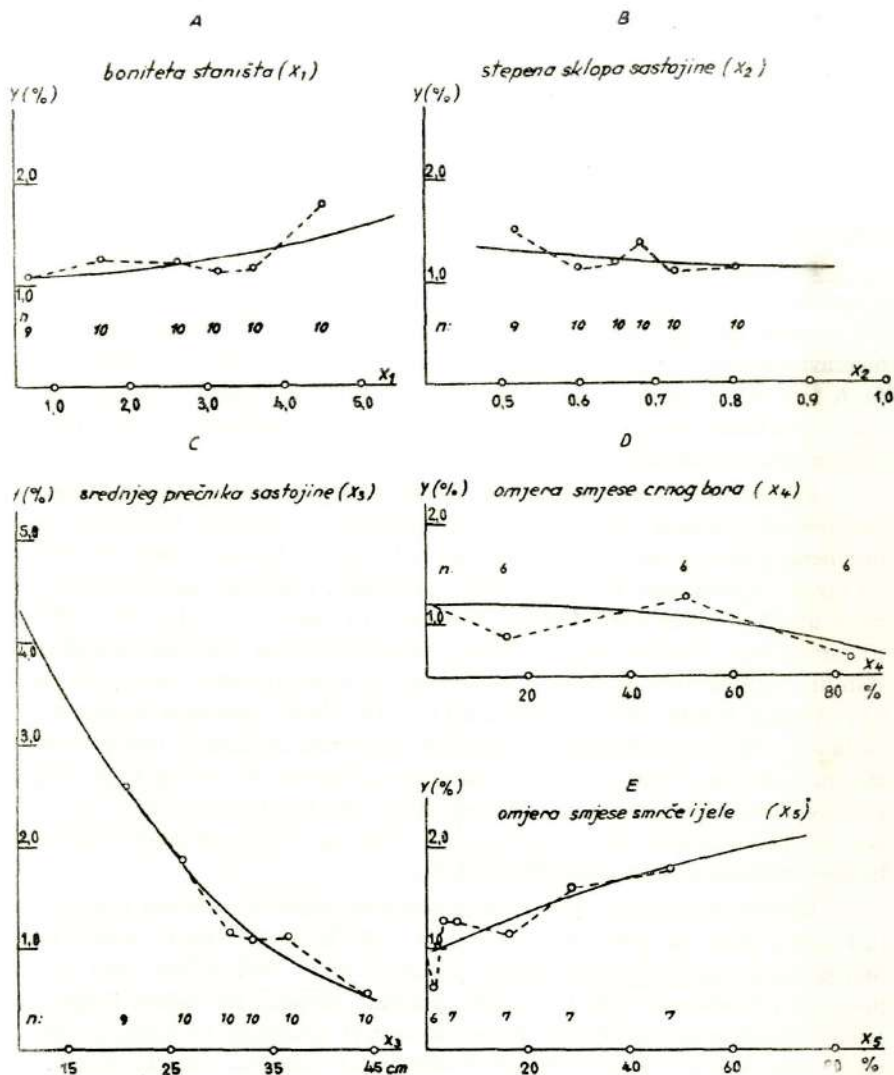
Izravnanje neto-korelacije procenta zapreminskog prirasta sastojine i boniteta staništa, iako po obliku krive linije slične (parabole drugog reda) nemaju isto značenje u obje varijante višestruke korelacione analize. U prvoj varijanti kriva linija izravnanja neto-korelacije je konveksna prema apscisnoj osovini a procent prirasta po njoj povećava se idući od boljih ka slabijim bonitetima (grafikon br. 24 A). U drugoj varijanti linija izravnanje neto-korelacije je konkavna prema apscisnoj osovini a procent prirasta po njoj određen smanjuje se idući od boljih ka slabijim bonitetima staništa (grafikon br. 25 A). Dakle, u prvom slučaju procent zapreminskog prirasta je najmanji za 1. a u drugom slučaju za 5. bonitetni razred staništa. Istina, promjene procenta prirasta u zavisnosti od boniteta staništa ni u jednom ni u drugom slučaju nisu velike (od 1,09% do 1,55% po prvoj varijanti, odnosno od 1,18% do 0,85% po drugoj varijanti), naročito upoređene s promjenama procenta prirasta u neto-korelaciji sa srednjim prečnikom sastojine.

Kako objasniti suprotan »uticaj« boniteta staništa na promjene veličine procenta zapreminskog prirasta sastojine?

U poglavlju 4.1. iznijeli smo mišljenje da je procent zapreminskog prirasta, budući odnos dvaju varijabilnih veličina (prirasta i zapremine) čije promjene ne teku paralelno, po prirodni stvari veoma varijabilna veličina. Od razlike u intenzitetu promjena zapreminskog prirasta i zapremine sastojine koje se mogu pripisati jednom istom taksacionom elementu zavisi i intenzitet i smjer (opadanje ili uspon) promjena u veličini procenta zapreminskog prirasta u zavisnosti od tog istog taksacionog elementa — nezavisno-promjenljive veličine u jednačini korelacije. Zapreminski prirast smanjuje se jače nego što se smanjuje zapremina sastojine idući od 1. ka 5. bonitetnom razredu staništa. Zato, po našem mišljenju, u drugoj varijanti procent zapreminskog prirasta opada sa slabljenjem boniteta staništa, iako ne baš mnogo

NETO KORELACIJA PROCENTA TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA

BIJELOG BORA U SASTOJINI (y)



Grafikon br. 24

(strmost linije izravnjanja je prilično mala — grafikon br. 25 A). Po prvoj varijanti u jednačini višestruke korelacije pored tri iste nezavisno-promjenljive veličine (boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine) uzete

su u obzir i dvije nove veličine — omjer smjese crnog bora ( $x_4$ ) i omjer smjese smrče — jele ( $x_5$ ). Promjene u veličini procenta prirasta sastojine (bijelog bora) koje su u korelaciji sa ovim nezavisno-promjenljivim, po svemu sudeći i po već izraženoj pretpostavci u poglavlju 4.1, mogle su se u drugoj varijanti izražavati jedino preko neto-korelacije za bonitet staništa. Prisustvo smrče odnosno jele ili obiju zajedno u sastojinama bijelog bora doprinosi, bar do izvjesnog momenta, poboljšanju uslova staništa za rast već postojećih stabala bijelog bora, dok prisustvo crnog bora u sastojini bijelog bora znači prisustvo konkurenta u datoj situaciji vitalnijeg od bijelog bora.\* Mješovitost ovih vrsta drveća izgleda da utiče na one komponente boniteta staništa kao cjelokupnog pojma koji se ne mogu izraziti preko visine stabla ili bolje rečeno odnosom visina/prečnik stabla. Zato je i došlo, po našem mišljenju, do promjene u značenju neto-korelacije po drugoj varijanti u odnosu na prvu varijantu.

Pa ipak, smatramo da je »uticaj« boniteta staništa na veličinu (odnosno promjene veličine) procenta zapreminskog prirasta jači, »uticaj« neobuhvaćenih faktora ne bi mogli znatnije mijenjati tok linije neto-korelacije. Linije neizravnate neto-korelacije (crtkana izlomljena prava linija na grafikonu br. 24 A i 25 A) sa znatnim odstupanjima od linije izravnanja pokazuju da još ima »uticajnih« neobuhvaćenih faktora, što će se, uostalom, vidjeti i iz veličine indeksa višestruke korelacije.

Povećanje procenta zapreminskog prirasta sastojine idući od boljeg ka slabijem bonitetnom razredu staništa pokazuju i rezultati ispitivanja ovog problema u prebormim šumama jele, smrče i bukve u Bosni, primjenom metoda višestruke korelacione analize. Takvo povećanje procenta zapreminskog prirasta utvrđeno je za sve tri vrste: jelu, smrču i bukvu (Matić, 1959). Naprotiv, smanjenje procenta zapreminskog prirasta sastojine idući od najboljeg ka slabijim bonitetnim razredima, konstatovano je u sastojinama crnog bora (Drinić, 1962) i hrasta kitnjaka (Vukmirović, 1963). Opadanje procenta prirasta sastojine hrasta kitnjaka sa slabijim bonitetom staništa je prilično neznačajno, naročito na potezu od 1. do 3. bonitetnog razreda, što se još bolje vidi po rasporedu tačaka neizravnate neto-korelacije (Vukmirović, o. c., str. 138). Sasvim je vjerovatno da bi uzimanje u obzir novih nezavisno-promjenljivih dovelo do promjene toka ove krive linije.

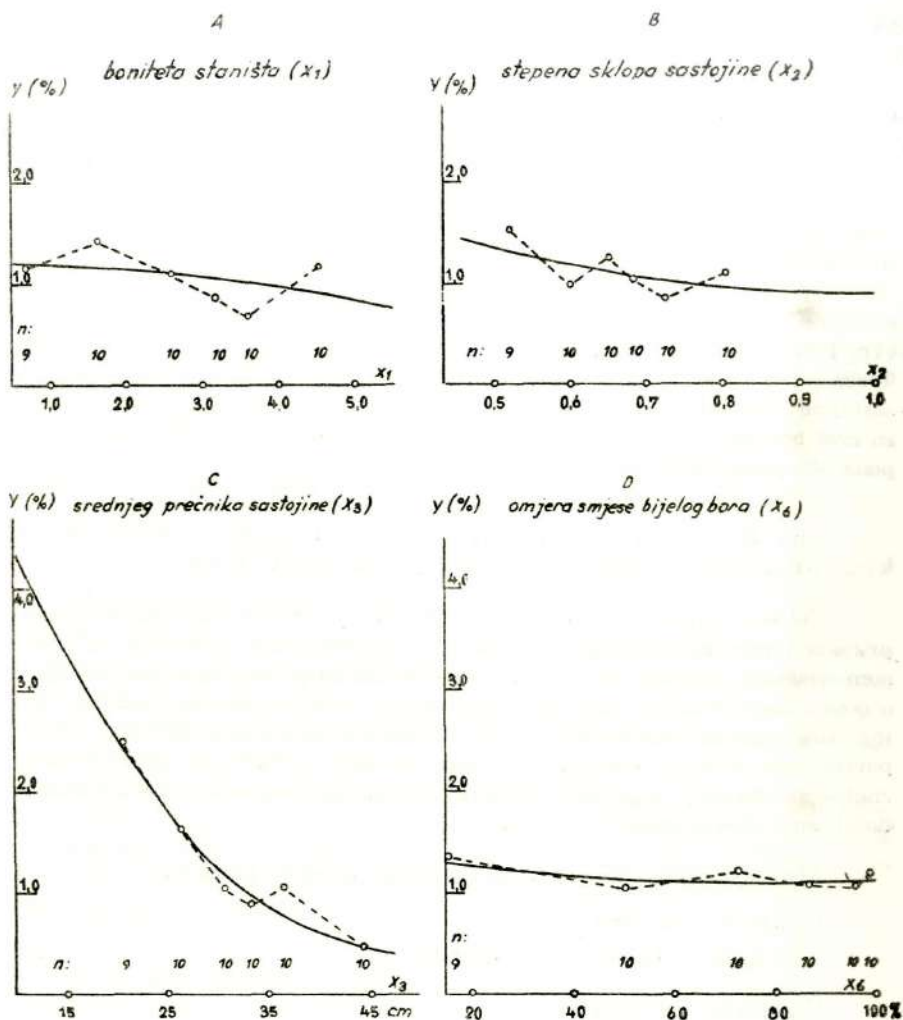
Interesatno je da su istraživanja procenta prirasta sastojina bijelog bora u Finskoj, koja su vršili K. Kuusela i P. Kälkki (1963), primenjujući metod višestruke korelacije, takođe pokazala slabu korelacionu vezu između procenta prirasta sastojine i boniteta staništa, naročito pri nekim kombinacijama nezavisno-promjenljivih. Pomenuti autori smatraju to velikom praktičnom pogodnošću budući da je tačno određivanje boniteta staništa mnogo teže nego određivanje drugih taksacionih elemenata sastojine (K. Kuusela — P. Kälkki, 1963, str. 32).

\* Što je za bijeli bor već prilično loše stanište, za crni bor je to relativno dobro; odatle potiče ta naša konstatacija.



NETO KORELACIJA PROCENTA TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA

BIJELOG BORA U SASTOJINI (Y) I



Grafikon br. 25

4.1.2. Neto-korelacija procenta tekućeg zapreminskog prirasta i stepena sklopa sastojine

Jednačine neto-korelacije procenta zapreminskog prirasta i stepena sklopa sastojine glase:

9\*

U prvoj varijanti:

$$\hat{y} = 1,879 + 0,000075067 (x_2^2 - 200 x_2) \quad 20.2$$

U drugoj varijanti:

$$\hat{y} = 2,726 + 0,000184141 (x_2^2 - 200 x_2) \quad 21.2$$

Grafovi jednačina prikazani su na grafikonu br. 24 B, za prvu, odnosno na grafikonu br. 25 B za drugu varijantu. Odstupanja od linije izravnjanja su za obje varijante prilična i po veličini približno jednaka odstupanjima oko linije neto-korelacije za bonitet staništa. Međutim, po rasporedu odstupanja oko linija izravnjanja ne može se zaključiti da bi neka druga kriva linija bila po-desnija za izravnjanje ove neto-korelacije.

Prema objema varijantama s povećanjem stepena sklopa sastojine opada veličina procenta zapreminskog prirasta iako jače po jednačini neto-korelacije u drugoj varijanti.

Opadanje veličine procenta zapreminskog prirasta s povećanjem sklopa sastojine konstatovano je i za druge vrste drveća: za jelu, smrču i bukvu (Matić, 1959), hrast kitnjak (Vukmirović, 1963) i crni bor (Drinić, 1962). Treba istaći da su za jelu, smrču i bukvu promjene veličine procenta prirasta sastojine s promjenama stepena sklopa veće, nego što su za bijeli a naročito za crni bor, za koji je opadanje veličine procenta prirasta sa povećanjem stepena sklopa sastojine neznatno.

#### 4.1.3. Neto-korelacija procenta tekućeg zapreminskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine

Veličina procenta zapreminskog prirasta sastojine, kao odnos tekućeg prirasta i zapremine sastojine, mora biti u veoma jakoj korelaciji sa veličinom srednjeg prečnika sastojine. Naime, budući da prirast sastojine jako opada s povećanjem srednjeg prečnika sastojine (za srednje prečnike sastojine bijelog bora veće od oko 10—12 cm) a istovremeno zapremina sastojine raste s povećanjem njenog srednjeg prečnika, procent prirasta (u neto-korelaciji) znatno se smanjuje s povećanjem srednjeg prečnika sastojine. Takav rezultat dobili smo u obje varijante analize.

Analitički izraz takve neto-korelacije su sljedeće jednačine:

U prvoj varijanti:

$$\hat{y} = 6,542 - 0,244894 x_3 + 0,0024538 x_3^2 \quad 20.3$$

U drugoj varijanti:

$$\hat{y} = 6,795 - 0,270678 x_3 + 0,0028946 x_3^2 \quad 21.3$$

Grafovi ovih jednačina prikazani su na grafikonu br. 24 C za prvu, odnosno na grafikonu br. 25 C za drugu varijantu. Krive linije dobro izravnjavaju neizravnate podatke, iako parabola drugog reda zbog svoje simetričnosti (za srednje prečnike iznad 50 cm linija izravnjanja pokazuje uspon a ne pad!) ne odgovara prirodi stvari. Izračunavanje procenta prirasta za srednje prečnike sastojine veće od oko 50—55 cm po jednačini neto-korelacije dalo bi grube

greške prilikom procjene. Prirodi korelacionog odnosa procenta zapreminskog prirasta i srednjeg prečnika sastojine bolje bi odgovarala neka hiperbola.

Opadanje procenta prirasta s povećanjem srednjeg prečnika sastojine konstatovano je i za druge vrste drveća: jelu, smrču, bukvu, crni bor i hrast kitnjak. Štaviše, krive linije neto-korelacije imaju isti oblik i isti položaj u odnosu na apscisnu osovину — sve su konveksne i sve imaju manje stepene penjanja s povećanjem srednjeg prečnika sastojine (Matić, 1959); Vukmirović, 1963; Drinić, 1962).

#### 4.1.4. Neto-korelacija procenta tekućeg zapreminskog prirasta sastojine i omjera smjese crnog bora

U znatnom broju sastojina bijelog bora mješavinu čini ili crni bor sam ili crni bor i još neke druge vrste drveća. Razumljivo je da je prisustvo crnog bora vezano za određena staništa odnosno područja rasprostranjenja i jedne i druge vrste drveća. Uvođenjem omjera smjese crnog bora u jednačinu višestruke korelacije pokušali smo potvrditi pretpostavku po kojoj se taksacioni elementi sastojine bijelog bora (u ovom slučaju procent prirasta) mijenjaju s promjenom veličine udjela crnog bora u sastojini.

Neto-korelaciju procenta prirasta zapremine sastojine (bijelog bora) i omjera smjese crnog bora možemo analizirati samo prema jednačini višestruke korelacije prve varijante. Jednačina ove neto-korelacije glasi:

$$\hat{y} = 1,210 + 0,001287 x_4 - 0,00007562 x_4^2 \quad 20.4$$

Njen graf prikazan je na grafikonu br. 24 D.

S povećanjem omjera smjese crnog bora smanjuje se, iako prilično malo, veličina procenta zapreminskog prirasta sastojine (bijelog bora). Pošto u nešto preko dvije trećine oglednih površina nema crnog bora ( $x_4 = 0$ ), raspored nezavršanih podataka neto-korelacije oko linije izravnjanja s obzirom na mali broj podataka i nije toliko nepovoljan.

Objašnjenje ovakvog toka neto-korelacije vjerovatno se sastoji u tome da na istom staništu, s obzirom na veće »zahtjeve« bijelog bora, crni bor je konkurentnija vrsta, što se odražava u onoj komponenti taksacionih elemenata bijelog bora koja se ne može iskazati promjenama njihovih veličina zavisno od promjena boniteta staništa.

#### 4.1.5. Neto-korelacija procenta tekućeg zapreminskog prirasta sastojine i omjera smjese smrče/jele

U uvodnom, opštem dijelu rada naveli smo da su smrča i jela zajedno ili smrča sama a rijetko sama jela najčešće vrste smjese u sastojinama bijelog bora u Bosni. U poglavlju 4.1. i 4.1.1. već smo naveli razloge zbog kojih smo omjer smjese smrče i jele računatih zajedno uzeli u obzir kao nezavisno-promjenljivu veličinu u jednačini višestruke korelacije. Ti razlozi su analogni onim navedenim u poglavlju 4.1.4. Razlika je u tome što, po našem mišljenju, prisustvo smrče/jele u sastojinama bijelog bora znači, kao što smo već rekli

ranije, bar do izvjesne faze razvoja, za postojeća stabla bijelog bora poboljšanje uslova staništa, usljed čega dolazi do povećanja nekih taksacionih elemenata stabala odnosno sastojine bijelog bora.

Jednačina neto-korelacije procenta zapreminskog prirasta i omjera smjese smrče i jele ima sljedeći oblik:

$$\hat{y} = 0,947 + 0,023156 x_3 - 0,00010369 x_3^2 \quad 20.5$$

Graf ove jednačine (grafikon br. 24 E), kriva linija konkavna prema apscisnoj osovini, pokazuje očigledno povećanje procenta zapreminskog prirasta sastojine (bijelog bora) s povećanjem omjera smjese smrče i jele.

Objašnjenje ove pojave treba, po našem mišljenju, tražiti u načinu postanka sastojina bijelog bora (najčešće na opožarenim, pašom ili na drugi način ogoljenim površinama) i poboljšavanjem uslova staništa kasnijim sve većim i većim prisustvom smrče odnosno jele.

Konstatovani korelacioni odnos svakako bi trebalo objasniti dubljim i svestranijim proučavanjem uslova staništa u ovim sastojinama, naročito promjena u zemljištu koje nastaju pod sastojinama bijelog bora u toku vremena prirodnim razvojem ovih sastojina najprije ka »prelaznoj šumi bijelog bora smrče (jasike) smrče, jele (bijelog bora)«

— a zatim ka »sklopljenoj šumi jele, bukve (smrče) smrče, jele (citirano iz Leibundgut: »Neki problemi gajenja šuma u Jugoslaviji« — prevod; izdanje »Narodni šumar«, Sarajevo, 1961).

Povoljni uticaj primiješanih vrsta sjenke ili polusjenke na povećanje produktivnosti borovih sastojina konstatovao je i E. Badoux. O tome problemu on kaže, između ostalog, i sljedeće: »Dodatna vrsta drveća je čak i neophodno potrebno čim sastojina nije više sklopljena već i zato da bi iskoristila svjetlost koja dopire kroz progale, ali prije svega da bi se bonitet tla održao i povećao« (E. Badoux, 1946, str. 512). Istražujući rast i prirast nekih mješovitih sastojina bijelog bora i smrče u Bugarskoj, K. Šikov je takođe došao do interesantnih rezultata o povoljnom uticaju primiješane smrče na rast i produktivnost bijelog bora. On je čak utvrdio da je punodrvnost stabala bijelog bora u takvim mješovitim sastojinama za 4% veća od punodrvnosti borovih stabala u čistim sastojinama (K. Šikov, 1963).

#### 4.1.6. Neto-korelacija procenta tekućeg zapreminskog prirasta sastojine i omjera smjese bijelog bora

Omjer smjese bijelog bora uzet je kao nezavisno-promjenljiva veličina samo u jednačini višestruke korelacije druge varijante. Jednačina neto-korelacije procenta zapreminskog prirasta i omjera smjese bijelog bora ima sljedeći oblik:

$$\hat{y} = 1,409 - 0,08432 x_6^2 + 0,00005564 x_6^3 \quad 21.4$$

Graf ove jednačine prikazan je na grafikonu br. 25 D. To je kriva linija konveksna prema apscisnoj osovini male zakrivljenosti i neznatnih stepena

penjanja, te je gotovo paralelna sa apscisom, naročito na potezu koji odgovara omjeru smjese bijelog bora od 50—100%. Iako ova kriva ima i blago izražen minimum za  $x_6 = 75-80\%$ , uzevši u cjelini procent zapreminskog prirasta opada s povećanjem omjera smjese bijelog bora (porast na potezu za  $x_6 = 80-100\%$  je neznatan). I ova neto-korelacija ukazuje na poboljšanje taksacionih elemenata (u ovom slučaju procenta prirasta) sastojine (bijelog bora) u mješovitosti u odnosu na čistu sastojinu. Kako smo pri analizi neto-korelacije za omjer smjese smrče i jele odnosno za omjer smjese crnog bora vidjeli da nije jednako da li smanjenje omjera smjese bijelog bora dolazi zbog povećanja smrče i jele ili zbog crnog bora, razumljivo je što neto-korelacija procenta prirasta i omjera smjese bijelog bora nije tako izražena. Neobuhvaćeni faktori suprotnog dejstva ali direktno povezani sa ovom nezavisno-promjenljivom (najčešće su  $x_4 + x_5 + x_6 = 100\%$ ) umanjuju intenzitet promjena zavisno-promjenljive veličine.

#### 4.2. Jačina korelacione veze između procenta tekućeg zapreminskog prirasta sastojine i drugih taksacionih elemenata po jednačini višestruke korelacije

Pošto su analize neto-korelacije pokazale izraženiju korelaciju procenta prirasta u slučaju kad se kao nezavisno-promjenljive veličine uzmu odvojeno omjer smjese smrče i jele odnosno crnog bora nego kad se uzme u obzir samo omjer smjese bijelog bora, opravdano je očekivanje da je korelaciona veza po jedinačini višestruke korelacije prve varijante jača a procjena veličine procenta zapreminskog prirasta po toj jednačini bolja nego po jednačini druge varijante.

Veličine statističkih pokazatelja jačine korelacione veze su:

	Za prvu varijantu	za drugu varijantu
Standardna greška procjene	$s_z = 0,61\%$	$s_z = 0,66\%$
Indeks višestruke korelacije	$P = 0,719$	$P = 0,655$
Broj parametara u jednačini	$m = 10$	$m = 7$

Standardna devijacija izvornih (neizravnatih) podataka je jednaka za obje varijante:  $s_y = 0,87\%$ .

Kako se iz navedenih podataka vidi, i pored povećanja broja parametara ( $m$ ) u jednačini prve varijante za 3, što ima uticaja kako na veličinu  $s_z$  tako i na veličinu  $P$  zbog smanjenja veličine korekcionog faktora ( $n-m$ ), višestruka korelacija jača je po jednačini prve varijante. U poglavlju 3.2. ovog dijela rada, naveli smo da jednačinom višestruke korelacije prve varijante nije postignuta bolja procjena niti jača korelacija veličine zapreminskog prirasta sastojine.

#### 4.3. Procjena veličine procenta tekućeg zapreminskog prirasta na osnovu veličina drugih taksacionih elemenata sastojine

Tablice za procjenu veličine procenta zapreminskog prirasta sastojine izradili smo na osnovu rezultata višestruke korelacione analize po drugoj varijanti, iako ona, kao što smo vidjeli, pokazuje nešto slabiju korelacionu vezu, odnosno po njoj se postiže nešto slabija procjena. Razlozi su isti oni koje smo naveli u poglavlju 3.2. ovog dijela rada: smanjenje tabličnih ulaza od 5 na 4 znači znatno pojednostavljenje izrade i upotrebe tablica za procjenu.

Postupak pri izradi tablica i forma tablica ostali su isti kao i za tablice za procjenu drugih taksacionih elemenata sastojine. Upotreba tablica je takođe ista.

I ove tablice date su u posebnoj publikaciji (Matić i dr., 1963, tablice 15.1. i 15.2).

Ovdje ćemo navesti samo relativne veličine (faktore) za pojedine nezavisno-promjenljive pored ostalog i radi boljeg uvida u intenzitet promjena zavisno-promjenljive u zavisnosti od promjena pojedinih nezavisno-promjenljivih. Podaci se odnose na drugu varijantu.

Relativne veličine procenta zapreminskog prirasta su:

Za bonitetni razred staništa:	1.	2.	3.	4.	5.		
	1,082577	1,044253	0,980384	0,890972	0,776016		
Za stepen sklopa sastojine	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	1,417734	1,232148	1,080314	0,962216	0,877361	0,827250	0,810373

Za omjer smjese bijelog bora izračunata je, na isti način, samo relativna veličina procenta za veličinu  $x_6 = 100$ ; ona iznosi 1,028485. Ta veličina upotrijebljena je za izradu tablica za procjenu veličine procenta prirasta za čiste sastojine bijelog bora. Uvid u promjene procenta prirasta sastojine (bijelog bora) u zavisnosti od omjera smjese bijelog bora dobije se na osnovu podataka u tabeli 15.2. citiranih tablica. Tabela sadrži relativne veličine procenta prirasta po jednačini neto-korelacije za omjer smjese računane u odnosu na veličinu procenta za  $x_6 = 100$  po istoj jednačini. Množenjem podataka iz tabele 15.1 (o. c.) s podatkom za odgovarajući omjer smjese bijelog bora dobije se veličina procenta prirasta bijelog bora u mješovitoj sastojini bijelog bora i drugih vrsta drveća.

### III. NORMALNO STANJE ŠUMA BIJELOG BORA U BOSNI

Trajno gazdovanje šumama, kao potreba nastala iz suprotnosti između sve većih potreba društva u drvetu i rastućeg smanjivanja površina pod šumom (zbog proširenja ziračnog zemljišta, naselja i komunikacija), dovelo je već početkom prošlog stoljeća do stvaranja izvjesnih šema o tzv. normalnom stanju šume, koje bi bilo u mogućnosti da obezbijedi najstrože godišnje trajno korišćenje. U to vrijeme je u zemljama centralne i zapadne Evrope u šumarstvu upravo vršen prelaz od neuredne preborne sječe na sastojinski oblik gazdovanja. Stoga je šematska slika o normalnom stanju šume najprije izgrađena za visoku pravilnu i jednodobnu šumu jedne vrste drveća.

Postepeno, sa sticanjem ugleda prebornog oblika gazdovanja, uslovi normalnosti visoke pravilne šume prenošeni su i na visoku prebornu šumu. Kako to prenošenje nije uspjelo, uporedo sa razvojem naučnih istraživanja preborne šume razvijale su se sve više posebne teorije normalnog stanja preborne šume.

Prvobitni princip najstrožeg godišnjeg trajnog korištenja evoluirao je tokom razvoja nauke o uređivanju šuma u savremeni princip kontinuiteta gazdovanja. Taj princip se, kao što je poznato, sastoji u sljedećem: Gazdinstvo gazduje svojom šumom u duhu kontinuiteta gazdovanja onda ako istovremeno vodi računa o kontinuitetu produkcije i kontinuitetu prihoda. Utvrđivanje mjera koje su u skladu sa principom kontinuiteta gazdovanja za konkretne šume može se znatno pojednostavniti ako se unaprijed utvrdi takav sastav šume pri kome su ispunjeni uslovi kontinuiteta gazdovanja u cjelosti, tj. ako se utvrdi tzv. normalno stanje za šume date vrste drveća u određenom dijelu njenog areala.

Shvatanje i konstrukcija normalnog stanja bitno se i u principu razlikuju prema obliku gazdovanja, pa ćemo stoga najprije izvršiti izbor oblika gazdovanja šumama bijelog bora u Bosni, a zatim izložiti naše shvatanje, polazne uslove i metod konstrukcije normalnog stanja za te šume.

#### 1. IZBOR OBLIKA GAZDOVANJA

Dva su osnovna oblika gazdovanja visokim šumama — sastojinski i preborni. Iako s obzirom na podesnost šumskih vrsta drveća za jedan ili drugi oblik gazdovanja postoje znatne razlike (jela kao najpodesnija vrsta drveća za preborni oblik na jednoj strani i vrste svjetlosti za sastojinski oblik na drugoj strani), ipak prema sadašnjem stanju šumarske nauke oba glavna oblika gazdovanja, uz odgovarajuće modifikacije, mogu se primijeniti na sve vrste drveća. Pitanje izbora oblika gazdovanja svodi se stoga na razmatranje niza uslova od kojih u konkretnom slučaju zavisi izbor ovog ili onog oblika gazdovanja, pri čemu odluka o izboru mora biti u skladu sa osnovnim principom savremenog uređivanja šuma — principom kontinuiteta gazdovanja.

Pri izboru oblika gazdovanja šumama bijelog bora u Bosni smatramo da su odlučujući sljedeći uslovi: 1. šumsko-istorijski uslov, tj. dosadašnje gazdovanje šumama bijelog bora u Bosni i njihovo sadašnje stanje (struktura, izostanak obnavljanja i dr.) i 2. šumskouzgojni (odnos bijelog bora prema svjetlosti kao glavni).

U ranijim izlaganjima (poglavlje A, 2) konstatovano je da ogromnu većinu sastojina bijelog bora u Bosni čine prirodno nastale sastojine bijelog bora — čiste ili u smjesi sa smrčom (jelom), crnim borom i hrastom kitnjakom (ili cerom). Čiste sastojine bijelog bora nalaze se u svim glavnim područjima naših istraživanja a postojanje mješovitih sastojina bijelog bora i drugih vrsta drveća donekle je u zavisnosti od biljnogeografskih (biljnocioloških) karakteristika područja. Tako su za područje bukovo-jelovih šuma Romanije i Sjemeča karakteristične mješovite sastojine bijelog bora i smrče (jele), u šumama bijelog bora u Knežinskom paležu uz smrču i jelu pojavljuje se u smješi hrast kitnjak (i cer), a u dolomitnom području sliva Prusačke rijeke glavnu vrstu smješe čini crni bor, pa tek onda smrča, a samo izuzetno s njom i jela.

Izlaganje u prva dva dijela ovog rada i tablice taksacionih elemenata (Matić i dr., 1963) usmjereni su na objašnjavanje korelacionih odnosa između taksacionih elemenata za čiste sastojine bijelog bora. S aspekta nauke o tipovima šuma i vodeći računa o mogućnostima daljeg održavanja i obnavljanja bijelog bora, sve sastojine bijelog bora u Bosni mogu se, po našem mišljenju, podijeliti u dvije osnovne kategorije. Prva, manja po površini, obuhvata čiste, uglavnom starije, sastojine bijelog bora i mješovite sastojine bijelog i crnog bora toplih i suvih staništa (W, SW i S ekspozicije), najčešće na nagnutom terenu, srednjeg do lošeg boniteta staništa, gdje su takve sastojine u izvjesnom smislu »trajni« stadij u razvoju šumske vegetacije. Drugu, po površini znatno veću grupu, čine čiste, uglavnom mlađe, sastojine bijelog bora i mješovite sastojine (uglavnom starije) bijelog bora i smrče, kojoj se u znatnom broju slučajeva pridružuje i jela, koje inače ima samo izuzetno same u mješavini sa bijelim borom. Po pravilu, sastojine ove grupe su tipološki posmatrano prelazne stadije u razvoju sadašnje šumske vegetacije tih područja ka šumi jele — bukve (*Abieto-Fagetum*).

Kao i većina autora, mi ne shvatamo normalno stanje kao vječni ideal koji se nikada ne može dostići, nego kao privremeno, uravnoteženo stanje kojemu treba težiti i koje će se mijenjati vremenom u zavisnosti od potreba društva i promjena nastalih u sastojini kao rezultat uzgojnotehničkih mjera pri pomjeranju sastava konkretne šume prema idealnom sastavu. Stoga smatramo da je za područje Bosne sada aktuelno utvrđivanje normalnog sastava šuma bijelog bora za sljedeća staništa: a) za sva ona staništa gdje je jedino moguće uzgoj čistih sastojina bijelog bora i b) za ona staništa, gdje se bijeli bor javlja u zajednici sa smrčom ili jelom, odnosno gdje je moguće njihovo unošenje u čiste sastojine bijelog bora. U ovom drugom slučaju normalno stanje za čiste sastojine bijelog bora utvrđuje se samo za period dok smrčev odnosno jelov podmladak ne počne obilnije prelaziti u tanje debljinske stepene onog dijela sastojine koji se inventariše. Pitanje normalnog sastava sadašnjih mješovitih šuma bijelog bora i smrče (jele) s obzirom na to da je u njima opstanak bijelog bora otežan (a bez određene intervencije šumara i nemoguć) i da uzgoj smrče nameću kako šumskouzgojni (prirodni razvitak kao stadiju *Abieto-Fagetum*) tako i šumskoprivredni razlozi (smrča i jela su prinosinije!) — poseban je problem i ne spada u zadatak ovog rada.

U poglavlju o broju stabala bijelog bora po jedinici površine konstatovano je da daleko pretežna većina čistih sastojina bijelog bora ima izrazitu binomsku debljinsku strukturu. Binomska debljinska struktura je zajednička



(opšta) karakteristika vrsta drveća svjetlosti, a poznato je da je bijeli bor izrazita vrsta svjetlosti. Stoga i u mješovitim sastojinama bijelog bora i drugih vrsta drveća (smrče, jele, crnog bora ili hrasta) razdioba stabala bijelog bora po debljini ima najčešće izraziti binomski oblik. Zapažanja o postanku (porijeklu) sastojina bijelog bora i o njihovim sukcesijama dovode do konstatacija da je većina postojećih sastojina bijelog bora nastala na požarištima ili čistinama drugog porijekla (napušteni pašnjaci ili obradiva zemljišta za vrijeme perioda ratova ili kakvih drugih poremećaja u životu lokalnog stanovništva). Prirodna sukcesija išla je zavisno od staništa ili u smjeru razvoja čistih sastojina bijelog bora »trajne« stadije ili u smjeru razvoja mješovitih sastojina bijelog bora i smrče a kasnije i jele. I u jednom i u drugom slučaju bijeli bor je, kao izrazita vrsta svjetlosti, održao svoju karakterističnu binomsku debljinsku strukturu.

Kako je binomska debljinska struktura istovremeno i karakteristika sastojinskog oblika gazdovanja za sve vrste drveća, to bi takva struktura bila jedan od momenata koji bi uslovljavao izbor sastojinskog oblika gazdovanja za šume bijelog bora u Bosni.

Dalja karakteristika sastojina bijelog bora u Bosni je izostanak prirodnog podmlađivanja. Ni na jednoj našoj privremenoj oglednoj površini nije konstatovan nikakav borov podmladak ili, ako je ponegdje i konstatovan manji broj stabalaca borovog podmlatka, njih je bilo tako malo i takvog vitaliteta da obnavljanje postojeće sastojine nije ni u kom slučaju bilo obezbijeđeno. Manje ili veće površine pod podmlatkom ili pak mlade sastojine bijelog bora koje smo nalazili na terenu nastale su u burnim ratnim i poslijeratnim danima prije 20—25 godina upravo na isti način kao i postojeće starije sastojine — na požarištima i napuštenim pašnjacima i kosnicama. Činjenica da nema prirodnog obnavljanja sastojina bijelog bora odnosno da se podmladak bijelog bora ne pojavljuje odnosno ne razvija pod zaštitom stare sastojine govorila bi takođe u prilog izbora sastojinskog oblika gazdovanja za šume bijelog bora u Bosni. Pri tome treba posebno istaći da bi, po našem mišljenju, na osnovu zapažanja na terenu, u prvom redu zbog loših osobina zemljišta i njegove zakorovljenosti prirodno podmlađivanje bilo, i pri sastojinskom obliku gazdovanja, obezbijeđeno samo uz vještačku pripremu zemljišta — obradu, dubrenje i krčenje koro-va, a na mnogim mjestima radi skraćivanja perioda podmlađivanja bilo bi potrebno još i vještačko obnavljanje (sadnja sadnica bijelog bora).

Protiv izbora sastojinskog oblika gazdovanja za šume bijelog bora na području Bosne postoje, međutim, značajni argumenti. To je u prvom redu njihovo sadašnje stanje — nastalo kao rezultat dosadašnjeg gazdovanja ovim šumama. Većinu postojećih šuma bijelog bora čine prestarjele sastojine, ne-njegovane ili izuzetno malo njegovane — u stvari prašumskog karaktera. Tekući i prosječni zapreminski prirast za sastojinu kao cjelinu u njima već odavno opada. Treba se samo podsjetiti činjenice da znatan broj sastojina ima srednje sastojinske prečnike koji su znatno veći od prečnika koje postižu najstarije sastojine bijelog bora prema prinostnim tablicama. Prestarjele sastojine naročito su rasprostranjene u dolomitnom području u slivu Prusačke rijeke.

Istakli smo ranije da su neke sastojine bijelog bora nastale prirodnim putem poslije šumskih požara i to upravo poslije požara u sastojinama bijelog bora. Stoga nisu rijetki primjeri postojanja dviju pa čak i triju generacija

stabala bijelog bora u sadašnjim sastojinama.\* Gro stabala sastojine čine najmlađa stabla približno jednake starosti (u rasponu od deset—dvadeset godina) a ostatak grupe ili pojedinačna stabla starija od osnovne sastojine i po stotinu godina koja su preostala iz ranijih požara i poslužila kao sjemenjaci za sadašnju sastojinu. Takva stabla — po pravilu ona najdeblja u sastojini — razlikuju se od najdebljih stabala „glavne” sastojine nižim visinama, po niskoj i granatoj krošnji i kvrgavom deblu. Ta i ostala stabla oštećena tokom vremena bilo prirodnim pojavama (grom, vjetrolom, snijegolom i sl.) bilo zbog djelovanja čovjeka „tapiranje” — radi dobijanja lučevine) čine brojnu grupu stabala čije bi uklanjanje iz sastojine znatno podiglo prinos naših šuma bijelog bora. S druge strane, za podizanje kvaliteta naših šuma bijelog bora potrebno je ukloniti i jednu sasvim različitu kategoriju stabala. Radi se, naime, o najtanjim stablima bijelog bora — o onima koja čine znatan dio lijevih krakova frekvencijskih krivulja sastojina bijelog bora. Zbog toga što se u većini sastojina bijelog bora u Bosni nisu provodile nikakve prorede (izuzetak su rijetke sječe sanitarnog karaktera i nedozvoljene seljačke sječe pojedinih stabala) u njima postoji veliki broj tanjih stabala slabog ili gotovo prestalog prirasta — zaostalih u borbi za opstanak u toku razvoja sastojine. Tanka stabla u sastojini binomske debljinske strukture nisu nosioci prirasta i u ogromnoj većini slučajeva ne mogu predstavljati stabla budućnosti. (Podržavanje preborne strukture ostavljanjem ovih stabala u sastojini — ukoliko je negdje vršeno — zbog opšteusvojenog stablimičnog prebornog oblika gazdovanja u našoj Republici — počivalo je na nenaučnim temeljima. Primjer: smolarenje iznad određene debljine — pravdano je ne samo većom produktivnošću smole debljih stabala nego i zbog mogućnosti obnove sastojine nesmolarenim tankim stablima!)

Zbog male površine na kojoj se može izvoditi sastojinski oblik gazdovanja (bilo čistom bilo oplodnom sječom) ne mogu se za dogledno vrijeme preći sve površine pod bijelim borom u nas. Popravka stanja i poboljšanje kvaliteta sastojina bijelog bora u Bosni oteglala bi se stoga praktično u nedogled. Pa i kad bi to uz povećane napore bilo moguće, morali bismo napustiti princip kontinuiteta gazdovanja s našim šumama bijelog bora. Naime, zbog navedenog stanja sastojina, u prvo vrijeme trebalo bi izvršiti sječe na znatnom dijelu površina šuma bijelog bora — što bi dovelo u prvom periodu do izvanrednog povećanja prinosa, nakon čega bi nastupio neizbježan vakuum. Ovo bi značilo da ne vodimo računa o jednom od dva osnovna uslova kontinuiteta gazdovanja — o uslovu kontinuiteta prihoda. Prebornim oblikom gazdovanja — pri kome se prilikom sječe prelaze znatno veće površine u odnosu na sastojinski oblik — može se postići rješenje tog problema. Ne dovodeći u pitanje princip kontinuiteta prihoda popravka stanja sastojina bijelog bora, može se izvesti i u kraćem vremenskom periodu: za 2—3 turnusa.

I upravo taj razlog smatrali smo odlučujućim pri izboru prebornog oblika gazdovanja šumama bijelog bora u Bosni. Ostaje nam sada da izborom načina

---

\* U »Pregledu dosadašnjih istraživanja« osvrnuli smo se detaljnije na veoma interesantnu studiju A. V. Tjurina: „Osnov hozjajstva v sosnovyh lesah”, u kojoj je postavljena teza o podudarnosti između periodičnosti pojava šumskih požara i obnavljanja prirodnih borovih šuma evropske Rusije. Istraživanja starosne strukture naših borovih šuma bila bi, s tim u vezi, veoma interesantna.

gazdovanja — varijante prebornog oblika koja će najbolje odgovarati bijelom boru kao vrsti svjetlosti — zadovoljimo i drugi uslov principa kontinuiteta gazdovanja — uslov kontinuiteta produkcije.

O podesnosti prebornog oblika gazdovanja za pojedine vrste drveća postoji obimna literatura (Miletić, Ammon, Leibundgut, Matić, Klepac i dr.). Iako se svi slažu da preborni oblik gazdovanja bolje odgovara za vrste sjenke (najbolje za jelu!), ipak su mišljenja da je grupimični preborni oblik podesan i za izrazite vrste svjetlosti.

Navešćemo neka od tih mišljenja:

„Za vrste drveća svjetla stabilimično gospodarenje sa grupimičnom smjesom predstavlja teoretski također prednost pred sastojinskim gospodarenjem na onim staništima, gdje je prirodno podmlađivanje teško i oskudno”. (Klepac, 1950).

„U slučaju vrsta svjetla, . . ., može doći u obzir preborni sastav u kojem su grupe sasvim izrazite” (Matić, 1963, str. 4).

„Vrste drveća koje zahtijevaju više svjetlosti, . . ., treba podizati u većim ili velikim grupama, . . ., srazmjerno njihovim zahtjevima za svjetlost” Ammon, str. 274; citirano prema Miletiću, 1950, str. 22).

Govoreći „o sposobnosti pojedinih vrsta drveća za preborno gazdovanje” Miletić se slaže s mišljenjem Ammona i, kad govori o vrstama svjetlosti — pri čemu za naše prilike govori o javoru, jasenu i brijestu, kaže doslovno: „Ove vrste treba podizati u većim ili manjim grupama i čuvati od zagušenja. . .”. (Miletić, 1950, str. 22).

Što je ovdje za nas od posebnog interesa, Miletić zatim navodi podatke iz strane literature o prebornom gazdovanju šumama bijelog bora. Kako nismo imali prilike vedjeti originale tih radova, citiraćemo te navode:

„Tkačenko spominje prostrane borove šume na severu Rusije, kojima se prebirno gospodari (1930, str. 126. i 127)”. . . I Wohlfarth ističe čiste borove seljačke prebirne šume u Donjoj Lužici, u kojima se nalaze svi prelazi od podmlatka do stabla 40—50 cm prsnog prečnika (1939, str. 87)” (Miletić, 1950, str. 22).

U „Pregledu dosadašnjih istraživanja” naveli smo niz primjera prebornog gazdovanja šumama bijelog bora. Preborno gazdovanje i prirodno podmlađivanje bijelog bora za većinu borovih šuma u Sloveniji navodi V. Novak još 1934. O postojanju prebornih šuma bijelog bora odnosno o mogućnosti prebornog oblika gazdovanja navedeno je više primjera pri pregledu inostrane literature (Dafis Sp., Tanner H., Weck, Voegeli H., Penev N. i dr., Chojnacki W.).

Dilema: stabilimični ili grupimični preborni oblik, kad je u pitanju bijeli bor, nije, po našem mišljenju, teška. Kao izrazita vrsta svjetlosti, bijeli bor se teško podmlađuje i raste pod zasjenom. Za njegov uzgoj dolazi u obzir takav preborni oblik u kojem su grupe sasvim izrazite. Veličina grupa treba da bude takva da se u što većoj mjeri smanji zasjenjivanje sa strane, naročito u prvoj fazi mladosti koja je odlučujuća za formiranje krošnje i za buduću dobrotu drveta. Interpretirajući ideje Schaeffera, Klepac kaže: „Prema tome će takva preborna šuma biti nalik na jedan mozaik sastavljen od malenih jednodobnih sastojina: ovdje je jedna krpica mladika, ondje krpica zrelih stabala, tamo se nalazi grupica letvenjaka itd. . . Prema stanju i starosti pojedine

grupe provodi se u njoj odgovarajuća faza sječe, tako da ćemo u takvoj šumi imati istodobno sve faze sječe počevši od čišćenja pa do naprodnog sjeka' (Klepac, 1950).

Potreba vještačkog obnavljanja sastojina bijelog bora odnosno vještačke pripreme zemljišta radi omogućavanja prirodnog podmlađivanja, te zahtjev za intenziviranjem njege sastojine, i to „njege u odlučujućoj i do sada u praksi zanemarivanoj fazi mladosti” kako kaže Assmann, govori takođe u prilog uvođenja grupimičnog prebornog oblika za gazdovanje šumama bijelog bora u Bosni (svi ti radovi se provode lakše i jeftinije, kad su skoncentrisani na manje površine — grupe).

Grupimični preborni oblik koji preporučujemo ima karakter švajcarskog femelšlaga, pri čemu je naglašeno gazdovanje sa svakom grupom posebno kao sa malom jednodobnom sastojinom. Zavisno od starosti (debljine stabala) i stanja svake pojedine grupe, u njoj bi se vršili odgovarajući zahtevi sječe — ujedno mjere njege. Pojedina stabla a i čitave grupe ostajali bi u sastojini u zavisnosti od svoje produkcijske sposobnosti i kvaliteta a i u zavisnosti od mogućnosti prevođenja konkretnih šuma u normalne.

Sa stanovišta uređivanja šuma grupimični preborni oblik tretira se kao i tipični (stabilimični) preborni oblik. U uređajnim elaboratima za ove šume prikazuju se taksacioni elementi za sastojinu kao cjelinu, i konstrukcija normalnog stanja tih šuma vrši se po principima koji važe za preborne šume. Prije prelaska na samo izlaganje principa i načina rada pri konstrukciji normalnog stanja za šume bijelog bora u Bosni izložićemo stoga ukratko neka shvatanja normalnog stanja preborne sastojine.

## 2. SHVATANJE NORMALNOG SASTAVA (STANJA) PREBORNE SASTOJINE

Teorije normalnog stanja za preborni oblik gazdovanja nicale su i razvijale se uporedo sa razvojem nauke i prakse uređivanja preborne šume i nose sva obilježja toga razvoja. U početku, to su pokušaji da se pitanje normalnog stanja preborne sastojine (šume) riješi prenošenjem, u manjoj ili većoj mjeri, nekih od uslova normalnosti privredne jedinice visoke pravilne šume. Rekli smo već da ti pokušaji nisu doveli do uspjeha. Kasnije, to su rješenja zasnovana na stvarnim rezultatima prebornog gazdovanja — manje ili više uopštenim i teorijski obrađenim. Razlikuju se međusobno uglavnom po tome kome strukturnom elementu preborne sastojine daju veću težinu (broju stabala, temeljnici, masi, zastrtoj površini), odnosno šta uzimanju kao polaznu pretpostavku normalnog stanja.

Uz čitav niz srednjoevropskih autora, izvjestan broj normala preborne šume konstruisali su naši autori i rađen je za šume našeg državnog područja (Tvrdony, Kern, Jovanovac, Miletić i dr.). U vremenu poslije drugog svjetskog rata problemom teorijskih osnova i metoda konstrukcije normalnog stanja za preborni oblik gazdovanja u našoj zemlji naročito su se i sa uspjehom bavili profesori Miletić Ž. i Matić V. O problemu normalnog (uravnoteženog) stanja za preborne sastojine vrsta svjetlosti, što je za nas od

posebnog interesa, pisano je u najnovije vrijeme (Matić — za hrast (Matić 1963), Drinić za crni bor (Drinić, 1963). Koliko nam je poznato, ni u nas ni na strani ne postoje radovi koji tretiraju problem normalnog stanja za šume (sastojine) bijelog bora prebornog oblika gazdovajna.

Današnje shvatanje normalnog stanja za preborni oblik gazdovanja ilustriraćemo upravo shvatanjima naših autora.

Tako prof. Miletić piše: „Prebirna sastojina je u normalnom stanju kada svojom trenutno najpovoljnijom strukturom omogućuje trajno korišćenje tako da se po izvršenoj seči i isteku ophodnjice uspostavlja ranije normalno stanje pre seče u svim elementima strukture“ (Miletić, 1954).

Matić normalno stanje shvata kao „takav sastav pri kojem je veličina prirasta velika, pri kojem se dobivaju trajno visoki prinosi, pri kojem je uspostavljen sklad između prinosa i potreba privrede i pri kojem se dobivaju sasvim jednaki prihodi“. (Matić, 1963).

I jedan i drugi autor shvataju normalno stajne preborne sastojine kao privremeno-uravnoteženo stanje, kao privremeni bliži ili dalji cilj prema kome će se pomjerati konkretno stanje prebirne sastojine. Razlike u shvatanju nastaju tek pri ocjeni elemenata privredne prirode. Dok je Matić pojam normalnog sastava sastojine uslovio sa „prinosom koji će biti u skladu sa potrebama privrede“ (Matić, 1963, str. 11), dotle Miletić kaže: „U traženju trenutno najpovoljnije strukture često uzimamo u obzir i ocene privredne prirode“ (Miletić, 1954, str. 186).

Normalno stanje preborne sastojine je model okarakterisan taksacionim elementima određene strukture (broj stabala, zapremina, prinos koji je jednak maksimalnom prirastu), privremen i podložan promjenama koje su posljedica samog pomjeranja konkretne sastojine prema usvojenom modelu (promjene u prirastu) i promjena u privrednim momentima (promjene u strukturi potreba privrede) koje nastaju tokom vremena. Iako se konstrukcija normale vrši za sastojinu, normala je, pošto je zasnovana na prosječnim taksacionim elementima, u stvari samo prosječna — tipična vrijednost svih sastojina određenog tipa (ili uže kategorije) šume date vrste drveća. Za šume bijelog bora na području Bosne ta uža kategorija su čiste sastojine bijelog bora. Pri tome ćemo se ograničiti samo na 2, 3. i 4. bonitetni razred. U uvodnom izlaganju (A. 2) konstatovali smo izuzetno mali procent sastojina 1. i 5. bonitetnog razreda u ukupnoj površini šuma bijelog bora u Bosni. Površina čistih sastojina bijelog bora tih boniteta je još manja (na 1. bonitetu potiskuje ga smrča i jela, a na 5. mu je konkurent crni bor ili hrast) te su stoga ovi boniteti od minimalnog privrednog značaja.

### 3. OSNOVNI TAKSACIONI ELEMENTI ZA KONSTRUKCIJU NORMALNOG SASTAVA (STANJA)

Koji će se od taksacionih elemenata preborne sastojine smatrati osnovnim pri konstrukciji normalnog sastava, zavisi u velikoj mjeri od shvatanja autora i mogućnosti za provođenje autorove koncepcije. Po jednoj klasifikaciji, sve metode konstrukcije normalnog sastava preborne sastojine možemo grupisati u svega tri grupe: za jednu grupu je karakteristična pretpostavka da broj

stabala normalne preborne sastojine — raspored frekvencija prema debljini — opada po zakonu geometrijskog reda; za drugu grupu je osnovna pretpostavka normalnog stanja ostvarenje najvrednijeg (najkvalitetnijeg) prirasta, a za treću — prinos preborne sastojine (Matić, 1963, predavanja).

Na naš izbor metoda konstrukcije normalnog sastava preborne sastojine za šume bijelog bora u Bosni u odgovarajućoj mjeri uticala je činjenica da se sa ovim šumama dosada nije gazdovalo, i da je, s gledišta kontinuiteta gazdovanja, grupimični preborni oblik najpodesniji. Konstrukcija normalnog sastava za ove šume koja bi polazila od rasporeda broja stabala prema debljini, karakterističnog za preborne šume, nije dolazila u obzir — zbog nedostatka adekvatnih podataka. Isto se odnosi i na ostale taksacione elemente čije su razdiobe frekvencija najuže povezane s razdiobom broja stabala prema debljini (temeljnica, zastrta površina, zapremina). Slično važi i za najvredniji prirast kao pretpostavku normalnom stanju. I da smo usvojili gledište da je preduslov normalnog stanja preborne sastojine takav sastav kojim se dobiva najvredniji prirast, potrebnih podataka opet nismo imali.

Matićevo shvatanje (Matić, 1963, str. 14) da pri postavljanju gazdinskog cilja za preborni oblik gazdovanja „treba polaziti od prinosa, tj. od proizvoda, onako kako se to radi u drugim proizvodnim granama”, pružilo nam je izgleda ne samo za ispravno nego i za uspješno rješenje postavljenog problema. Usvojivši to, odlučili smo se ujedno i za taksacioni element koji ćemo smatrati osnovnim; to je prinos, zapravo struktura prinosa po debljinskim stepenima. Struktura prinosa u prvom redu zavisi od najjačeg debljinskog stepena do koga će se uzgajati stabla u sastojini, pa je prije same konstrukcije bilo potrebno riješiti i pitanje najjačeg debljinskog stepena (prečnika sječive zrelosti). Veličina prinosa mora biti jednaka tekućem zapreminskom prirastu. Za određivanje toga prirasta dolazi u obzir korelaciona jednačina odnosno tablice o kojima smo pisali u drugom dijelu ovog rada. Pri utvrđivanju korelacionih odnosa osnovno je pravilo da se kao nezavisne veličine izaberu oni elementi koji imaju najjaču korelaciju vezu sa ispitivanom veličinom. Iz istog razloga pri utvrđivanju normalnog stanja moramo uzeti iste elemente kao polazne, pogotovo što je bez njih nemoguće korišćenje naših tablica taksacionih elemenata. U analizama tekućeg zapreminskog prirasta nezavisno-promjenljive veličine bile su: bonitet staništa, sklop sastojine, srednji prečnik i omjer smjese bijelog bora u sastojini. To bi bili ujedno i dalji polazni osnovni taksacioni elementi pri našoj konstrukciji normalnog sastava. Ranije smo se već odlučili da određivanje normalnog sastava izvedemo za čiste sastojine bijelog bora određenog boniteta staništa (2, 3, i 4) a kako srednji prečnik sastojine zavisi od odabrane strukture prinosa, ostaje nam da odredimo svega tri osnovna taksaciona elementa: normalni stepen sklopa sastojine, najveći debljinski stepen i strukturu prinosa normalne preborne sastojine bijelog bora na području Bosne.

### 3.1. Normalni stepen sklopa

Normalni stepen sklopa je u stvari maksimalni stepen sklopa za stanje prije sječe (na kraju turnusa) pri kome je obezbijeđen normalni razvoj stabala u sastojini (u prvom redu podmlatka) a u isto vrijeme što je moguće veći tekući zapreminski prirast sastojine.

Razumljivo je da veličina stepena sklopa — stepena zastiranja krošnjama površine sastojine u prirodno nastalim i nenjegovanim šumama u najvećoj mjeri zavisi od odnosa date vrste drveća prema svjetlosti. U nauci o uzgajanju šuma poznato je više skala kojima se izražava rang vrsta drveća u odnosu na potrebe u svjetlosti. Poznato je takođe da jedna ista vrsta drveća ne zauzima uvijek isto mjesto u svim skalama a data su i naučna objašnjenja te pojave. Potreba za svjetlosti zavisi od stadija razvoja (starosti) biljke i pravilo je da sa starošću ta potreba raste. U znatnoj mjeri odnos prema svjetlosti zavisi od staništa i ukoliko biljka raste pod povoljnijim uslovima staništa, utoliko bolje podnosi zasjenu. Uslovi staništa mogu u tolikoj mjeri uticati na odnos vrste prema svjetlosti da je konstatovano da, npr. smrča i bukva, iako vrste sjenke, na velikim visinama i u određenim nepovoljnim uslovima staništa mijenjaju tu biološku osobinu i postaju vrste drveća većih potreba za svjetlošću (Miletić: „Istraživanja o strukturi bukovih sastojina karaktera prašume“, 1930, i „Smrekova prašuma binomske strukture na Velikoj Vitorozi“, 1931).

Bijeli bor je izrazita vrsta drveća svjetlosti. U planinskim uslovima područja, gdje se nalazi najveći dio šuma bijelog bora u Bosni, potreba bijelog bora za svjetlošću je samo još povećana. Samo izuzetno (svega u 3 slučaja od 60!) mi smo na našim oglednim površinama konstatovali stepen sklopa veći od 0,8, a i to nisu bile čiste sastojine bijelog bora nego mješovite, sa smrčom i jelom a u jednom slučaju i sa crnim borom (crni bor se u tom slučaju ponaša kao vrst apolusjenke!). Čistih sastojina bijelog bora sa sklopom iznad 0,8 u planinskim uslovima Bosne izgleda da i nema.

Veličina normalnog stepena sklopa, kad je u pitanju izrazita vrsta svjetlosti kao što je bijeli bor, zavisi u velikoj mjeri i od prostora potrebnog za obezbeđenje podmlađivanja i razvoj kvalitetnog podmlatka. Zatim, ta veličina zavisi i od toga kako veći ili manji sklop (rjeđa ili gušća obraslost) utiče na formiranje krošnje stabla (pravilnost oblika krošnje i debljine grana) i neke osobine debla (pravnost — grbavost, punodrvnost i sl.).

O vezi između veličine sklopa sastojine i mogućnosti za uspješno obnavljanje i razvoj kvalitetnog podmlatka u sastojinama bijelog bora u Bosni ne raspolaže se potrebnim pozitivnim podacima. Naime, ni na jednoj našoj oglednoj površini, bez obzira na stepen sklopa, nije konstatovan podmladak bijelog bora. Podmladak bijelog bora pod stablima stare sastojine nije nađen ni na cijelom području istraživanja (površina sastojina sklopa ispod 0,4, ukoliko su to uopšte sastojine, nisu uzimane u obzir za ova istraživanja). Procjena stepena sklopa za normalne sastojine bijelog bora na način kako je to izvršio Matić za šume jele i smrče (Matić, 1956, i 1963.) nije dakle, bila moguća. Metod koji je Matić (1963) primijenio za ocjenu normalnog stepena sklopa za hrastove i bukove preborne sastojine u Bosni, po našem mišljenju, takođe ne dolazi u obzir za bijeli bor. Usvajanje nekog kraćeg produkcionog perioda (80—100 godina), koji bi za bijeli bor odgovarao iz razloga ekonomske prirode, za ocjenu normalnog sklopa na način koji je Matić primijenio za hrast i bukvu ne daje zadovoljavajuće rezultate. Veličine stepena sklopa sastojine određene na taj način, naročito za lošije bonitetne razrede, izuzetno su niske, da čak padaju ispod donje granice intervala variranja veličine stepena sklopa istraživanih sastojina (ispod 0,45).

Procjenu stepena sklopa normalnih sastojina bijelog bora izvršili smo uzimajući u obzir sljedeća razmatranja:

Ako se izvrši raspodjela veličina stepena sklopa naših oglednih površina po bonitetima staništa, dobiće se ovakav raspored:

Bonitetni razredi staništa	0,4	0,5—1,4	1,5—2,4	2,5—3,4	3,5—4,4	4,5—5,4	Σ
Raspored frekvencija	4	6	11	20	13	6	60
Prosječni bonitet	0,3	1,0	1,8	3,0	3,8	4,8	2,76
Prosječni stepen sklopa	0,59	0,71	0,69	0,67	0,64	0,64	0,664

Korelacioni odnos između boniteta staništa i sklopa sastojina bijelog bora prikazali smo i grafički (grafikon br. 26, isprekidana linija).

Brojčani podaci i njihova grafička predstava pokazuju da prosječne veličine stepena sklopa naših oglednih površina opadaju sa slabijim bonitetom staništa. Ista pojava konstatovana ranije za sve vrste drveća ovim je potvrđena i za prirodno nastale sastojine bijelog bora na području Bosne.

Naveli smo ranije da stepen sklopa nije odlučujući faktor nepostojanja podmlatka u šumama bijelog bora na području Bosne. Rekli smo takođe da presudnu ulogu u tome igra pripremljenost zemljišta (odstranjenje korova, razrahljenost i sl.). Pa ipak smatramo da veličine stepena sklopa za normalne sastojine bijelog bora moraju biti niže od navedenih prosječnih veličina. Koliko se mogu smanjiti te veličine?

Analize, provedene u drugom dijelu ovoga rada (poglavlje II. 3.1.2.), pokazuju da sa smanjenjem stepena sklopa opada veličina tekućeg zapreminskog prirasta sastojine. Ako se tekući zapreminski prirast sastojine poptunog sklopa (1.0) označi sa 100, onda su veličine tog prirasta za ostale stepene sklopa slijedeće:

Stepen sklopa sastojine	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Tekući zapreminski prirast	100,0	98,7	94,7	88,0	78,7	66,7	52,0
Smanjenje prirasta pri smanjenju sklopa za 0,1		1,3	4,0	6,7	9,3	12,0	14,7%

Podaci pokazuju da je relativno smanjenje prirasta (u posmatranom intervalu smanjenja sklopa od 1,0 do 0,4) manje nego smanjenje sklopa. Smanjenju sklopa od 60% odgovara smanjenje prirasta od 48%. Sličnu pojavu konstatovali su i drugi autori (Erteld, 1957, Drinić, 1963, Matić, 1963). Međutim, ako se posmatra smanjenje prirasta od stepena do stepena sklopa, vidi se da su relativni gubici na prirastu za smanjenje sklopa od 10% najprije neznatni (1,3% od 1,0 do 0,9) da bi se zatim sve više i više povećavali pa pri istoj veličini smanjenja sklopa od 0,1 za stepen sklopa 0,6 na 0,5 relativni gubitak na prirastu iznosi već 12%. Znači smanjenje sklopa ispod veličine oko

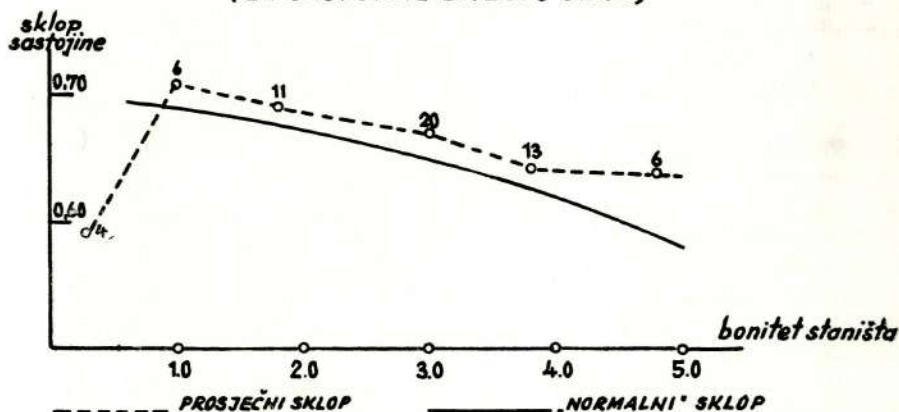


0,6 značilo bi veće gubitke na prirastu (što ne bi trebalo da se dešava u normalnim sastojinama).

Razmatrajući pitanje teoretskog stepena sklopa Assmann navodi dva teoretska granična stepena sklopa: 0,785 za kvadratni način rasporeda stabala u sastojini i 0,906 za trougaoni način rasporeda stabala. Uz to kaže sljedeće: »No u stvarnosti, u prirodno odraslim sastojinama nema jedinstvenog rasporeda stabala. I u kulturama sa strogo održavanim rasporedom pri osnivanju formira se uslijed neravnomjernog izlučivanja pojedinačnih stabala postepeno nepravilni raspored. Ali se s pravom može pretpostaviti da se stvarni raspored treba da traži između oba teorijska slučaja«. (Assmann, 1961). Za stvarni mješoviti raspored on uzima kao aproksimaciju veličine sklopa iznos od 0,841 i naziva je »teoretskim maksimalnim stepenom zastiranja« (Assmann, o. c. str. 102). Njegova razmatranja odnose se na jednodobne sastojine odnosno na sklop krošanja jednodobnih sastojina (Assmann navodi pored ostalih vrsta drveća i primjer za bijeli bor: »U jednoj tipičnoj borovoj oglednoj seriji na istočno-njemačkom diluvijumu, sa slabom proredom, umjerenom i jakom proredom Toma (1940.) je našao veličine stepena zastiranja od 0,71 do 0,73.« Assmann, o. c. 107). Za naše normalne sastojine bijelog bora grupimičnog prebornog oblika gazdovanja ta razmatranja mogla bi važiti za sklop pojedinih grupa stabala jednakih dimenzija (starosti). Sklop čitave preborne sastojine mora biti znatno manji, jer je potrebno rezervisati dio površine za podmladak (u stvari, za stabla ispod taksacione granice od 10 cm).

## KORELACIJA IZMEBU SKLOPA SASTOJINE I BONITETA STANIŠTA

(ZA SASTOJINE BIJELOG BORA)



Grafikon br. 26

Na osnovu izloženog procijenili smo da stepen sklopa prebornih sastojina bijelog bora u Bosni po bonitetima staništa treba da bude sljedeći:

Bonitetni razred:	1.	2.	3.	4.	5.
Stepen sklopa sastojine:	0,69	0,67	0,65	0,62	0,58

Linija koja predstavlja zavisnost normalnog stepena sklopa od boniteta staništa prikazana je na grafikonu br. 26 (puna linija).

Ako se formiranje grupa (doznake stabala za sječu i pošumljavanja) vrši na progoljenim mjestima i oko njih te ima u vidu mogući teoretski maksimalni stepen zastiranja (sklopa) grupama koje čine sastojinu (između 0,785 do 0,906 u prosjeku 0,841), smatram da je površina koja se dobije kao razlika sklopa pojedine grupe i procijenjenog stepena sklopa cijele sastojine (npr. za II bonitet:  $0,84 - 0,67 = 0,17$ ) dovoljna za obezbjeđenje i normalan razvoj podmlatka. Ovdje treba i posebno podvući značaj koji ima gušći sklop i njega borovog podmlatka za kasniji kvalitet borovih stabala. »Pretpostavka buduće proizvodnosti vrijednosti je *gusto sklopljeni ravnomjerni polazni podmladak ili kultura sa što je moguće gušćom sadnjom*«. Rijedak podmladak izaziva jako granjanje. Za fazu razvoja u kojoj se dešava kulminacija visinskog prirasta nezasjenjivanog mladika (po tablicama prinosa bijelog bora za sve bonitete to se dešava prije dostizanja taksacione granice od 10 cm — primjedba moja) treba vezivati uzgojne mjere sračunate na formiranje pravilne krošnje, bez debelih grana, odlučujuće za kasniji dobar kvalitet drveta bora. U srednjoj dobi bijeli bor posjeduje samo malu sposobnost širenja krošnje. (Assmann, 1961). U istom smislu piše i H. Leibundgut, i to upravo pri opisu sastojina bijelog bora na Romaniji, koje je obišao u vrijeme obavljanja naših terenskih radova u jesen 1957. godine (Leibundgut, 1958).

### 3.2. Najjači debljinski stepen u prebornoj sastojini bijelog bora

Najjači debljinski stepen — odnosno, po nekim autorima, prečnik sječive zrelosti (Miletić, 1960, 1961) — značajan je element uređivanja preborne šume i to tim značajniji što su za njegovo određivanje — procjenu neophodne kako šumskouzgojne tako i ekonomske analize. Konstrukcija normale prebornih sastojina kao brojčane konkretizacije ciljeva gazdovanja prebornom sastojinom pretpostavlja određivanje najjačeg debljinskog stepena — granice do koje će se uzgajati (pojedina) stabla u prebornoj šumi. Rečeno je ranije da najjači debljinski stepen smatramo jednim od osnovnih taksacionih elemenata normalnog sastava preborne sastojine. U našoj stručnoj literaturi ovom pitanju je u posljednje vrijeme posvećena znatna pažnja bilo u vezi s istraživanjem i konstrukcijom normalnih sastava preborne sastojine (Matić, 1956. i 1963; radovi Miletića, Drinić, 1962) bilo kao samostalnom problemu iz oblasti uređivanja preborne šume (Miletić, 1960, 1961). To pitanje okarakterisano je kao »jedan savremeni problem naprednog uređivanja preborne šume, pogotovo ako se još poveže sa težnjom da se postigne maksimalna proizvodnja mase, što je od naročitog značaja u našim prilikama« (Miletić, 1960, str. 6, separat).

U navedenim radovima prof. Miletića, a naročito u ovom iz 1961. data je analiza i ocjena postojećih metoda za određivanje — procjenu »prečnika sečive zrelosti« i ovdje, s obzirom na zadatak ovog rada, nije potrebno a nije ni moguće upuštati se detaljnije u ovaj problem.

Pred nama stoji zapravo samo zadatak izbora metoda za procjenu najpovoljnijeg debljinskog stepena, odnosno prečnika sječive zrelosti u prebornim šumama bijelog bora. Usvojivši ideju o normalnom sastavu preborne sastojine kao sastavu koji obezbjeđuje, pored ostalog, prvenstveno maksimalnu proizvodnju drvne mase, mi smo se pri izboru metoda za određivanje najjačeg de-

bljinskog stepena kao gornje granice do koje će se uzgajati (pojedina) stabla u prebornoj sastojini bijelog bora u Bosni odlučili za Matićev metod. Smatramo, naime, da se taj metod, izjednačujući moment maksimalne produkcije s kulminacijom prosječnog prirasta zapremine po jedinici površine koju stablo zauzima tokom razvoja u prebornoj šumi (apstrahujući nedostatke kao što su neuzimanje u obzir prirasta ispod taksacione granice i izvjesnu komplikovanost), najbolje približio karakteru prebornog oblika gazdovanja. Pri tome se pridružujemo shvatanju, a koje gotovo podjednako ističu svi pomenuti autori, da se bilo pri konstrukciji normalnog stanja, bilo pri nezavisnom određivanju maksimalnog prečnika u prebornoj sastojini (prebornom obliku gazdovanja) radi u stvari o procjeni njegove veličine a n i k a k o o o d r e đ i v a n j u u smislu strogih matematičkih principa. Sačinjen na bazi sadašnjeg stanja (preciznije rečeno na bazi stanja u periodu istraživanja) i velikih prosjeka, pa i ako se radi za užu kategoriju — tip šume, normalni sastav i njegovi karakteristični elementi a naročito najjači debljinski stepen mogu biti samo poželjan (idealni) cilj, i to pokretan i promjenljiv, zavisan od kretanja i promjena koje će doživjeti kategorija — tip šume u toku perioda za koji je predviđen — pravljen. »Prečnici sečive zrelosti maksimalne proizvodnje mase menjaju se u toku vremena zajedno sa evolucijom stanja sastojine, — pa ih treba posmatrati dinamički a ne statički« (Miletić, 1961, str. 19).

Nepoznatu kulminaciju prosječnog zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje Matić određuje grafičkim putem. To je desna ordinata pravougaonika čija je površina jednaka površini lika ispod krive linije tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje ograničenoj tom ordinatom. Polazi se, dakle, od poznate činjenice nauke o prirastu: u momentu svoje kulminacije prosječni prirast jednak je tekućem.

Za grafičko određivanje momenta kulminacije prosečnog prirasta zapremine po  $m^2$  projekcije krošnje potrebni su sljedeći podaci: relativne starosti stabala bijelog bora (po debljinskim stepenima) i veličine tekućeg zapreminskog prirasta po  $m^2$  projekcije krošnje, takođe po debljinskim stepenima. Pri određivanju ovih veličina koristili smo materiju opisanu u I i II dijelu ovog rada odnosno »Tablice taksacionih elemenata šuma bijelog bora u Bosni« koje smo izradili na osnovu rezultata do kojih smo došli.

Korišćenje tablica traži prethodno poznavanje — određivanje »tabličnih ulaza«: boniteta staništa, sklopa sastojine, omjera smjese i srednjeg prečnika bijelog bora u sastojini. Razumije se da pri konstrukciji normalnog sastava ovi elementi moraju biti »normalni« odnosno moraju ispunjavati uslove normalnosti prema definiciji normalnog stanja, ranije navedenoj. Do sada smo odredili sve te elemente izuzev srednjeg prečnika bijelog bora u sastojini, tj. srednjeg prečnika sastojine. Srednji prečnik sastojine je, pri konstrukciji normalnog stanja po Prodanovom postupku i polazeći od prinosa, u gotovo isključivoj (veoma jakoj) korelaciji sa strukturom odnosno srednjim prečnikom prinosa, pa je za njegovo tačno određivanje potrebno poznavanje odnosno prethodno utvrđivanje strukture prinosa, štaviše potrebna je i sama konstrukcija normalnog sastava. Da bismo izišli iz ovog, na prvi pogled zatvorenog, kruga, mi smo srednje prečnike normalne sastojine najprije približno procijenili. Tu procjenu smo izvršili na osnovu procijenjenih maksimalnih prečnika po boni-

tetima i nekih podataka o rasturanju stabala u »normalnim«, jednodobnim sastojinama bijelog bora (Mitscherlich, 1939, Erteld, 1957).

Za određivanje kulminacije prosječnog zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje imali smo, prema tome, sljedeće taksacione elemente:

Bonitetni razred staništa	2.	3.	4.
Normalni stepen sklopa sastojine	0,67	0,65	0,62
Omjer smjese bijelog bora	čiste sastojine bijelog bora		
Pretpostavljeni srednji prečnik sastojine u cm	23	21	19

Na osnovu ovih ulaza, mi smo pomoću naših tablica debljinskog prirasta (Matić i dr., 1963, str. 72 i 73) izračunali najprije debljinski prirast sastojine normalnog sastava za debljine stabala od 15, 25, 35, 45 i 55 cm.

Izračunate veličine debljinskog prirasta su grafički izravnete, čime je omogućeno očitavanje debljinskog prirasta za sredine debljinskih stepena širine 5 cm.

Izravnete veličine su nam poslužile za izračunavanje vremena prelaza po debljinskim stepenima. Vremena prelaza računali smo dijeleći širinu datog debljinskog stepena ( $d_x$ ) sa veličinom debljinskog prirasta za debljinu stabla  $d_x + 2,5$  cm. Drugim riječima, za prelaz stabla iz stepena sredine  $d_x$  u stepen  $d_x + 5$  cm potrebno vrijeme se dobije dijeljenjem tog razmaka (5 cm) sa veličinom debljinskog prirasta koja odgovara prečniku  $d_x + 2,5$  cm (ordinata krivulje debljinskog prirasta za apscisu  $d_x + 2,5$  cm). Dijeljenjem širine stepena sa tekućim debljinskim prirastom očitanim za sredinu stepena ( $d_x$ ) dobije se »vrijeme zadržavanja« u tom stepenu (Miletić, 1957).

Potom smo izračunali relativne starosti stabala čiji su prečnici jednaki sredinama debljinskih stepena, počinjući od taksacione granice, tj. računajući da su stabla prsnog prečnika od 10,0 cm stara 0 (nula) godina. Pri tome je evidentno da je relativna starost stabala prečnika 12,5 cm jednaka vremenu potrebnom da stablo debljine 10,0 cm postigne debljinu od 12,5 cm. Relativne starosti stabala ostalih (narednih) debljinskih stepena dobiju se sukcesivno dodavanjem odgovarajućih vremena prelaza na već izračunate relativne starosti.

Tekući zapreminski prirast po jedinici projekcije krošnje za sastojinu normalnog sastava izračunali smo pomoću naših tablica (Matić i dr., 1963, tablice 11.1. i 11.2) na osnovu naprijed navedenih tabličnih ulaza.

Dobijene veličine tekućeg zapreminskog prirasta po bonitetima manijeli smo kao ordinate na relativne starosti stabala prsnih prečnika 15, 25, 35 i 45 cm kao apscise i grafički ih izravnali. Izravnete krive linije (konkavne prema apscisnoj osovini) predstavljaju tokove tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje u zavisnosti od starosti (odnosno od odgovarajućih debljina stabala). Grafičkim putem tražili smo na svakom grafu ordinatu na krivoj liniji desno od kulminacije tekućeg prirasta koja sa svojom apscisom čini pravougaonik površine koja je jednaka površini ispod krive linije ograničenoj samom tom ordinatom. Te ordinate predstavljaju kulminacije prosječnog zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje a njihove apscise najpovoljnije relativne starosti odnosno najpovoljnije gornje granice debljine za uzgoj stabala u prebornoj šumi s gledišta maksimalne proizvodnje mase (Matić, 1956. i 1963).

Način određivanja apscise kulminacione tačke prosječnog zapreminskog prirasta prikazan je na grafikonu br. 27 za 2. bonitetni razred.

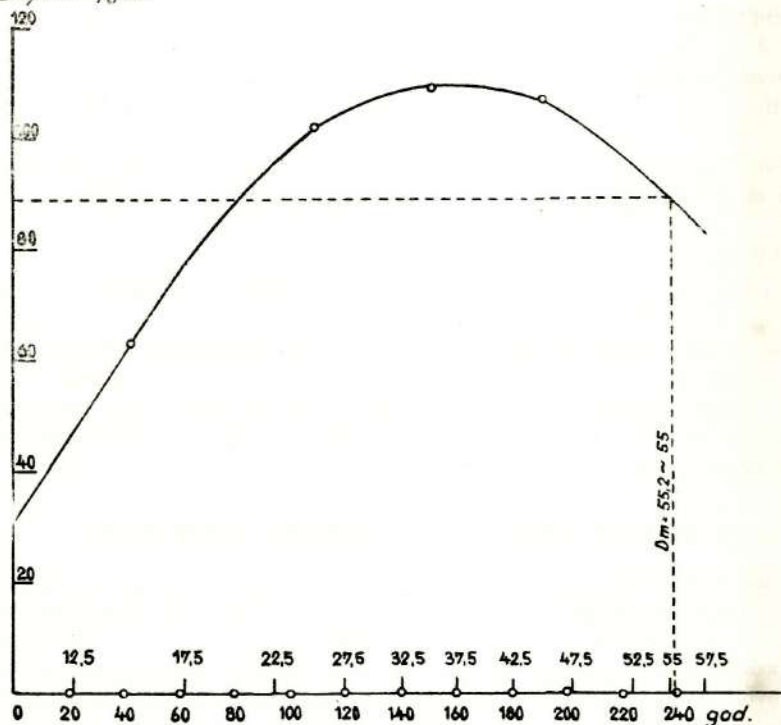
Tako dobijene veličine apscisa kulminacionih tačaka prosječnog prirasta po bonitetima su sljedeće:

Bonitetni razred:	2.	3.	4.
Najjači prsni prečnik stabala u sastojini:	55,2	47,5	45,0 cm

Na osnovu tih rezultata, a zbog potrebe da se najjači prsni prečnik stabala podudara sa graničnom vrijednošću debljinskog stepena procijenili smo da u prebojnim sastojinama bijelog bora normalnog sastava u Bosni prečnici do kojih će se uzgajati najdeblja stabla iznose (počevši od 2. boniteta): 55 cm, 50 cm i 45 cm.

Iz ranijeg izlaganja je vidljivo i sad se može ponovo podvući da procijenjene maksimalne prečnike shvatamo sasvim dinamično i elastično: procijenjene na osnovu sadašnjeg stanja sastojina bijelog bora, njihove će se veličine mijenjati zavisno od promjena koje će sastojine doživljavati u budućem gaz-

**TEKUĆI ZAPREMINSKI PRIRAST PO JEDINICI PROJEKCIJE KROŠNJE STABLA  
(PROCJENA APSCISE KULMINACIONE TAČKE PROSJEČNOG ZAPREMINSKOG PRIRASTA)**  
dm<sup>3</sup>/100 m<sup>2</sup>/god.



Grafikon br. 27

dovanju — a njihovih se veličina treba pridržavati u onolikoj mjeri uolikoj mjeri se sama sastojina približava cilju gazdovanja — odgovarajućoj konstrukciji normalnog sastava. Njihovo određivanje niukoliko ne isključuje još i dalje podržavanje odabranih debljih stabala dobrog prirasta, dok je sječa stabala tanjih od ocjenjenih maksimalnih prečnika ionako (u prebornoj šumi) zavisna od drugih kriterija.

U svom radu iz 1956. godine Matić je predložio i skraćeni-uprošćeni postupak po kome se maksimalni prosječni prirast stabla (po m<sup>2</sup> njegove projekcije krošnje) nalazi na onoj tački grafikona tekućeg prirasta desno od kulminacije gdje je ordinata jednaka proizvodu maksimalnog tekućeg prirasta i stalnog koeficijenta 0,68. Maksimalna ordinata tekućeg zapreminskog prirasta množi se, dakle, sa 0,68 i na grafu se traži apscisa (prsni prečnik stabla) čija je ordinata jednaka tom proizvodu. Koeficijent 0,68 Matić je predložio za preborne šume jele, smrče i bukve u Bosni, ali je kasnije Miletić proširio njegovu valjanost (Miletić, 1961).

Iako smatramo da postoji mogućnost iznalaženja nekog prosječnog koeficijenta za odnos maksimalnih ordinata prosječnog i tekućeg prirasta, izračunavanje tog odnosa za bijeli bor nije dalo rezultate bliske predloženom prosječnim koeficijentu (0,68).

Po tablicama prinosa za jednodobne sastojine bijelog bora umjerene prorede, veličina tog koeficijenta za pojedine bonitete je:

Bonitetni razred	1.	2.	3.	4.	5.
Odnos $ZP_{max} : Z^I_{max}$ po Wiedemann-Schoberovim tablicama	0,675	0,573	0,653	0,673	0,639

Sa krivulja tekućeg prirasta po jedinici projekcije krošnje po metodi Matića za naše normalne sastojine taj koeficijent je znatno veći i iznosi:

Bonitetni razred	2.	3.	4.
Odnos $ZP_{max} : Z^I_{max}$	0,82	0,84	0,86

Iz saopštenog se vidi da iako za oba oblika gazdovanja dobiveni rezultati po bonitetima malo variraju, čime se proširuje raniji nalaz Matićev u tom smislu, oni ipak znatno međusobno odstupaju i, uz sva ograničenja zbog malog broja podataka, ne bi se mogla predložiti neka prosječna vrijednost tog koeficijenta koja bi važila za bijeli bor.

### 3.3. Struktura prinosa sastojine normalnog sastava (stanja)

Taksacioni elementi sastojine normalnog sastava predstavljaju cilj gazdovanja, u taksacionom smislu, kome treba da teži gazdovanje datom kategorijom — tipom šume. Ako je šumarstvo privredna grana, a ono to svakako jeste, onda proizvodnja u šumarstvu treba, analogno ostalim privrednim granama, da zadovolji potrebe društva na proizvodima šumarstva, ili da je bar u skladu (da nije u raskoraku) s potrebama društva. Prinos a ne prirast sastojine — šume je proizvod i logična je posljedica toga da zadatak proizvodnje — ostva-

renje cilja gazdovanja — obezbjeđenje odgovarajućeg prinosa po količini i strukturi bude u skladu s potrebama društva na drvetu određene vrste drveća. Kad je u pitanju vrsta drveća kao što je bijeli bor u našim uslovima (deficitarnost četinaru uopšte i relativno mali udio borovog drveta u ukupnom fondu četinarskog drveta, mogućnost njegove zamjene drvjetom smrče ili jele) naša razmatranja o strukturi prinosa (veličina prinosa određena je veličinom tekućeg prirasta normalne sastojine) moraju težiti tome da izabrana struktura prinosa nije u raskoraku s opštim tendencijama kretanja potreba na četinarskom drvetu.

Pri izboru strukture prinosa za preborne sastojine bijelog bora u Bosni nismo raspolagali nikakvim podacima o strukturi prinosa u dosadašnjem gazdovanju šumama bijelog bora u Bosni. Preborne sastojine bijelog bora u Bosni i ne postoje a podaci o prinosu prebornih sastojina bijelog bora koje se spominju u literaturi (navodi u poglavlju III.1) ukoliko i postoje, nisu nam bili dostupni. Morali smo posegnuti za podacima o prinosu (a naročito o njegovoj strukturi) jednodobnih sastojina bijelog bora koji se nalaze u prinosnim tablicama. Pri tome smo usvojili Matićeva shvatanja o strukturi prinosa sastojine grupimičnog prebornog oblika gazdovanja, razvijena u njegovom najnovijem radu (Matić, 1963).

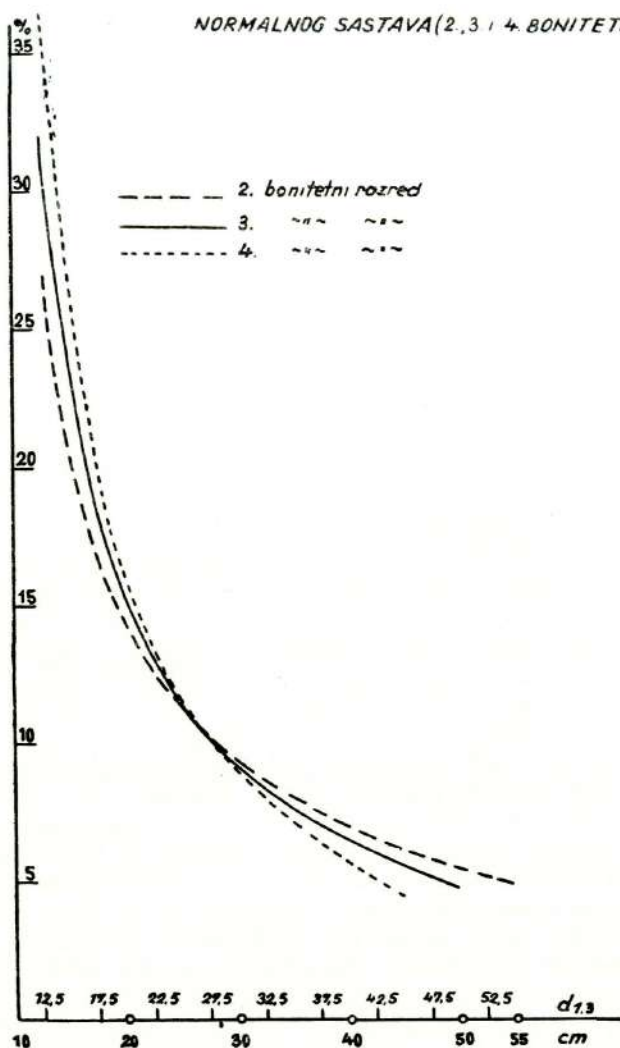
Matić je došao do zaključka da raspodjela stabala prinosa sastojina kojima se gazduje grupimičnim prebornim gazdovanjem grafički predstavlja krivu liniju »koja kontinuelno opada u tanjim debljinskim stepenima strmo a prema jačim debljinskim stepenima sve blaže i blaže«. Ta linija u velikoj mjeri odgovara raspodjeli stabala prinosa jednodobne sastojine u kojoj bi se u toku produkcionog perioda provodile najprije umjerene, zatim jake i, na kraju, svijetle prorede — kako se u stvari i predviđa za pojedine grupe koje će i činiti grupimičnu prebornu sastojinu. (Matić, 1963).

Strukture prinosa jednodobnih sastojina bijelog bora po bonitetima konstruisali smo na osnovu podataka prinosnih tablica Wiedemann-Schobera za bijeli bor i umjerenu proredu. Prethodno smo ustanovili, upoređujući naše visinske krivulje iz bonitetnog snopa sa srednjim visinama po bonitetima u tablicama prinosa, da se naš 2. bonitetni razred nalazi otprilike između 1. i 2. bonitetnog razreda po tablicama prinosa; naš 3. između 3. i 4. pri čemu je bliži 4. po prinosnim tablicama; naš 4. najbliži je 5. po prinosnim tablicama a naš 5. bonitetni razred odgovara 6. bonitetnom razredu po navedenim tablicama.

Pred nas su sad iskrsla dva problema: koji dio krivulja strukture prinosa po tablicama za umjerenu proredu usvojiti i za naše preborne sastojine i kako doći do podataka o rasturanju stabala glavne sječe jednodobne sastojine, naročito do dimenzija najdebljih stabala, koje, opet, treba da su u skladu sa najpovoljnijom gornjom granicom debljine (najjačim debljinama) do kojih će se uzgajati stabla u našim prebornim sastojinama bijelog bora u Bosni. Prinosne tablice, kao što je poznato, daju podatke o srednjim prečnicima i broju stabala proreda a ne o rasporedu stabala po debljini ni za prorede niti za sastojinu glavne (konačne) sječe. Najprije smo riješili drugi problem. Na osnovu podataka o razdiobi frekvencija broja stabala po debljini za sastojine bijelog bora različitih starosti i boniteta za neka područja NjDR koje je saopštio W. Erteld (Erteld, 1957) i nekih podataka o tzv. normalnim razdiobama frekvencija broja stabala sastojine bijelog bora od G. Mitscherlicha (Mitscher-

PROCENTUALNA DEBLJINSKA STRUKTURA PRINOSA SASTOJINA BIJELE BORA

NORMALNOG SASTAVA (2, 3 i 4. BONITETNI RAZRED)



Grafikon br. 28

lich, 1939), koje takođe navodi Erteld, i usvojenih maksimalnih prečnika naših sastojina, konstruisali smo desni, veći dio krivulja prinosa za naše bonitetne razrede 2, 3. i 4. Istovremeno smo, vodeći računa o tome da tok krivulja prinosa bude kontinuelan i da s jakim proredama treba početi prije polovine produkcionog perioda (debljine koje stabla postižu u polovini produkcionog perioda u jednodobnim sastojinama bili smo označili na grafikonima), pomicali i dio krivulja prinosa kojima se produžuje desni krak i spaja sa lijevim



— početnim dijelom koji odgovara strukturi prinosa pri provođenju umjerene prorede u najtanjim stepenima iznad taksacione granice. Time smo riješili i navedeni prvi problem. Rezultat toga rada su krive linije (procentualne) debljinske strukture prinosa za grupimične preborne sastojine bijelog bora u Bosni 2, 3. i 4. bonitetnog razreda (grafikon br. 28).

Po našoj ocjeni, oblik tih krivih linija i njihova strmost obezbjeđuju sjećom dovoljnog broja stabala u tanjim debljinskim stepenima potreban stepen njege, i uz intenzivnije sječe stabala ispod taksacione granice, o čemu smo ranije govorili, uz ostale mjere njege i selekcije, bolji kvalitet stabala najjačih debljinskih stepena kako u sastojini tako i njenom prinosu.

#### 4. KONSTRUKCIJA NORMALNOG SASTAVA (STANJA)

Izbor osnovnih-polaznih taksacionih elemenata normalnog sastava određuje i metod konstrukcije normalnog stanja (normale), i obrnuto. Odlučivši se da struktura prinosa bude osnovni element normale, mi smo se ujedno opredijelili i za onu grupu metoda koja koristi podatke o prinosu pri konstrukciji normale. Pri tome smo se odlučili za Prodanov metod konstrukcije normale. Po ovom metodu dobija se debljinska struktura sastojine (uravnoteženi niz stabala) za stanje neposredno poslije sječe (na početku turnusa), a jednostavnim dodavanjem broja stabala prinosa broju stabala poslije sječe — po debljinskim stepenima — dobija se i debljinska struktura neposredno pred sječom (na kraju turnusa).

Prodanova formula za određivanje broja stabala poslije sječe, kao što je poznato, glasi:

$$n_{x-1} = n_x \cdot \frac{Z_x}{Z_{x-1}} + \frac{m_x \cdot b}{Z_{x-1} \cdot T}$$

U formuli su obilježeni sa:

$n$  broj stabala u debljinskom stepenu za stanje neposredno poslije sječe,

$m$  broj stabala prinosa po debljinskim stepenima u toku turnusa,

$Z$  tekući debljinski prirast,

$b$  širina debljinskog stepena,

$T$  dužina turnusa.

Broj debljinskog stepena, odnosno pripadnost gornjih veličina datom debljinskom stepenu, u formuli se označava indeksom: 1, 2, 3, . . . . .,  $x-1$ ,  $x$ .

U formuli su poznate veličine  $b$  i  $T$ . Širina debljinskog stepena je 5.0 cm, a dužina turnusa je 10 godina. Veličine tekućeg debljinskog prirasta po debljinskim stepenima za sastojine normalnog sastava odredili smo ranije po našim tablicama taksacionih elemenata. Tablični ulazi za ovo određivanje su ujedno taksacioni elementi normalne sastojine (bonitetni razred staništa, sklop sastojine, omjer smjese i srednji prečnik sastojine) za stanje pred sječom. Svi

ovi elementi su definitivno utvrđeni za normalno stanje izuzev srednjeg prečnika sastojine — čiju smo veličinu samo približno procijenili, a njegovu pravu vrijednost dobićemo tek nakon konstrukcije uravnoteženog niza stabala za stanje pred sječju (na kraju turnusa). Ukoliko se po formuli dobije niz stabala (debljinska struktura sastojine) čiji se srednji prečnik razlikuje od procijenjenog srednjeg prečnika, postupak se mora ponavljati do njihovog ujednačavanja.

Broj stabala prinosa po debljinskim stepenima i ukupno dobijamo pomoću usvojene strukture prinosa i veličine tekućeg zapreminskog prirasta za sastojinu normalnog sastava. Taj broj treba linearno povećati ili smanjiti tako da ukupna zapremina stabala prinosa bude jednaka normalnom tekućem zapreminskom prirastu. Kako smo normalni tekući zapreminski prirast odredili po našim tablicama pomoću istih tabličnih ulaza kao i debljinski prirast, uz pretpostavljeni srednji prečnik sastojine, to i za zapreminski prirast — odnosno broj stabala prinosa po stepenima i ukupno za sastojinu, važi isto ono što je rečeno ranije za debljinski prirast: ukoliko se po formuli dobije niz stabala (struktura sastojine) čiji se srednji prečnik pred sječju razlikuje od procijenjenog srednjeg prečnika, postupak se mora ponavljati do njihovog ujednačenja.

Pri konstrukciji normale po Prodanovoj formuli postupak počinje od predzadnjeg debljinskog stepena (označenog indeksom  $x-1$ ). To je neophodno iz prostog razloga što je (pri takvom načinu rada) onda poznata i veličina  $n_x$ , tj. broj stabala poslije sječje u zadnjem, najjačem debljinskom stepenu — koja je očito jednaka nuli. (Prilikom sječje u najdebljem stepenu — sijeku se sva stabla!). Sam postupak nije komplikovan. Iz formule se vidi da je, počevši od predzadnjeg debljinskog stepena, potrebno, pored uvrštavanja podataka o debljinskom prirastu i prinosu, uvijek izračunati  $n_x$  — broj stabala (poslije sječje) prethodnog jačeg debljinskog stepena. Jedan primjer izračunavanja uravnoteženog niza stabala može se naći u već spominjanom radu Matića (Matić, 1963), te ovdje nema potrebe za donošenjem novog primjera.

Izvršivši nekoliko ponavljanja računa, uspjeli smo uskladiti ranije spomenute razlike između procijenjenog srednjeg prečnika sastojine i srednjeg prečnika sastojine koji se dobiva iz uravnoteženog niza stabala po Prodanovoj formuli. Pri tom usklađivanju promijenili smo veličine srednjeg prečnika sastojine za 3. i 4. bonitetni razred, tako da su definitivni srednji prečnici sastojine sljedeći:

Bonitetni razred staništa	2.	3.	4.
Srednji prečnik sastojine normalnog sastava	23,0	21,9	20,5 cm.*)

Pošto imamo definitivne veličine svih polaznih taksacionih elemenata normalnog sastava, možemo sada prikazati izravnati »normalni« debljinski prirast te vremena prelaza i relativne starosti po debljinskim stepenima za 2, 3. i 4. bonitetni razred. To smo uradili u tabeli 8. Debljinski prirast prikazali smo i grafički (grafikon br. 29).

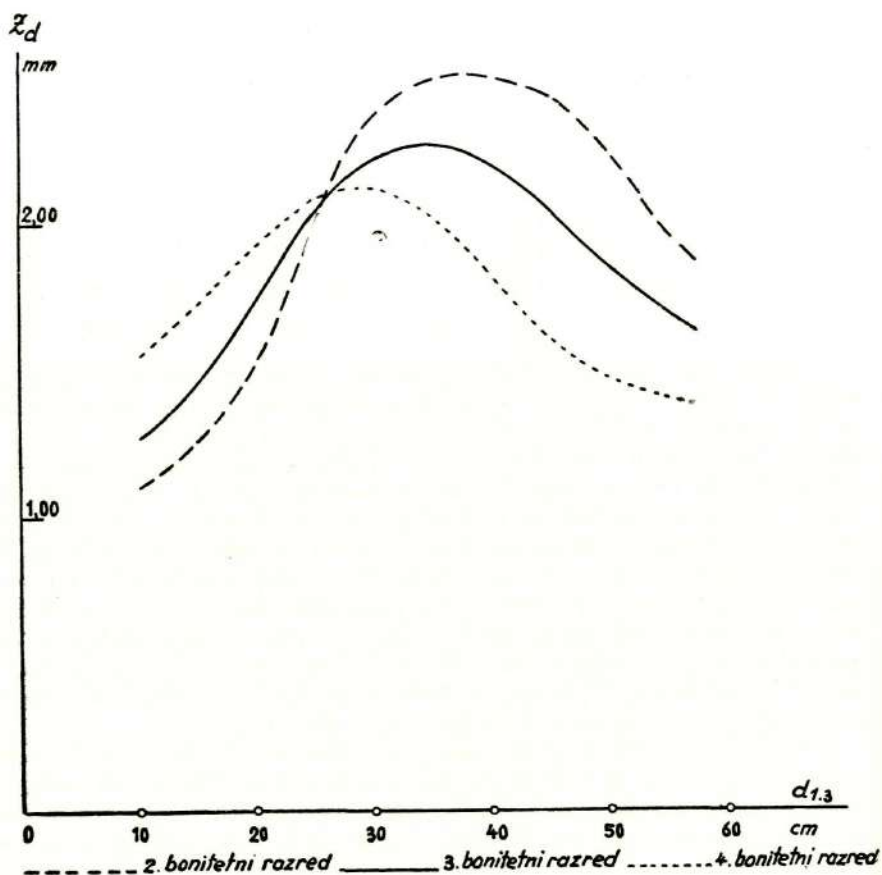
\*) Za bonitete s promijenjenim srednjim prečnikom sastojine izvršili smo ponovo određivanje maksimalnog prečnika (najjačeg debljinskog stepena). Taj račun nije dao rezultate koji bi bitno mijenjali već usvojene procjene.

Tabela 8.

Debljina stabla u cm	Bonitetni razred								
	2. 3. 4.			2. 3. 4.			2. 3. 4.		
	Debljinski prirast mm			Vrijeme prelaza godina			Relativna starost godina		
10,0	1,13	1,25	1,51	22,1	20,0	16,0	0	0	0
12,5	1,24	1,41	1,65	40,3	35,5	30,3	22	20	17
17,5	1,52	1,69	1,86	32,9	29,6	26,9	62	55	47
22,5	2,00	1,98	2,00	25,0	25,3	25,0	95	85	74
27,5	2,37	2,15	2,04	21,1	23,3	24,5	120	110	99
32,5	2,49	2,21	1,94	20,1	22,6	25,8	141	133	124
37,5	2,50	2,15	1,75	20,0	23,3	28,6	161	156	150
42,5	2,43	1,99	1,55	20,6	25,1	32,3	181	179	179
47,5	2,23	1,81	1,43	22,4	27,6	35,0	202	204	211
52,5	1,96	1,66	1,36	25,5	30,1	36,8	224	232	246
							250	262	283

Ostaje nam još da dobijene normalne zapremine (zapremine sastojina normalnog sastava) uporedimo i uskladimo sa zapreminama po našim tablicama za zapreminu sastojina bijelog bora (Matić i dr., 1963, tablice 13.1). Naime, pri konstrukciji normalnog stanja mi smo koristili tablice debljinskog prirasta stabala i tablice zapreminskog prirasta sastojine. Iz ranijih izlaganja vidjeli smo da su korelacione analize taksacionih elemenata, iako na istom osnovnom materijalu, vršene odvojeno — svaka za sebe i dalje različite rezultate o jačini korelacionih veza između taksacionih elemenata — tabličnih ulaza i datog taksacionog elementa. Za eventualna neslaganja dobijenih normalnih zapremina i zapremina određenih po tablicama (pomoću taksacionih elemenata normalnog stanja — kao tabličnih ulaza) treba, pored ostalog, tražiti uzroke i u toj činjenici. Pri tome svakako treba više povjerenja dati onim rezultatima čije su korelacione veze jače — određeniije.

Tablične zapremine za naše sastojine normalnog sastava za sva tri bonitetna razreda znatno su veće od zapremina dobijenih po Prodavnom postupku. Kako je zapremina sastojine i zapreminski prirast sastojine po našim korelacionim analizama određena tačnije od debljinskog prirasta (korelacioni koeficijent za zapreminu iznosi 0,90, za zapreminski prirast 0,84 a za debljinski prirast 0,56), mi smo, u skladu i s Matićevim razmatranjima o ovom problemu (Matić, 1963), došli do zaključka da treba izvršiti korekcije normalnog debljinskog prirasta i tako uskladiti normalne zapremine s tabličnim zapreminama. Ta korekcija se, u stvari, svodi na procentualno smanjenje debljinskog prirasta, jer se po Prodavnoj formuli sa manjim debljinskim prirastom, uz ostale iste elemente, dobijaju veće normalne zapremine. Pri toj korekciji očito je da se postupak konstrukcije uravnoteženog niza stabala mora ponavljati nekoliko puta. Olakšica je svakako u činjenici, koju navodi Matić u citiranom radu, da smanjivanje ili povećavanje debljinskog prirasta ne povlači za sobom velike promjene u veličini srednjeg prečnika sastojine (Razlike od jednog milimetra u srednjim prečnicima sastojine prije i poslije korekcije mi smo čak



Grafikon br. 29

i zanemarili s obzirom na tačnost procjene ostalih taksacionih elemenata i zaokružavanja prečnika na 1 cm pri izradi tablica taksacionih elemenata).

Opisanim postupkom dobili smo uravnotežene nizove broja stabala čije su se zapremine (ukupne zapremine sastojine) i zapreminski prirast slagali sa tabličnim veličinama (naravno, uz iste taksacione elemente kao tablične ulaze). Dobijene nizove usvojili smo kao konačne, tj. oni nam predstavljaju uravnotežene nizove broja stabala prije sječe (na kraju turnusa) za čiste sastojine bijelog bora grupimičnog prebornog oblika gazdovanja za područje Bosne.

Te nizove broja stabala, uz podatke o temeljnicama i zapreminama\* koje im odgovaraju, dali smo u tabelama 9—11. i prikazali grafički na grafikonima br. 30 i 31

Struktura sastojine normalnog sastava za 2. bonitetni razred

Tabela 9.

Debljinski stepen	Broj stabala			Temeljnica (u m <sup>2</sup> )			Zapremina (u m <sup>3</sup> )		
	Na početku turnusa n <sub>x</sub>	Prinosa m <sub>x</sub>	Na kraju turnusa n <sub>x</sub> + m <sub>x</sub>	Na početku turnusa G <sub>x</sub>	Prinosa g <sub>x</sub>	Na kraju turnusa G <sub>x</sub> + g <sub>x</sub>	Na početku turnusa V <sub>x</sub>	Prinosa v <sub>x</sub>	Na kraju turnusa V <sub>x</sub> + v <sub>x</sub>
52,5	0	4,57	4,57	0	0,99	0,99	0	12,93	12,93
47,5	11,93	5,24	17,17	2,11	0,93	3,04	26,72	11,24	38,46
42,5	23,53	5,78	29,31	3,34	0,82	4,16	40,48	9,94	50,42
37,5	36,35	6,58	42,93	4,01	0,73	4,74	46,53	8,42	54,95
32,5	51,95	7,67	59,62	4,31	0,64	4,95	47,27	6,98	54,25
27,5	73,75	9,01	82,76	4,37	0,54	4,91	44,99	5,50	50,49
22,5	113,55	11,16	124,71	4,52	0,44	4,96	40,99	4,03	45,02
17,5	192,64	14,79	207,43	4,64	0,36	5,00	36,60	2,81	39,41
12,5	306,66	23,92	330,58	3,78	0,29	4,07	20,23	1,58	21,81
Σ	810,36	88,72	899,08	31,08	5,74	36,82	303,81	63,93	367,74

Struktura sastojine normalnog sastava za 3. bonitetni razred

Tabela 10.

47,5	0	5,60	5,60	0	0,99	0,99	0	11,31	11,31
42,5	18,79	6,52	25,31	2,67	0,93	3,59	28,84	10,01	38,85
37,5	37,18	7,67	44,85	4,10	0,85	4,95	42,20	8,70	50,90
32,5	59,60	9,09	68,69	4,95	0,75	5,70	47,68	7,27	54,95
27,5	89,13	11,01	100,14	5,29	0,65	5,95	47,68	5,89	53,57
22,5	133,85	14,22	148,07	5,33	0,57	5,89	42,70	4,54	47,23
17,5	213,02	20,16	233,18	5,13	0,49	5,62	34,08	3,23	37,31
12,5	350,32	34,95	385,27	4,31	0,43	4,74	18,92	1,89	20,80
Σ	901,89	109,22	1011,11	31,78	5,66	37,43	262,10	52,84	314,92

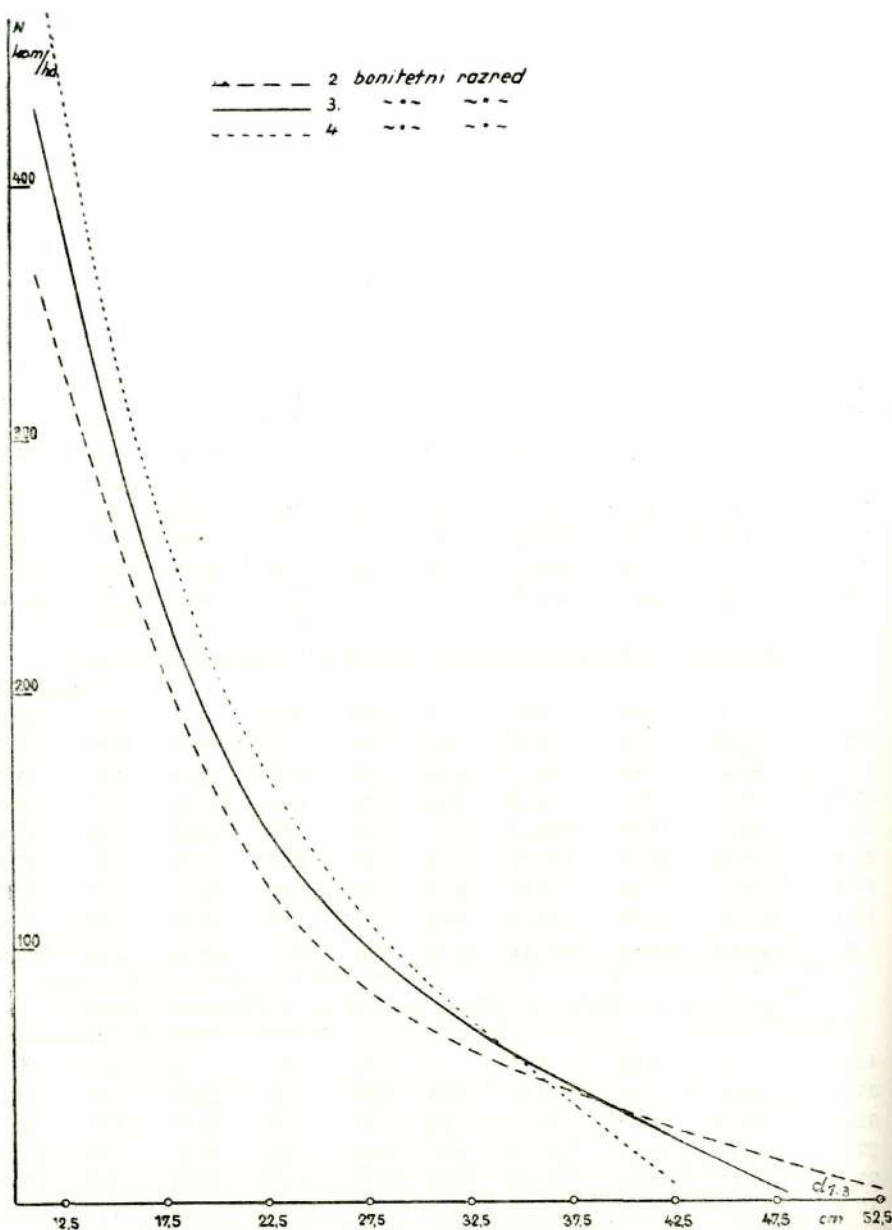
Struktura sastojine normalnog sastava za 4. bonitetni razred

Tabela 11.

42,5	0	6,92	6,92	0	0,98	0,98	0	9,48	9,48
37,5	29,39	8,79	38,18	3,24	0,97	4,21	29,54	8,83	38,37
32,5	60,09	11,00	71,09	4,99	0,91	5,90	42,67	7,81	50,48
27,5	96,97	13,82	110,79	5,76	0,82	6,58	45,57	6,50	52,07
22,5	150,45	18,53	168,98	5,99	0,74	6,73	40,92	5,04	45,96
17,5	235,03	27,95	262,98	5,67	0,67	6,34	31,15	3,70	34,85
12,5	389,92	49,94	439,86	4,80	0,61	5,41	17,54	2,25	19,79
Σ	961,85	136,95	1098,80	30,45	5,70	36,15	207,39	43,61	251,00

\*) Zapremine po debljinskim stepenima računali smo po zapreminskim tablicama za bijeli bor, koje smo sastavili na osnovu naših prosječnih visina po bonitetnim razredima i Schwappachovih zapreminskih tablica za bijeli bor. Postupak pri izradi naših zapreminskih tablica opisali smo ranije (Dio I, poglavlje 1.4).

DEBLJINSKA STRUKTURA SASTOJINA BIJELOG BORA NORMALNOG SASTAVA



Grafikon br. 30

Pored toga, prikazali smo grafički, radi olakšanja analize, i procentualnu strukturu temeljnica i zapremina prema debljini stabala za stanje prije sječe (na kraju turnusa) (grafikon br. 32).

SASTOJINE BIJELOG BORA NORMALNOG SASTAVA

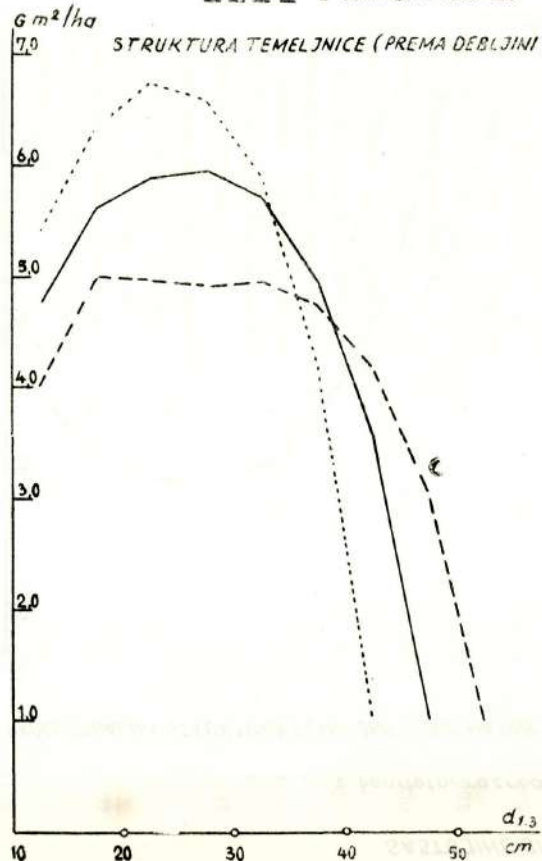
----- 2. bonitetni razred

————— 3. bonitetni razred

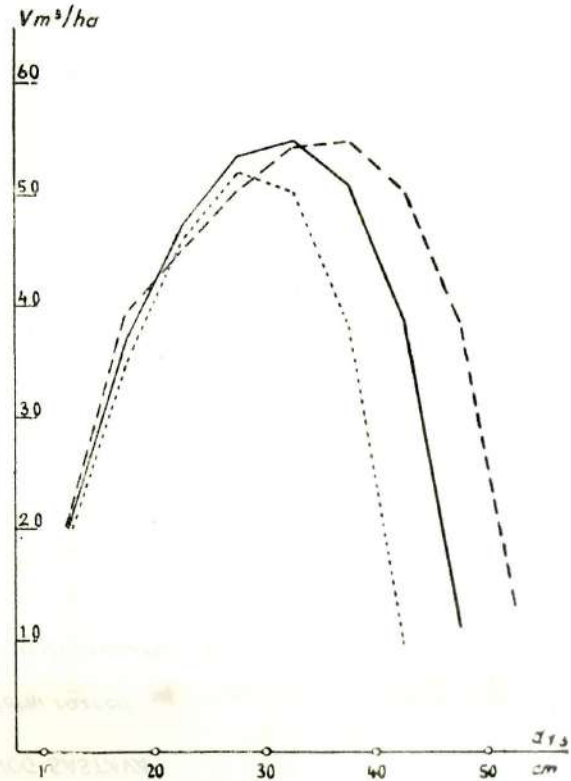
----- 4. bonitetni razred

11

STRUKTURA TEMELJNICE (PREMA DEBLJINI STABALA)



STRUKTURA ZAPREMINE (PREMA DEBLJINI STABALA)



161

Grafikon br. 31

## SASTOJINE BIJELOG BORA NORMALNOG SASTAVA

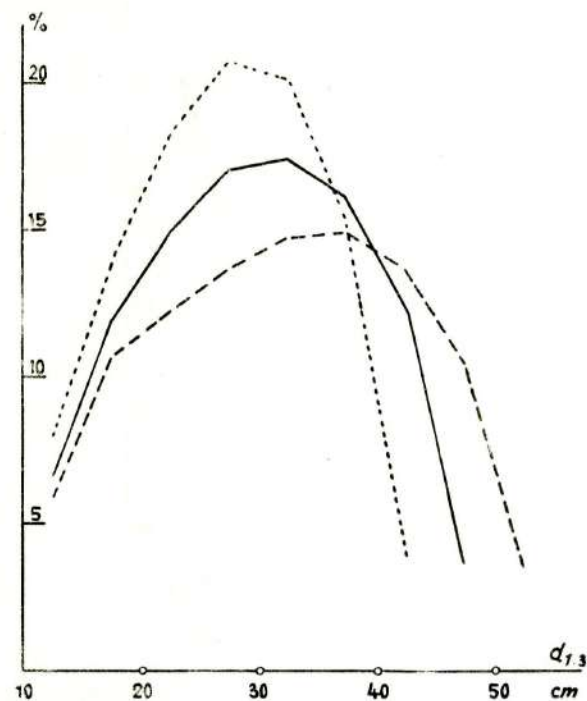
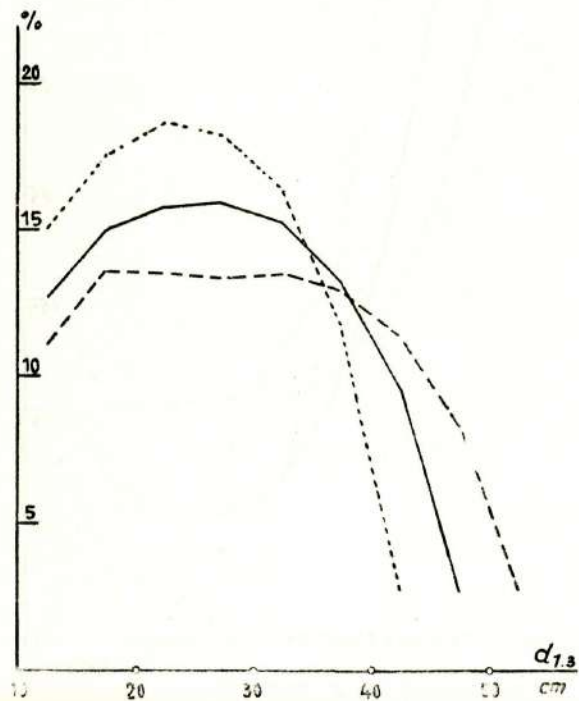
- - - - - 2. bonitetni razred

————— 3. bonitetni razred

- - - - - 4. bonitetni razred

PROCENTUALNA STRUKTURA TEMELJNICE (PREMA DEBLJINI STABALA)

PROCENTUALNA STRUKTURA ZAPREMINE (PREMA DEBLJINI STABALA)





#### 4.1. Pregled taksacionih elemenata sastojina bijelog bora normalnog sastava i karakteristike (odnosi) nekih elemenata

U dosadašnjim izlaganjima opisali smo metod rada i dali rezultate — konstrukciju normala čistih sastojina bijelog bora u Bosni za grupimično-preborni oblik gazdovanja. Iz izlaganja proizilazi da su dobivene veličine taksacionih elemenata normalnog stanja, po prirodi stvari, samo približna procjena i ne treba je shvatiti matematički precizno, kruto, nego kao neophodnu i najbolju moguću orijentaciju. Mi ćemo stoga ovdje dati sve dobivene elemente u jednom pregledu, zaokružene do izvjesnog stepena, a onda izvršiti neke analize odnosa pojedinih taksacionih elemenata i upoređenja sa elementima drugih autora, odnosno za druge vrste drveća.

#### Pregled taksacionih elemenata sastojine bijelog bora normalnog sastava

##### A. Osnovni taksacioni elementi normalnog sastava:

	2.	3.	4.
1. Bonitetni razred staništa			
2. Stepen sklopa sastojine prije sječe (na kraju turnusa)	0,67	0,65	0,62
3. Najjači debljinski stepen u sastojini	52,5	47,5	42,5
4. Prinos u m <sup>3</sup> /ha/ 10 godina	64	53	44

##### B. Ostali taksacioni elementi normalnog sastava

1. Broj stabala sastojine prije sječe (na kraju turnusa) po 1 ha	899	1011	1099
Broj stabala sastojine poslije sječe (na početku turnusa) po 1 ha	810	902	962
Broj stabala sastojine u sredini turnusa po 1 ha	855	956	1030
2. Temeljnica sastojine prije sječe (na kraju turnusa) u m <sup>2</sup> /ha	37	37	36
Temeljnica sastojine poslije sječe (na početku turnusa) u m <sup>2</sup> /ha	31	32	30
Temeljnica sastojine u sredini turnusa u m <sup>2</sup> /ha	34	35	33
3. Zapremina sastojine prije sječe (na kraju turnusa) u m <sup>3</sup> /ha	368	315	251
Zapremina sastojine poslije sječe (na početku turnusa) u m <sup>3</sup> /ha	304	262	207
Zapremina sastojine u sredini turnusa u m <sup>3</sup> /ha	336	288	229
4. Broj stabala prinosa po 1 ha	89	109	137
5. Temeljnica prinosa u m <sup>2</sup> /ha	6	6	6

Za preborne sastojine utvrđena je zavisnost između strukture zapremine sastojine, s jedne strane, i strukture prinosa odnosno tekućeg prirasta, s druge strane. Pored toga je konstatovano da se prirast i prinos preoborne sastojine, iako jednaki po količini, znatno razlikuju po svojoj strukturi a i od strukture zapremine sastojine. Pri tome je struktura prirasta pomjerena „ulijevo“ u odnosu na strukturu zapremine, a struktura prinosa „udesno“ (Matić, 1963).

Radi ilustracije da li za konstruisane normale bijelog bora važe konstatovane zavisnosti odredili smo tekući zapreminski prirast naših normala po debljinskim stepenima i izračunali njegovu procentualnu strukturu. Tekući prirast normale po debljinskim stepenima odredili smo na način kojim se određuje taj prirast pri kontrolnom metodu uređivanja šuma. Pri tome smo stanje (niz) broja stabala poslije sječe uzeli kao stanje na početku perioda, a stanje (niz) broja stabala prije sječe kao stanje na kraju priraštajnog perioda. Razlika u ukupnom broju stabala ova dva stanja (u stvari broj stabala prinosa) je broj stabala koji u toku priraštajnog perioda (ovdje i turnusa) uraste u sastojinu. Da ne bi došlo do pogrešaka zbog zaokružavanja stabala (u normalama iskazanih na dvije decimale), prirast smo računali za površinu od 100 ha. Jasno je da svodenje prirasta po debljinskim stepenima na 1 ha i izračunavanje procentualne strukture nije zbog toga ni najmanje otežano.

Dobijeni prirast i njegova procentualna struktura po debljinskim stepenima za pojedine bonitete iskazan je u tabeli 12.

Tabela 12.

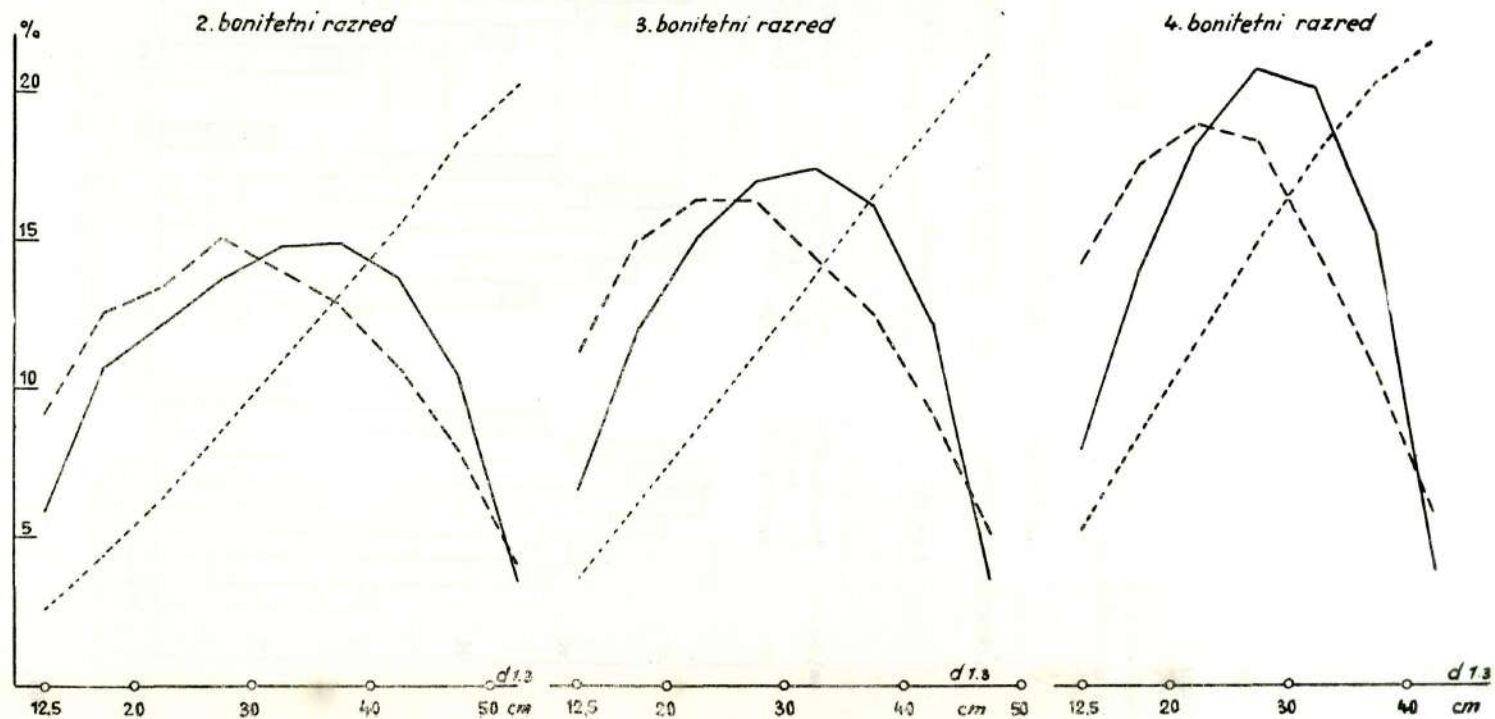
Debljinski stepen cm	Bonitetni razred staništa					
	2.		3.		4.	
	Tekući prirast zapremine sastojine					
	u m <sup>3</sup> /100 ha	% struk- tura	u m <sup>3</sup> 100 ha	% struk- tura	u m <sup>3</sup> /100 ha	% struk- tura
12,5	585,6	9,2	589,8	11,2	616,3	14,1
17,5	803,5	12,6	787,3	14,9	761,3	17,5
22,5	855,2	13,4	860,3	16,3	823,9	18,9
27,5	967,4	15,1	861,6	16,3	802,5	18,4
32,5	895,2	14,0	765,3	14,5	641,0	14,7
37,5	820,3	12,8	663,0	12,5	463,4	10,6
42,5	686,0	10,7	484,8	9,2	252,6	5,8
47,5	510,1	8,0	271,6	5,1	—	—
52,5	269,6	4,2	—	—	—	—
Σ	6392,9	100,0	5283,7	100,0	4361,0	100,0

Procentualne strukture zapreminskog prirasta po debljinskim stepenima od po 5 cm za pojedine bonitetne razrede iskazane u gornjoj tabeli grafički smo prikazali zajedno sa takvim strukturama zapremine prije sječe i strukturama prinosa (grafikon br. 33). Iz tog grafičkog prikaza lako se uočava slijedeće: strukture zapremine prije sječe i strukture prirasta predstavljene su grafovima

SASTOJINE BIJELOG BORA NORMALNOG SASTAVA

PROCENTUALNA STRUKTURA ZAPREMINE PRIJE SJEČE (——) TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA (— — —) I PRINOSA (.....)

(PREMA DEBLJINI STABALA)



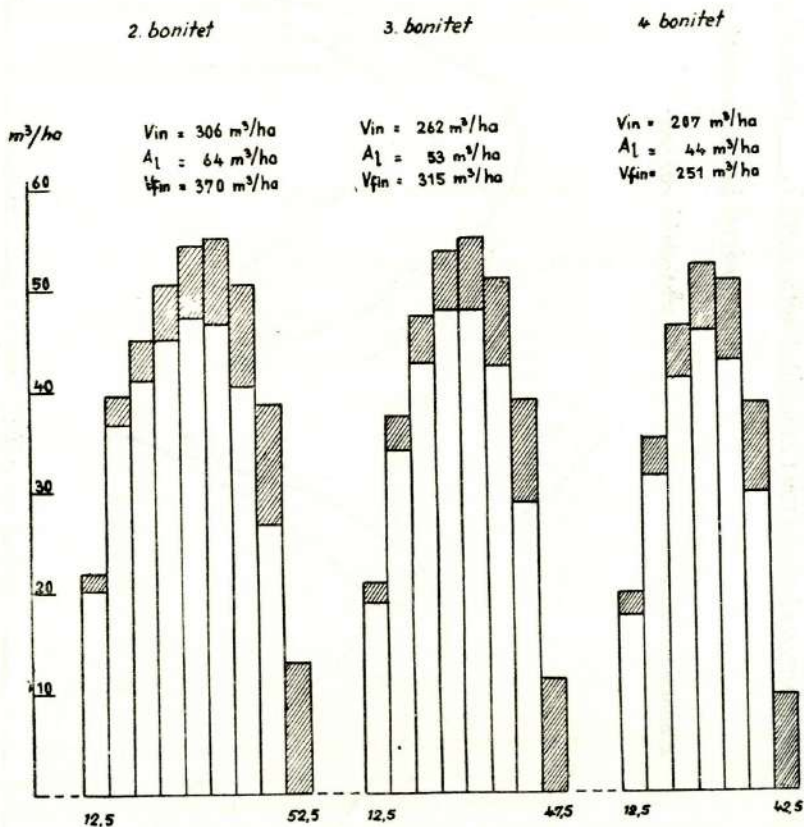
Grafikon br. 33

sličnog oblika, ali su strukture prirasta pomaknute „ulijevo“ od strukture zapremine (kulminacije linija struktura prirasta u tanjim debljinskim stepenima). Strukture prinosa (koji je po ukupnoj zapremini drveta jednak prirastu) predstavljene su linijama koje se stalno penju s rastućim (jačim) debljinskim stepenom. Iako strukture prinosa nisu izražene krivom linijom istog oblika (kao strukture prirasta i zapremine), one su ipak pomjerene »udesno« u odnosu na strukture zapremine, te je očigledno da je u konstruisanim normalama došla do izražaja ranije konstatovana zavisnost između strukture zapremine, prirasta i prinosa preborne sastojine.

Pomjeranje strukture prinosa „udesno“ u odnosu na strukturu zapremine vidi se i na grafikonu br. 34, gdje je prikazana struktura zapremine prije i poslije sječe i odgovarajućeg prinosa po debljinskim stepenima za bonitetne razrede 2, 3. i 4. (Oznake na grafikonu su prema oznakama prof. Miletića za iste elemente).

### SASTOJINE BIJELOG BORA NORMALNOG SASTAVA

#### STRUKTURA ZAPREMINE PRIJE I POSLIJE SJEČE I PRINOSA (PREMA DEBLJINI STABALA)



Grafikon br. 34

Upoređenje normala do kojih smo došli u ovom radu s normalama drugih autora biće u velikoj mjeri ograničenog karaktera. Koliko nam je poznato, nema konstruisanih normala za bijeli bor s kojim se gazduje prebornim oblikom gazdovanja. Upoređenja su donekle jedino moguća sa normalnom jednodobnom sastojinom bijelog bora iz prinostnih tablica. U pogledu upoređenja s normalama drugih vrsta drveća dolazi u obzir orijentaciono upoređenje s normalama vrsta drveća svjetlosti (crni bor i hrast) ukoliko su izgrađene za preborni oblik gazdovanja i izvjestan osvrt na normale za smrću, koja u Bosni često čini mješovite sastojine sa bijelim borom.

Normalna sastojina bijelog bora prebornog oblika gazdovanja, 3. bonitetnog razreda, sklopa 0,65 i srednjeg prečnika sastojine 22 cm ima zapreminu prije sječe 315 m<sup>3</sup>/ha a poslije sječe 262 m<sup>3</sup>/ha i tekući prirast zapremine 5,3 m<sup>3</sup>/ha. Jednodobna sastojina bijelog bora pravilne visoke šume, po tablicama Wiedemann-Schobera uz umjerenu proredu 4. bonitetnog razreda i produkcionni period od 120 godina\* ima zapreminu krupnog drveta 241 m<sup>3</sup>/ha i tekući prirast 3,2 m<sup>3</sup>/ha. Uz sva ograničenja nužna pri ovakvim poređenjima vidi se da je i zapremina naše normale (za oko 30%) a naročito njen tekući prirast (za oko 60%) veća od istih veličina po prinostnim tablicama. Situacija se ne mijenja mnogo ako se obje sastojine uporede po srednjim prečnicima. Srednji prečnik naše normale postiže jednodobna sastojina odgovarajućeg boniteta u starosti od 100—105. U tom slučaju njena zapremina se bitno ne razlikuje (opet je oko 240 m<sup>3</sup>/ha), jedino je tekući prirast sada nešto veći — oko 3,6 m<sup>3</sup>/ha.

Drinićeve normale za preborne sastojine crnog bora u Bosni imaju sliedeće veličine taksacionih elemenata:

bonitetni razred staništa	2.0	3.0	4.0
stepen sklopa sastojine prije sječe	0,7	0,7	0,7
srednji prečnik sastojine prije sječe, u cm	23	22	20
najjači debljinski stepen u sastojini, u cm	52,5	47,5	42,5
broj stabala sastojine prije sječe, po 1 ha	776	810	815
temeljnica sastojine prije sječe, u m <sup>2</sup> /ha	33	31	26
zapremina sastojine prije sječe, u m <sup>3</sup> /ha	304	240	166
broj stabala prinosa — po 1 ha za 10 god.	126	124	123
zapremina prinosa — u m <sup>3</sup> /ha za 10 godina	54	42	29

Upoređenje naših normala sa normalama za crni bor donekle je opravdano zbog približno jednakih srednjih prečnika sastojine i jednakih najjačih deb-

\* Bonitetni razred 4. po prinostnim tablicama odgovara otprilike našem 3. razredu a uz produkcionni period od 120 godina u jednodobnoj šumi mogu se postići dimenzije najdebljih stabala otprilike iste ili nešto niže od najjačeg debljinskog stepena za naš 3. bonitetni razred!

ljinskih stepena (po bonitetima). Upoređenje otežava veći sklop Drinićevih normala i nejednakost u značenju bonitetnog razreda (naši bonitetni razredi su za oko pola bonitetenog polja viši od Drinićevih!).

Rezultat upoređenja: Veličine zapremine, temeljnice, broja stabala sastojine i prirasta (prinosa) su znatno veće u našim normalama; jedino broj stabala prinosa u našim normalama jako zavisi od bonitetnog razreda i za 2. i 3. bonitetni razred manji je nego u Drinićevim normalama.

Matićeve normale za hrastove preborne šume u Bosni (Matić, 1963) teško je upoređivati s našim normalama za bijeli bor; bonitetni razredi hrastovih sastojina niži su od istih oznaka za sastojine bijelog bora gotovo za čitav bonitetni razred — I bonitetni razred hrasta odgovara 2. za bijeli bor, II trećem, a III bonitetni razred hrasta 4-tom za bijeli bor. Tako upoređene hrastove normale imaju manje sklopove sastojina, ali i znatno više najjače debljinske stepene 67,5, 62,5 i 57,5 cm. Zapremine normala za hrast ipak su znatno niže: 263 m<sup>3</sup>/ha, 178 m<sup>3</sup>/ha i 122 m<sup>3</sup>/ha; ova posljednja niža je za preko 50% od zapremine normale za bijeli bor odgovarajućeg boniteta.

Bonitetne krivulje za preborne sastojine smrče u Bosni imaju znatno drugačiji tok od naših bonitetnih krivulja za bijeli bor. Pa ipak, uslovno se može uzeti da našim bonitetnim razredima odgovaraju bonitetni razredi smrče niži za jednu bonitetnu klasu: drugom bonitetnom razredu za bijeli bor odgovara otprilike treći za smrču itd. To uglavnom važi za debljine iznad 40 cm. Ispod te debljine oznake bonitetnog razreda se uglavnom slažu a to je za naša upoređenja povoljnije. I sklopovi po bonitetima su približno jednaki. Upoređenja, istina, otežavaju veći granični prečnici normala za smrču (72,5, 67,5 i 57,5 cm), ali, uza sve ograde, može se konstatovati da su zapremine prije sječe u normalama za smrču (413 m<sup>3</sup>/ha, 333 m<sup>3</sup>/ha i 247m<sup>3</sup>/ha) dosta veće od zapremine normala za bijeli bor 2. i 3. bonitetnog razreda; zapremina prije sječe za 4. bonitetni razred u obje normale približno je jednaka.

U mješovitim sastojinama bijelog bora i smrče, koje su, pored čistih sastojina bijelog bora, poslužile takođe kao osnovni materijal za istraživanja taksacionih elemenata u ovom radu, smrčeva stabla su, po pravilu, za jedan bonitetni razred (bonitetnog snopa za smrču) niža od stabala bijelog bora. Ranije smo naveli da smo se pri bonitiranju služili, po pravilu, srednjim dijelom krivulje, tj. visinama stabala od 30—50 cm prsnog prečnika, dakle onim dijelom gdje se krivulje ovih dviju vrsta ne slažu odnosno gdje su bonitetni razredi za smrču za jednu bonitetnu klasu niži. U tom smislu trebalo bi upoređivati normale bijelog bora 2, 3. i 4. bonitetnog razreda sa normalama smrče 3, 4. i 5. bonitetnog razreda. Takve se, naime, mogu naći zajedno — na istom staništu. Rezultat upoređenja je onda drugačiji — zapremine prije sječe za 2. i 3. bonitetni razred bijelog bora su veće od odgovarajućih zapremina normala za smrču. Za 4. bonitetni razred bijelog bora ovo se upoređenje ne može izvršiti, jer ne postoji normala za smrču 5. bonitetnog razreda koja joj odgovara.

## TAXATIONSGRUNDLAGEN FÜR DIE BEWIRTSCHAFTUNG DER FÖHRENWÄLDER IN BOSNIEN

### Zusammenfassung

Im Jahre 1950, hat man in Bosnien und Herzegowina mit den systematischen Untersuchungen der Taxationselementen in Hochwäldern wirtschaftlich wichtiger Baumarten — in erster Linie der Tanne, Fichte und Buche begonnen (Matić 1955 u. 1956). Im Rahmen dieser Untersuchungen bei welchen ich einige Jahre als Mitarbeiter tätig war übernahm ich am Anfang des Jahres 1957 die selbständige Aufgabe — Taxationselementenuntersuchungen der Föhrenwälder in Bosnien. Terrainuntersuchungen — Auswahl und Taxationselementenvermessung 60 Probeflächen — sind im Laufe der Jahre 1957 und 1958, durchgeführt worden. In dieser Zeit sind auch die Berechnungen der Taxationselementen des Baumes und Bestandes durchgeführt (Ausgleich der Höhenkurven, Starkezuwachskurven, Kronenprojektion — und laufender Massenzuwachskurven pro horizontaler Kronenprojektionseinheit, sowie auch die Bestimmungen der Bestandesbaumzahl, Bestandesmassenvorrates, Bestandesmassenzuwachses nach Stärkestufen insgesamt und pro ha, als auch Bestandesmassenzuwachsprzent worden). Diese errechneten Taxationselemente stellen das Ausgangsmaterial dieser Arbeit dar.

### 1. Forstwirtschaftliche Bedeutung der Föhre für Bosnien und Herzegowina und die Aufgaben durchgeführter Untersuchungen

Die natürliche Verbeitung der Föhre in Rein- und Mischbeständen bezieht sich auf ein grosses Gebiet Bosnien und Herzegowina und spielt in ihrer Forstwirtschaft eine bedeutende Rolle. Die wirtschaftliche Bedeutung der Föhre spiegelt sich nicht nur in erheblichen Holzmassen und gesamten Holzmassenvorrat der Republik, sondern auch in der Pionierrolle der Föhre bei der Aufforstung der Brandflächen und Hutweiden, und besonders im Zusammenhang mit unseren neuen Strebungen, als Schnellwuchsholzart bei der Melioration erheblichen Flächen degradierten Wälder.

Bisher wurden in Bosnien keine Untersuchungen der Taxationselementen Föhrenwälder unternommen, so dass auch keine Angaben für einigermaßen reelle Planierungen und Wirtschaften mit diesen Wäldern vorhanden waren (Ausnahme sind die Angaben der regelmässigen Einrichtungarbeiten welche in der Wirtschaftsplänen vorhanden sind, aber welche sich hauptsächlich auf die Daten von der Baumhöhen und Bestandesmassen zurückführen). Das besondere Problem welches man lösen sollte stellte der Misserfolg stammweisen Plentierung dar, welches als allgemein offizielle Wirtschaftsform in unserer Republik auch für die Föhrenwälder angewendet wurde. Der Misserfolg kam besonders bei der Verjüngung der Föhrenbestände zum Ausdruck.

Angeführte Tatsachen haben die Aufstellung folgender Probleme bei dieser Arbeit bedingt:

1. Die Feststellung durchschnittlicher (wahrscheinlichsten) Grössen wichtiger Taxationselemente des Baumes und des Bestandes der Föhre und die Erfindung ihrer gegenseitigen Zusammenhänge.
2. Auf Grund der Resultate dieser Untersuchungen und waldbaulichen Eigenschaften der Föhre, die Auswahl günstigster Wirtschaftsform und die Feststellung des „Normalzustandes“ für die Föhrewälder Bosniens.

## 2. Charakteristik des Grundmaterials

Das Ausgangsmaterial dieser Untersuchungen stellen die Daten der Taxationselementengrössen des Baumes und Föhrebestandes auf 60 provisorischen Versuchsflächen der Föhre dar, welche in drei Hauptverbreitungsgebiete der Föhre in Bosnien gelegt (in südwestlichen Gebiet Bosniens: Dreieck Bugojin — Donji Vakuf — Kupres: 24 Versuchsflächen; östlich vom Bosnafluss im Einzugsgebiet von Krivaja und auf der Romanijahohebene; 27 und auf der Sjemeš-Hohebene, 9 Versuchsflächen).

Die Bestände in welchen die Versuchsflächen gelegt wurden, sind entweder reine Föhrebestände oder Mischbestände der Föhre mit anderen Baumarten (Fichte, Tanne, Traubeneiche oder Schwarzkiefer, abhängig von der Verbreitungsgebiete). Sie wachsen auf der Unterlage aller drei grossen Felsengruppen: Sedimente, Metamorphen und Eruptivgesteinen, aber überwiegend auf Dolomiten — und Kalksteinen (zirka 7/10). Die Bestände haben überwiegend Urwaldcharakteristiken, ungepflegt mit grossen Grundflächen und Holzmassenvorrat (über 20% Versuchsflächen haben die Grundfläche von 50 — 65 m<sup>2</sup> pro ha), erheblichen Bestockungsgrad, unvollständigen bis vollständigen Beschirmungsgrad (0,5 — 0,6 und 0,7 zirka 80% Versuchsflächen), binomische Stärke — und Höhenstruktur, welche meistens auf den Brandflächen früherer Rein- und Mischbeständen der Föhre und Fichte entstanden sind, auf der Rodedflächen und Hutweiden welche während der Kriegsperioden oder anderen grossen Störungen von der Bevölkerung verlassen wurden.

3. Angewandte Methodik (Auswahl der Versuchsflächen, Vermessung und Berechnung der Taxationselemente und die statistische Bearbeitung des Grundmaterials).

Das Hauptkriterium bei der Auswahl der Versuchsflächen war die Homogenität der Standortbedingungen (Exposition, Inklination, geologische Unterlage und Boden), dann gewisse Taxationselemente die man okular schätzen konnte (Höhenbonität, Beschirmungs- und Mischungsgrad) und die Zugehörigkeit der entsprechenden Pflanzengesellschaft. In einzelnen Untersuchungsgebieten und im Grundmaterial im Ganzen, strebten wir dabei nach, dass wir in Möglichkeitsgrenzen der Okularschätzung dieser Elemente, womöglich mehr Variabilität gewisser Taxationselemente (Standortbonität, Beschirmungsgrad, Bestandesmittelstamm und gewissermassen Mischungsgrad) umfassen. Die Betrachtungen der Grundmaterialcharakteristiken zeigen, dass diese Bestrebung erfolgreich durchgeführt wurde.

Die Grösse der Versuchsflächen variiert von 0,3 — 1,7 ha; beträgt im Durchschnitt etwa 1 ha und hängt von den Standortbedingungen und Taxationselementenvariabilität ab. Mit der Vermessung (ab 10 cm Brusthöhedurchmesser) wurden etwa 13.000 Föhrenbäume und über 8.000 Baume beigemischter Holzarten (Fichte, Schwarzkiefer, Traubeneiche, Tanne und andere) umfasst. Bei allen Stämmen wurden folgende Taxationselemente gemessen: Stärke, Höhe laufender Stärkezuwachs, Kronenprojektiondurchmesser, als auch die Schätzung der Intensität der gegenseitigen Überschirmung der Kronen. Für jede Versuchsfläche wurde folgendes berechnet: (Stärkestruktur des Bestandes) Höhenkurven — Massenkurven —, Stärkezuwachskurven — und Kronenprojektionskurvenausgleich, die Berechnung des laufenden Massenzuwachses und Massenzuwachsprozentes des Bestandes. Ausgleiche der Kronenprojektionskurven und die Berechnung der gesamten Fläche freier und überschirmter horizontalen Kronenprojektionen aller Bäume auf der Versuchsfläche. Summarische Da-



ten sind auf die Flächeneinheit — 1 ha umgerechnet. Die Daten der Taxationselemente sind in Tabellen II — VII angegeben.

Die bisherige Untersuchungen der Taxationselemente der Föhre, welche sich mangels einheimischer Untersuchungen, fast in ganzen auf fremde Untersuchungen beziehen (Abschnitt 3.2 Seite 21 — 26), zeigten, dass es fast gar nicht oder sehr wenig jener Untersuchungen gibt bei denen neue mathematisch — statistische Methoden und besonders multiple Korrelationsanalysen, angewandt wurden (Finische Arbeiten, Dafis Sp.).

Für die Feststellung und Schätzung der Taxationselementegrößen des Baumes und Föhrebestandes in Bosnien auf Grund der Größen jener Taxationselemente welche man direkt messen oder schätzen kann, wurde die Methode multipler Regression angewandt. Multiple Regression drückt sich mathematisch aus, als Funktion mehrerer unabhängigen Variablen allgemeiner Form:

$$Y = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

dessen Gleichung in endgültiger expliziten Form nach der Methode der kleinsten Quadrate gelöst wird.

Die Form der Gleichung multipler Korrelation hängt von der Form der Funktion unabhängiger Variablen ab.

Die angewandte Methode hat uns ermöglicht dass wir viele Neuigkeiten in gegenseitiger Beziehung der Taxationselemente entdecken.

Nur bei der Untersuchung der Baumhöhen, wegen ausgeprägt starker Korrelationsbeziehung zwischen der Höhe und Durchmesser des Baumes, wurde diese Methode nicht angewandt. Die Höhenkurven wurden graphisch ausgeglichen.

#### 4. Wichtigste Untersuchungsergebnisse

Bei der Untersuchung wurden folgende Taxationselemente umfasst:

##### I. Taxationselemente des Föhrebaumes

1. Baumhöhe
2. Laufender Stärkezuwachs
3. Baumschirmfläche
4. Baummassenzuwachs je Einheit der Kronenprojektion

##### II. Bestandestaxationselemente

1. Baumzahl
2. Massenvorrat
3. Laufender Massenzuwachs
4. Massenzuwachsprozent.

Die Lösung der zweiten Aufgabe (Kapitel III) — Auswahl günstiger Wirtschaftsform und Konstruktion des Normzustandes — folgte als Resultat Taxationselementeuntersuchungen.

#### I. Taxationselemente des Baumes

##### Baumhöhen

1. Wegen festgestellten Unstimmigkeiten zwischen Höhenbonitätskurven die heute in unserer Praxis angewandt werden und unseren Höhenkurven (60 Höhenkurven mit über 17.000 gemessenen Höhen) wurde die Änderung bestehenden Höhenbonitätskurven durchgeführt. Die Unterschiede in bezug auf ihren

Lauf sind aus dem Bilde ersichtlich (Grafikon 2). Die Notwendigkeit der Höhenbonitätskurvenveränderung wurde auch für andere Baumarten in Bosnien (Tanne, Fichte, Buche, Schwarzkiefer und Traubeneiche) festgesellt. Diese Änderung ist nach der Vergleichung mit etlichen Bonitätshöhenkurvensystemen (Šurić, Sirakov, Tjurin und Hohenadel — Grafikon 3—6) berechtigt.

2. Es wurde festgestellt dass der relative Einfluss des Standortsbonitäts auf die Baumhöhe bei allen Stärkestufen gleich ist, womit ähnliche Feststellungen von Matić (für Tanne, Fichte und Buche) und Drinić (für Schwarzkiefer) bestätigt sind. Damit hat, die frühere allgemeine Empfehlung der Benützung von Höhenkurvenanteile der oberen Stärkestufen zur Bonitierung, keine Berechtigung.

3. Die relative Vergleichung der Steiligkeit im Höhenkurvenverlauf der Föhre und Hauptbaumarten welche Mischbestände mit der Föhre bilden hat ein interessantes Resultat von der Beziehung ihrer Höhen auf dem Durchschnittsbonität ihren Bonitätsscalen gegeben (Tabelarische Übersicht auf der Seite 50). Diese Vergleichung ist noch ein Beweis vom Lichtverhältnis dieser Baumarten. (Tabelarische Übersicht auf der Seite 51). Die Daten in der Übersicht zeigen, dass die Höhenkurvensteilheit, auf diese Weise ausgedrückt, um so grösser ist je besser die Holzart die Beschattung erträgt.

### Stärkezuwachs

Multiple Korrelation und Regressionanalysen laufendem Stärkezuwachs sind nach Stärkestufen (15, 25, 35, 45 und 55 cm) in Abhängigkeit von folgenden Taxationselementen ausgeführt: Standortsbonität ( $x_1$ ), Beschirmungsgrad ( $x_2$ ), Durchmesser des Bestandesmittelstammes ( $x_3$ ) und Anteil der Föhre ( $x_4$ ). Bei der Aufstellung der Gleichungen multipler Korrelationen ist die Voraussetzung dass die Nettokorrelationen des Stärkezuwachses und entsprechenden unabhängigen Variablen durch eine gerade Linie ausgedrückt sind (Gleichungen 1 — 5). Die Korrelation des Stärkezuwachses und der Baumstärke wurden getrennt analysiert.

Die Resultate der Regressionanalysen zeigen: Der Stärkezuwachs sinkt mit der Standortsbonitätsverschlechterung (Ausnahme Stärke 15 cm), mit der Erhöhung des Beschirmungsgrades, Durchmesser des Bestandesmittelstammes und Anteil der Föhre (Grafikon 7—10).

Vom Interesse sind die Analyseresultate der Abhängigkeit des laufenden Stärkezuwachses und der Baumstärke. Diese Abhängigkeit bekommt verschiedene Formen wenn sich die Analyse so ausführt, dass sich neben der Stärkezuwachsveränderung gleichzeitig auch eine von unabhängigen Variablen ändert und andere unabhängige Variablen konstant bleiben. Die graphische Darstellung solcher Analyse ist in Grafikon 12 gegeben. Evidente Unterschiede im Steigungsgrade und Kulminationstelle der Stärkezuwachskurven bei gleichzeitiger Änderung der Baumstärke und einer von Taxationselementen sind sichtbar (Grafikon 12 A—C).

Auf Grund der Regressionsfunktionen und der Anwendung eines besonderen von Matić entwickelten Verfahrens wurden für die Schätzung des Stärkezuwachses die Tafeln hergestellt. Die Tafeln sind schon früher veröffentlicht.

### Kronnenschirmfläche einzelner Bäume

Die Korrelationsanalysen sind in Abhängigkeit von Standortsbonität, Beschirmungsgrad und Durchmesserbestandesmittelstamme nach Stärkestufen 12,5, 17,5, 27,5, 37,5, 47,5, und 52,5 cm) durchgeführt. Nettokorrelationen sind durch die Kurve-Parabel II Ordnung — ausgedrückt (Gleichungen 6—11). Die Korrelation der Kronenprojektionsgrösse und der Baumstärke wurde auch wie bei dem Stärkezuwachs mittelbar, die Resultate der Korrelationsanalysen nach Stärkestufen (in Abhängigkeit von der Baumstärke) prüfend, analysiert.

Die Resultate der Analyse zeigen dass die horizontale Kronenprojektion grösser auf schlechteren Bonität ist, unbedeutend kleiner bei grösseren Beschirmungsgrade, und dass sich mit der Vergrösserung des Bestandesmittelstammes ihre Grösse verschieden ändert. Schwächere Bäume haben grössere Kronen je grösser der Durchmesser des Bestandesmittelstammes ist, mittelstärke Bäume sind „indiferent“ und starke Bäume haben kleinere Kronen je grösser der Durchmesser des Bestandesmittelstammes ist. (Grafikon 13—15).

Korrelationsabhängigkeit der Kronenprojektionsgrösse und der Baumstärke ist, durch eine gegen Apzisse konvexe Kurve, ausgedrückt (Grafikon 16). Bei gleichzeitiger Änderung der Baumstärke und einer von unabhängigen Variablen (Standortbonität, Beschirmungsgrad oder Durchmesser des Bestandesmittelstammes) ändert sich nur der Steigungsgrad dieser Kurve und ihre Form bleibt hauptsächlich dieselbe (Grafikon 1, A B C).

Gemeinsamer Korrelationskoeffizient für alle Stärkestufen beträgt 0,932. Das zeigt, dass sich fast 90 % (genauer 87 %) von Variationen der Baumkronenprojektionsgrösse durch die Änderungen in dieser Analyse in Betracht genommenen Taxationselementen, erläutert.

Für die Schätzung der Kronenprojektionsgrösse wurden die Tafeln, auf dieselbe Weise wie vorhergehende für den Stärkezuwachs, hergestellt.

### Laufender Baummassenzuwachs je Kronenprojektionseinheit

Die Korrelationsanalysen sind auf dieselbe Weise und mit Anwendung gleicher unabhängigen Variablen und für gleiche Stärkestufen, wie bei der Analyse der Baumkronenprojektionsgrösse (Gleichungen 12—16), durchgeführt.

Die Resultate der Analyse zeigen:

Laufender Massenzuwachs pro m<sup>2</sup> Kronenprojektion ist kleiner je schlechter die Standortbonität ist. Mit der Vergrösserung des Beschirmungsgrades ändert er sich schwach, aber hauptsächlich sinkt er abhängig von der Baumstärke, während er mit der Vergrösserung des Bestandesmittelstammes in allen Stärkestufen erheblicher sinkt. (Grafikon 18).

Die Korrelationsabhängigkeit des Massenzuwachs und der Baumstärke (Grafikon 19) ist mit einer Kurve ausgedrückt, welche die Form eines ausgedehnten Buchstabes „S“, mit der Kulmination zwischen der Stärkestufen 40—50 cm, hat. Ihre unausgeglichene netto Korrelation und kleiner Index multipler Korrelation (0,600) weisen auf die Notwendigkeit weiteren Untersuchungen dieser wichtigen Taxationsgrösse.

Die Korrelationsabhängigkeit der Kronenprojektionsgrösse und der Baumstärke ändert sich in der Abhängigkeit von der Änderung einer von in Betracht genommenen Taxationsgrössen (verschiedene Steigungsgrade und die Verschiebung des Kulminationspunktes (Grafikon 20).

Für die Schätzung auch dieser Taxationsgrösse sind Tafeln hergestellt.

## II. Bestandestaxationselemente

In dieser Arbeit sind folgende Taxationselemente des Bestandes bearbeitet: Baumzahl, Massenvorrat und Massenzuwachs (pro Flächeeinheit — 1 ha) und Massenzuwachsprozent. Man kann sagen dass diese Elemente vom Standpunkte der Forsteinrichtung und Waldbewirtschaftung die wichtigsten Taxationselemente sind (es fehlt noch die Bestandesschirmfläche).

## Bestandesbaumzahl

Korrelationsanalysen dieses Taxationselementes (Gleichungen 17 und Grafikon 21) gaben folgende Resultate: mit der Höhenbonitätsabnahme und Bestandesmittelstammeszunahme sinkt die Baumzahl, während mit Beschirmungs- und Föhrenanteilszunahme diese wächst. Besonders interessant ist der Befund von der Baumzahlverminderung mit der Bonitätsabnahme. Nämlich alle bisher durchgeführte Untersuchungen dieser Beziehung, nach den Verfahren welches sich im Wesen auf die einfache Korrelation dieser zwei Taxationselemente zurückführt zeigten, dass sich mit der Bonitätsabnahme diese Baumzahl erhöht. Die Resultate waren so einstimmig, dass sie in die Lehrbücher eintragen wurden. Bei der Anwendung dieser Methoden, andere Faktoren welche auf die Baumzahl „einflüssen“ sind vernachlässigt, so dass ihre Wirkung, manchmal ganz entgegengesetzt der Wirkung in Betracht genomener Faktoren (Bonität — Mitteldurchmesser), in geringeren oder höheren Masse die Korrelation zwischen diesen zwei Elementen änderte. Nun sogar wenn in der Arbeitsmethodik analog der Methode Multiplenkorrelation die Elimination und nicht die Vernachlässigung gewisser Elementen angewendet wurde (z. B. die Untersuchung der Beziehung zwischen Baumzahl und Standortbonität bei gleichem Bestandesalter), sind die gewonnene Ergebnisse wieder eine scheinbare Korrelation, da der Bestandesmitteldurchmesser, dessen Einfluss auf die Baumzahl sehr stark ist verhlächlässigt wurde, so dass sie den Standortbonität einfluss deckt). Die gleichaltrigen Bestände auf schlechteren Bonitäten haben immer schwächeren Mitteldurchmesser, was allerdings zur höheren Baumzahl als auf besseren Bonitäten führte).

Unser Befund bestätigt gewonene Befunde der Untersuchungen dieses Problems für andere Baumarten Bosniens (Matić 1959, Vukmirović 1962, Drinić 1962).

Der bei dieser Analyse gewonnene Korrelationskoeffizient beträgt 0,87 und auf Grund der Tafelwerten 0,92.

## Bestandesmassenvorrat

Die durchschnittliche Beziehung zwischen Bestandesmassenvorrat und umfassten Taxationselementen ist durch Gleichung 18 ausgedrückt. Der berechnete Korrelationskoeffizient ist gross, und beträgt 0,90 und der Korrelationskoeffizient der Tabellenwert 0,92. In Grafikon 22 sind die Ergebnisse veranschaulicht.

Die Beziehung zwischen Bestandesmassenvorrat und Standortbonität, welche sich mit der Anwendung früheren Methoden nicht eindeutig feststellen konnte (es scheint als ob der Massenvorrat gegen Standortbonität indifferent ist — neben andern Ph. Flury und Miletić) jetzt ist dank der Regressionseigenschaft eindeutig festgestellt, dass der Massenvorrat auf schlechterer Bonität niedriger ist.

## Massenzuwachs

Die Resultate der Analyse sind den Resultaten Nettokorrelationsanalysen für Bestandesbaumzahl ähnlich. Sie zeigen dass mit Bonitätsabnahme und Bestandesmittelstammeszunahme der laufende Massenzuwachs sinkt, und mit der Beschirmungsgrades- und Föhrenanteilszunahme steigt (Gleichung 19 und Grafikon 25). Hinsichtlich der Beziehung zwischen Massenzuwachs und Standortbonität gibt die angewandte Methode auch hier präzisere Antwort: es wurde starke Korrelationsabhängigkeit zwischen Massenzuwachs und Standortbonität im Sinne ausgedrückter Zuwachsabnahme mit der Standortbonitätsverschlechterung festgestellt. Dieses Resultat neben analogen Resultaten die bei der Untersuchung dieses Problems für andere Baumarten in Bosnien gewonnen wurde (Matić, Drinić, Vukmirović) bestätigt die Geeignetheit der Baumhöhen als Indikatoren für die Bonitierung, was gewisse For-

scher bestritten haben (z. B. Mitscherlich). Der ermittelte Korrelationskoeffizient beträgt 0,84.

### Massenzuwachsprozent

Das ist das einzige Taxationselement des Bestandes welches kein Aggregat statistischer Menge ist und seine Grösse hängt direkt vom Mischungsgrade nicht ab. Deswegen haben wir in der Analyse der Nettokorrelationsabhängigkeit zwischen Massenzuwachsprozent und Mischungsgrad einzelner Baumarten versucht, die Verbesserung gewissen Taxationsgrössen der Föhre in Mischbeständen in Verhältnis auf Reinbestände mathematisch beweisen. Diese Erscheinung die auch aus der Literatur bekannt war (z. B. Badoux, 1945), aber nicht exakt bewiesen wurde, haben wir bei den Terrainarbeiten „gefühlt“. Die Variante multipler Korrelation in welcher nur der Anteil der Föhre in Betracht genommen wurde gab erwartete Resultate nicht (Gleichung 21, Grafik 25).

Die Resultate haben sich eigentlich gezeigt (mit der Vergrößerung des Föhreanteiles sinkt das Massenzuwachsprozent), aber diese Nettokorrelation ist ziemlich locker. Wir haben daran bezweifelt, dass der Einfluss des Mischungsverhältnisses durch entgegengesetzten Einfluss des Fichten- und Schwarzkieferanteils bedeckt ist; diese Baumarten ergänzen sonst hauptsächlich die Mischung der Föhre bis vollen 100 %. Deswegen haben wir noch eine Variante Korrelationsanalyse durchgeführt. In die Gleichung haben wir neue unabhängige Variablen-Mischungsverhältnis der Schwarzkiefer ( $x_4$ ) und der Fichte und Tanne ( $x_5$ )-eingetragen (Gleichung 20, Grafik 24). Die Ergebnisse dieser Variante zeigen eben die Vorteile angewandter Methoden: mit guter Auswahl unabhängigen Variablen werden getarnte Einflüsse scheinbarer Korrelation welche besonders zum Ausdruck bei der einfachen Korrelations kommen, entdeckt.

Die Resultate der Analyse zeigen: schwache Herabsetzung des Zuwachsprozentes mit der Vergrößerung des Beschirmungsgrades, starke Herabsetzung mit Vergrößerung des Bestandesmittelstammes und Steigerung des Zuwachsprozents mit Anteilvergrößerung von Fichte und Tanne. Die Resultate der netto Korrelationsanalyse hinsichtlich der Beziehung zwischen Zuwachsprozent und Standortbonität sind widersprechend, aber das kann man durch die schwache Korrelationsbeziehung zwischen diesen zwei Grössen erklären, was auch die Untersuchungen in Finland, welche nach der Methode multipler Korrelation durchgeführt wurden, zeigten (K. Kuusela und P. Kilki, 1963).

Die Untersuchungsergebnisse dieses Problems für die Hauptbaumarten in Bosnien sind auch verschieden. Sobald für die Tanne, Fichte und Buche mit der Standortbonitätsabnahme die Zuwachsprozentzunahme festgestellt wurde, also wie in unserer ersten Variante (Grafik 24), stimmen die Resultate für Schwarzkiefer und Traubeneiche bis da hin mit den Resultaten unserer zweiten Variante überein (Grafik 25).

Im ganzen genommen haben die Korrelationsanalysen des Zuwachsprozentes nicht eine Korrelationsbeziehungstärke wie bei anderen Taxationselementen. Der korrelations Koeffizient für die erste Variante beträgt 0,72 und für die zweite 0,66. Die gewonnene Resultate sind doch nützlich. Sie bestätigen angeführte Voraussetzungen von günstiger Wirkung beigemischter Fichte auf den Zuwachs der Föhre, und grössere Produktivität der Mischbestände von Föhre und Fichte, (K. Šikov, 1963 teilt gar mit dass die Vollholzigkeit der Föhre in Mischung mit der Fichte um 4 % grösser als in Reinbeständen ist). Diese Resultate leiten, auf die Aufsuchung tieferer funktioneller Beziehungen zwischen Zuwachsprozent und anderen Taxationselementen, hin.

Für die Schätzung nach Tabellenwerten haben wir doch die zweite Variante verwendet.

## Auswahl der Wirtschaftsform und Konstruktion der Normalverfassung

Auf Grund eigener Untersuchungen der Taxationselementen und ihren gegenseitigen Beziehungen, Terrainbeobachtungen und durchstudierter Literatur, haben wir uns auf die Lösung der zweiten Aufgabe — Auswahl günstigster Wirtschaftsform und die Konstruktion der Normalverfassung für die Föhrenwälder Bosnien's herangemacht. Die waldbaulichen Eigenschaften der Föhre (ausgeprägte Lichtbaumart, binomische Stärke — und Höhenstruktur) und der Misserfolg bisheriger stammweisen Plenterung wiesen mich auf die Wahl Plenterungswirtschaftsform (eventuell einer Art Schirmschlag). Andererseits, der gegenwärtige Zustand der Föhrebeständen (vorherrschend überalterte Bestände, niedriger Zuwachs, hohe Baumzahl auf beiden Seiten der Frekventionskurve, schlechte Qualität dessen Wegräumung zwecks der Bestandessanierung bei der Bestandeswirtschaftung normal mehrere Dezenien dauern sollte, hingegen die Beschleunigung dieses Prozesses zur Ungleichmässigkeiten in Erträgen und wurde auf diese Weise das allgemeine angenommene Prinzip der Kontinuität im Bewirtschaftung gestört) haben mich auf die Wahl der Gruppenweisenplenterung angewiesen, wobei dass alles vermieden wird. Eine nicht kleine Rolle haben auch die Auffassungen von der Zweckmässigkeit ausdrücklichen Lichtbaumarten für Plenterwirtschaft gespielt (Ammon, Miletić, Matic, Klepac). Ausserdem bestehen in der Literatur die Mitteilungen von der Föhrenplenterwälder und von dem Vorteil solcher Wirtschaftsform (Novak 1934, Tanner 1946, Voegeli 1961, Weck 1947, Chojnacki 1946). Aus dieser Alternative ist die folgende Stellung hervorgegangen: die Föhre als ausdrückliche Lichtbaumart verjüngt sich und wächst unter Beschattung schwer. Für ihre Züchtung kommt eine solche Plenterungsform in Betracht in welcher die Gruppen ganz ausgeprägt sind. Alle Gruppen (der Grösse 10—30 Ar, abhängig von der Standortsbedingungen, Verjüngungsdynamik und ähnliches) werden von Einrichtungsstandpunkte als ein Plenterbestand trätiert, während waldbaulich, nach dem Zustand und Alter einzelner Gruppen in ihr, entsprechende Hiebsphasen, (Pflage) durchgeführt werden, so dass wir in solchen Wald gleichzeitig alle Hiebsphasen, von der Säuberung bis zum Räumungshieb, haben werden (Klepac, 1950).

Beim gegenwärtigen ausdrücklich schlechten Verjüngungszustande unserer Föhrenwäldern, ist die erste Vorbedingung für ihre erfolgreiche Verjüngung die vorangehende Bodenzuopereitung nötig (das Abnehmen der Grasdecke und der Humusschicht, Kombination natürlicher und künstlicher Verjüngung, Jungwuchspflege und Auslesedurchforstung).

Nach dem Entschluss für die Plenterwirtschaft haben wir den Raum für die Auswahl des Verfahrens zur Normalverfassungskonstruktion, verengt. Vom erheblichen Einfluss waren dabei die Tatsachen dass bisher in diesen Wälder keine Wirtschaftung geführt wurde, dass es keine Angaben von der Stärkestruktur konkreten plenterartigen Föhrenbeständen gibt, dann auch die Angaben von eventuel wertvollstem Zuwachs beziehungsweise Ertrag. Deswegen haben wir die Auffassungen des Normalzustandes eine Methode welche sich auf den Ertrag als Grundtaxationselement gründet (Matic, 1956, 1957) ausgewählt. Auf Grund der Erörterungen haben wir solche Ertragsstrukturen ausgewählt, welche unserer Meinung nach, angemommener Wirtschaftsform entsprechen werden und werden nicht in der Uneinigkeit mit dem Bedürfnissen der Volkswirtschaft stehen (Grafikon 28). Zur Normalverfassungskonstruktion wird ausserdem notwendig folgende Taxationselemente bestimmen: Normalbeschirmungsgrad und Hiebsreifedurchmesser (Grafikon 26 und 27). Für die Berechnung der Stärkestruktur des Normalbestandes (Stammzahlreihe des Gleichgewichtszustandes) haben wir die Formel von Prodan nach welcher man, wie es bekannt ist, die Stammzahl nach dem Hieb bestimmen wird, angewendet. Mit einfacher Zusetzung der Baumzahl des Ertrages nach der Stärkestufen, bekommt man die Stärkestruktur (Stammzahlreihe vor dem Hieb beziehungsweise am Turnusende).

Die Charakteristiken erhaltenen Normalen sind in Tabellen 9—11 und Grafikonen 30—34 und die Grössen ihren Grundtaxationselementen in Übersicht (Seite 163) dargestellt.

Die Zuwachs — Ertrags — und Vorratsstrukturen nach der Baumstärke konstruierten Normalen (Grafikon 3) bestätigen die festgelegte Beziehungen für die Plenterwälder. Wenn auch der Ertrag und der Zuwachs des Plenterwaldes nach der Menge gleich sind unterscheiden sie sich aber sehr nach ihrer Struktur und in der Beziehung auf die Vorratsstruktur und sind nach „rechts“ respektiv nach „links“ verschoben. Mit Rücksicht auf jetzige hohe Vorräte ist das gerechtfertigt. Die Grössen ihrer Taxationselementen werden sich, abhängig von dem Volkswirtschaftsbedürfnissen und mit den in dem Bestand entstandenen Veränderungen, als Resultat waldbaulich technischen Massnahmen bei der Verschiebung der Verfassung des konkreten Waldes in Bezug auf die Normalverfassung, ändern.

## LITERATURA

1. Assmann E.: Waldertragskunde. BLV, München, 1961.
2. Badoux E.: Relations entre le développement de la cime et l'accroissement chez le pin sylvestre—Contribution à l'étude de l'éclaircie. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen. Band XXIV, 1945.
3. Burger H.: Zuwachs und Nadelmenge bei verschiedenen Föhrenrassen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1936.
4. Burger H.: Holz-, Blattmenge und Zuwachs. III. Mitteilung: Nadelmenge und Zuwachs bei Föhre und Fichten verschiedener Herkunft. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen. Band XX, 1937—1938.
5. Burger H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. V. Mitteilung: Fichten und Föhren verschiedener Herkunft auf verschiedenen Kulturorten. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen. Band XXII, 1941—42.
6. Burger H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. IX. Mitteilung: Die Föhre. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen. Band XXV, Heft 2, 1948.
7. Busse J.: Zweifelhafte Kiefernbestockung. Tharandter Forstliches Jahrbuch. Band 82, 1931.
8. Chojnacki W.: Orientierung über einige Forschungsarbeiten zum Problem der Qualitätsverbesserung der Waldföhre (*Pinus silvestris*). Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1964.
9. Ćurić R.: Taksacioni elementi nekih kulturna crnog i bijelog bora na području sjeverne Bosne. Narodni šumar, Sarajevo, 1963, i 1964.
10. Dafis Sp.: Struktur — und Zuwachsanalysen von natürlichen Föhrenwäldern. Promotionsarbeit. Separatdruck von: Beiträge zur Geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz Heft 41, Bern, 1962.
11. Drinić P.: Taksacione osnove za gazdovanje šumama crnog bora u Bosni. Disertacija, Rukopis. Sarajevo, 1962.
12. Duhovnikov J.: Sbegova tablica za beloborovite nasađenija u nas. Naučni trudove, tom II — Lesotehnički fakultet, Sofija, 1953.
13. Eić N.: Tabele drvnih masa za bijeli bor, Narodni šumar, Sarajevo, 1954.
14. Eić N.: Tabele drvnih masa, temeljnica i druge. II izdanje, Sarajevo, 1956.
15. Erteld W.: Grundflächenschluss und Zuwachs bei Kiefer, Fichte und Buche. Wissenschaftliche Abhandlungen Nr 21 — Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin. Akademie Verlag, Berlin, 1957.
16. Erteld W.: Untersuchungen über Leistung und Entwicklung der Kiefer bei verschiedener Behandlung. Archiv für Forstwesen, Band 9. Heft 4, 1960.
17. Erteld W.: Die Zuwachsleistung der Kiefer im Lichte neuerer Untersuchungen. Archiv für Forstwesen, Band 10, 1961. Akademie Verlag, Berlin, 1961.



18. Erteld W.: Kräuter G.: Untersuchungen über die Erkennbarkeit guter und schlechter Zuwachsträger bei der Kiefer. Archiv für Forstwesen. Band 6. 1957. Akademie Verlag, Berlin, 1957.
19. Ezekiel M.: Methods of Correlation Analysis. John Wiley and Sons, Inc. New York, 1956.
20. Flury Ph.: Untersuchungen über den Lichtungsbetrieb an Bäumen und Beständen. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen. Band XVII, 1931—1932.
21. Fritts H. C.: Multiple Regression Analysis of Radial Growth in Individual Trees. Forest Science. Volume 6, Washington 6, D. C. 1960.
22. Fuksa V.: Nešto o boru kod nas. Šumarski list, Zagreb, 1902.
23. Glišić M.: Problem pošumljavanja šumskih požarišta. Šumarstvo, Beograd, 1955.
24. Glišić M.: Šumski požar kao ekološki faktor u obezbeđenju prirodnog podmlađivanja borovih šuma. Saopštenja Instituta za šumarska istraživanja NR Srbije, 1956.
25. Goguševski M.: Komparativno proučavanje na taksacionite elementi kaj beliot i crnot bor vo kulturite na »Krušino« kaj Kičevo. Godišen zbornik na Zemjodjelsko-šumarskiot fakultet, Skopje 1958.
26. Grossmann H.: Untersuchungen über die Zuwachsleistungen von Kiefer und Buche, getrennt nach Standortsformen und Durchmesserstufen unter Berücksichtigung der Kronengüte. Archiv für Forstwesen. Band 12. 1963. Akademie Verlag, Berlin, 1963.
27. Guillot L.: Beli bor u evoluciji šumskih sastojina; prikaz: Šumarstvo, Beograd, 1950, iz Revue forestière française № 2. 1950.
28. Guldan R.: Rahmentragwerke und Durchlaufträger. Vierte, unveränderte Auflage. Springer Verlag, Wien, 1949.
29. Hengst E.: Die Ertragsleistung der Kiefer in Ostthüringen. Archiv für Forstwesen Band 7, 1958. Akademie Verlag, Berlin, 1958.
30. Hunziker Th.: Zum Einfluss der Bodenflora auf die natürliche Föhrenverjüngung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1952.
31. Ilvessalo J.: On the correlation between the crown diameter and the stem of trees. Communicationes Instituti forestalis Fenniae 38. Helsinki, 1950.
32. Jeftić M.: Zamena vrsta u borovim kulturama i sastojinama. Šumarstvo, 1962.
33. Jurhar F.: Zboljšajmo borove sestoje. Gozdarski vestnik, Ljubljana, 1947.
34. Klepac D.: Sastojinsko ili stablimično gospodarenje. Šumarski list, Zagreb, 1950.
35. Klepac D.: Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina, Zagreb, 1963.
36. Kuusela K. and Kilkki P.: Multiple regression of increment percentage on other characteristics in scotchpine stands. Acta forestalia fennica 75. Helsinki, 1963.
37. Leibundgut H.: Waldbauliche Untersuchungen über den Aufbau von Plenterwäldern. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen. Band XXIV, Zürich, 1945.
38. Leibundgut H.: Razmatranja uz primjenu metoda prebiranja i grupimičnog gospodarenja u šumama Jugoslavije — prevod P. Fukareka: Gedanken zur Anwendung der Plenterung und das Femelschlages in Jugoslawien. Narodni šumar, Sarajevo, 1958.
39. Leibundgut H.: Seminar o gajenju šuma putem femelšlaga, održan 1957. godine u Jugoslaviji. Izveštaj eksperta H. Leibundguta (FAO izveštaj br. 848. Rim, 1958). Savez Poljoprivredno šumarskih komora Jugoslavije, Sektor za šumarstvo — Dokumentacija šumarstva br. 11, Beograd, 1958.
40. Leibundgut H.: Neki problemi gajenja šuma u Jugoslaviji. Narodni šumar, posebna izdanja, Sarajevo, 1961.
41. Lönnroth E.: Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände. Acta forestalia fennica 30, 1925.

42. Marković Lj.: O unapređenju i proširenju naših borovih šuma i njihovom racionalnom iskorišćavanju. Šumarski list, Zagreb, 1950.
43. Marković Lj.: Proučavanje razvoja vještački podignutih sastojina nekih vrsta četinara na Avali. Radovi Instituta za naučna istraživanja u šumarstvu Srbije. Knjiga I, Beograd, 1950.
44. Marković Lj.: Razvoj sastojina crnog i belog bora na Avali od 1946—1950. i ogledi proređivanja u njima. Zbornik Instituta za naučna istraživanja u šumarstvu Srbije. Knjiga II, Beograd, 1953.
45. Matić V.: Prirast jele, smrče i bukve u šumama NR BiH. Zavod za privredno planiranje NR BiH, Sarajevo, 1955.
46. Matić V.: Normalno stanje u jelovim i smrčevim prebornim šumama. Radovi Poljoprivredno šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, B. Šumarstvo, Godina I, broj 1, Sarajevo, 1956.
47. Matić V.: Taksacioni element iprebornih šuma jele, smrče i bukve na području Bosne. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvenu industriju u Sarajevu. Godina IV, broj 4, Sarajevo, 1959.
48. Matić V.: Osnovi i metod utvrđivanja normalnog sastava za preborne sastojine jele, smrče, bukve i hrasta na području Bosne. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvenu industriju u Sarajevu, Godina VIII, broj 8, Sarajevo, 1963.
49. Matić V.: Uređivanje šuma. Predavanja na Šumarskom fakultetu u Sarajevu u školskoj 1962/63. godini. Rukopis. Sarajevo, 1962/63.
50. Matić V.; Vukmirović V.; Drinić P. i Stojanović O.: Tablice taksacionih elemenata visokih šuma jele, smrče, bukve, bijelog bora, crnog bora i hrasta kitnjaka na području Bosne. Sarajevo, 1963.
51. Van Miegroet M. — Janssens F.: Aufbau und Wachstum von Beständen der Waldföhre und der Korsikanischen Schwarzföhre in Nord Belgien. Fortwissenschaftliches Centralblatt, 75. Jahrgang, 1956.
52. Mikola P.: On variations in tree growth and their significance to growth studies. Communicationes Instituti forestalis Fenniae 38. Helsinki, 1950.
53. Miletić Ž.: Osnovi uređivanja preborne šume. Knjiga I, Beograd, 1950.
54. Miletić Ž.: Osnovi uređivanja preborne šume. Knjiga II, Beograd, 1951.
55. Miletić Ž.: Uređivanje šuma. Prva knjiga. Naučna knjiga, Beograd, 1954.
56. Miletić Ž.: Vreme prelaza i vreme zadržavanja. Šumarstvo, Beograd, 1957.
57. Miletić Ž.: Uređivanje šuma. Druga knjiga. Naučna knjiga, Beograd, 1958.
58. Miletić Ž.: Zrelost stabala za seču u prebirnoj šumi. Glasnik Šumarskog fakulteta. Knjiga 20, Beograd, Separatum, 1960.
59. Miletić Ž.: Prilog metodici ocene zrelosti za seču stabala u prebirnoj šumi. Glasnik Šumarskog fakulteta. Knjiga 25, Beograd, Separatum, 1961.
60. Miletić Ž.: Zrelost stabala za seču u prebornoj šumi i metodika ocene. Narodni šumar, Sarajevo, 1962.
61. Milojković D., Mirković D.: Istraživanja strukture i prirasta jele u čistim četinarskim satojinama na Goču i Tari. Glasnik Šumarskog fakulteta, broj 9, Beograd, 1955.
62. Milošević—Brevinac M.: Na oranicama se najbrže i najuspešnije prirodno zašumljava. Šumarstvo, Beograd, 1951.
63. Mirković D.: Prilog proučavanja metoda za određivanje srednje visine sastojine. Glasnik Šumarskog fakulteta, br. 1, Beograd, 1950.
64. Mirković D.: Dendrometrija. II izdanje, Beograd, 1954.
65. Mirković D.: Normalne visinske krive za hrast kitnjak i bukvu u NR Srbiji. Glasnik Šumarskog fakulteta, broj 13, Beograd, 1958.
66. Mitscherlich G.: Sortenertragstafeln für Kiefer, Buche und Eiche (Dissertation). Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft. X. Jahrgang, Hannover, 1939.
67. Mitscherlich G.: Untersuchung über das Wachstum der Kiefer in Baden: 1. Teil: Das Wachstum der Kiefer ohne Berücksichtigung von

- Zwischen — und Unterstand. 2. Teil: Die Streunutzungs — und Düngungsversuche. Allgemeine Forst — und Jagdzeitung. 126. Jahrgang, 1955.
68. Morozov G. F.: Nauka o šumi. Knjiga I. Prevod: Dr. J. Balen. Zemun, 1940.
  69. Nedjalkov S. T. i Šikov K.: Vrh rasteža i produktivnost na belija bor u nas. Naučni trudove na NIIGGS, Tom VII, Sofija 1959.
  70. Ničota B.: Neke oznake planinskih tipova belog bora na planini Niđe — *Pinus silvestris* L. ssp. *hamata* (Stev.) From — uvodno saopštenje. Šumarstvo, Beograd, 1963.
  71. Novak V.: Pomen borovja v Dravski banovini. Šumarski list, Zagreb, 1934.
  72. Nyysönen A.: On the structure and development of finnish pine stands treated with different cuttings. Acta forestalia fennica 60, Helsinki, 1954.
  73. Obradović S. i Sentić M.: Osnovi statističke analize. II izdanje. Naučna knjiga, Beograd, 1959.
  74. Olberg A.: Beiträge zum Problem der Kiefernaturverjüngung. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Band 18. Frankfurt am Main, 1957.
  75. Pall E.: Prirodno podmlađivanje sastojina bijelog bora u Göcseju (Mađarska) — prikaz: B. M. Šumarstvo Beograd, 1957.
  76. Panov A.: O fiziološkoj zrelosti bora kod nas. Poseban otisak iz Godišnjaka Biološkog Instituta Sarajevo, sv. 1. Sarajevo, 1948.
  77. Panov A.: Šume crnog bora i problem njihove obnove. Narodni šumar, Sarajevo, 1955.
  78. Penev N.: Opiti s izveždane na dvufazna postepena seč v tipa sveža do suha borova gora. Naučni trudove, tom IV na VLTI. Sofija, 1956.
  79. Penev N., Vlasev V., Dobrinov I.: Analiz i pouki ot desagešnja opit po prilaganu na postepennata i grupovoizbornata seč v UOGS »G. St. Avramov«. Naučni trudove, tom I, Lesotehnički fakultet, Sofija, 1952.
  80. Petkov P. D.: Izučavanja verhu tehničkaskata zrelost na belborovite gori u nas i preporuki za opredeliane turnusa na seča v tjah. Naučni trudove, tom II. Lesotehnički fakultet, Sofija, 1953.
  81. Pintarić K.: Evropski ariš (*Larix desidua* Mill.) u kulturi Boguševac na Trebeviću kod Sarajeva, Radovi Šumarskog fakulteta... br. 4, Sarajevo, 1959.
  82. Prodan M.: Messung der Waldbestände. BLV, Frankfurt/M, 1951.
  83. Radulović S.: Rezultati proučavanja razvoja crnog i belog bora na staništu kitnjak-grab na Avali i ogledi proreda u njihovim sastojinama. Šumarstvo, Beograd, 1957.
  84. Sirakov G.: Podobreni postojanni krivi na visočinite, tablici za vidovite čisla i obemni tablici za belija bor u nas (s tablici za vidovite čisla i na smrča i elata). Sbornik na Centralnija gorski izsledovatel'ski institut. Knj. 3. Sofija, 1947.
  85. Spasov N.: Predvaritelni rezultati ot opitite s golj seči v smrčevite i belborovite nasaždenija. Naučni trudove, tom V, NIIGGS, Sofija, 1959.
  86. Stefanović V.: Areal prirodnog rasprostranjenja bijelog bora (*Pinus silvestris* L.) u NR Bosni i Hercegovini, Radovi Poljoprivredno šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, B. Šumarstvo, godina III, br. 3, Sarajevo, 1958a.
  87. Stefanović V.: Zajednica bijelog bora (*Pinetum silvestris dinaricum* prov.) i neke njene karakteristike na području zapadne Bosne, Radovi Poljoprivredno šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, B. Šumarstvo, godina III, br. 3, Sarajevo, 1958b.
  88. Stefanović V.: Tipovi šuma bijelog bora na području krečnjaka istočne Bosne. Doktorska disertacija, Rukopis, Sarajevo, 1959.
  98. Šahov G.: Uzgojne sječe u borovim sastojinama na bazi obrasta (prevod s ruskog D. A.). Narodni šumar, Sarajevo, 1952.

90. Šikov K.: Rastež, stoež i produktivnost na njakoi smeseni drvestoi od bjaj bor i smrč. Izvestija na Institutu za gorata. Knjiga XIV. Sofija, 1963.
91. Šurić S.: Zapreminske tablice za bor (crni i bijeli). Mali šumarsko-tehnički priručnik. Zagreb, 1949.
92. Tanner H.: Über das Problem der Föhrenverjüngung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. Jahrgang, 1946.
93. Thiemann — Pleša N.: Uzgoj mješovitih sastojina od smreke i bukve te od bora i bukve. Šumarski list, Zagreb, 1914.
94. Tjurin A. V.: Osnovy hozjajstva v sosnovyh lesah (Opyt postroenija hozjajstva po rajonom na osnovanii isledovanii v Brjanskih lesah), Novaja derevnja. Moskva, 1925.
95. Tjurin A. V.: Taksacija lesa. Goslestehizdat. Moskva, 1938.
96. Tjurin A. V.: Osnovy variacionnoj statistiki v primenenii k lesovodstvu. Goslebumizdat, Moskva, 1961.
97. Voegeli H.: Die Schattenerziehung der Föhre. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. Jahrgang, 1961.
98. Voegeli H., Reinhart O.: Ergebnisse von Jahrringmessungen aus gleichaltrigen Föhrenbeständen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. Jahrgang, 1956.
99. Vrcelj — Kitić D.: Crni bor, beli bor, duglazija i evropski ariš u kulturama na brdu Avali kod Beograda. Narodni šumar, Sarajevo, 1964.
100. Vukmirović V.: Prirast i drugi taksacioni elementi šuma hrasta kitnjaka u Bosni. Rukopis. Sarajevo, 1962.
101. Weck: Die Kiefer Ostelbiens und das Plenterprinzip. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. Jahrgang, 1947.
102. Wiedemann E. — Schober R.: Ertragstabeln (wichtiger Holzarten bei verschiedener Durchforstung). Verlag M. u H. Schaper, Hannover, 1957.
103. Wittich W.: Die standörtlichen Bedingungen für die natürliche Verjüngung der Kiefer und für ihre Erziehung unter Shirm. Allgemeine Forst — und Jagdzeitung 126. Jahrgang, 1955, J. D. Sauerländer's Verlag.
104. Zundel R.: Etragskundliche Untersuchungen in zweialtrigen Beständen Nordwürtembergs mit Kiefer über Tanne (Fichte, Douglasie). Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden — Württemberg. Band 6.

**PRILOG**  
**OSNOVNI TAKSACIONI PODACI**

(T A B E L E I—VII)

Podaci o položaju i veličini oglednih površina

Red. br. ogled- ne površine	Gospodarska (privredna) jedinica i broj odjeljenja	Lokalitet	Nadmorska visina m	Ekspozicija	Inklinacija u stepenima	Veličina ogled- ne površine
1	2	3	4	5	6	7
Šumska uprava: Višegrad						
1	Sjemeč, 224	Karamanov grob	1090	NW	5—10	1,37
2	Sjemeč, privatno	Donje paljevine	1100	NO	5—10	0,30
3	Sjemeč, 238	Gornje paljevine — Bezdani	1240	SW	5—10	0,64
4	Sjemeč, 240	Gvozđ	1160	N	do 5	0,91
5	Sjemeč, 239	Petkovo selište	1220	S	5—10	0,69
6	Sjemeč, 238	Gornje paljevine — Bezdani	1250	W	10—15	0,92
7	Rakitnica, 182	Vranj	1280	W	5—10	1,12
8	Rakitnica, 182	Vranj	1340	SW	10—15	0,98
9	Sjemeč, 98	Štavanj	1040	SW	do 5	0,80
Šumska uprava: Sokolac						
10	Romanija — Jahorina, 55	Lisina	1230	SW	5—10	1,27
11	Romanija — Jahorina, 56	Rasolina	1220	NO	5—10	1,34
12	Romanija — Jahorina, 54	Ispod Vražije kose	1250	ravno	ravno	1,79
13	Romanija — Jahorina, 51	Jasik	1200	S	do 5	1,67
14	Romanija — Jahorina, 50	Jasik	1130	NO	5—10	1,17
15	Romanija — Jahorina, 20	Jasenova	1240	SW	15—20	0,99
16	Romanija — Jahorina, 54	Jasik	1180	S	do 5	0,76
17	Romanija — Jahorina, 13	Dervišev do	1220	SW	5—10	0,93
18	Romanija — Jahorina, 76	Ispod Orlovih stijena	1430	SW	5—10	0,80
19	Romanija — Jahorina, 41	Ispod kote 1450	1420	S	10—15	0,91

1	2	3	4	5	6	7
20	Romanija — Jahorina, 24	Lupoglav	1230	SW	20—25	0,95
21	Romanija — Jahorina, 61	Ispod Postjen polja	1160	O	5—10	0,73
22	Kaljina — Bioštica, 46	Babinsko brdo	1250	W	25—30	1,60
23	Kaljina — Bioštica, 46	Babinsko brdo	1190	SW	25—30	0,71
24	Kaljina — Bioštica, 42	Knežinski palež	830	SW	5—10	0,82
25	Kaljina — Bioštica, 41	Palež — Velike njive	790	SW	do 5	1,00
26	Kaljina — Bioštica, 22	Jasik	790	ravno	ravno	0,93
27	Kaljina — Bioštica, 22	Jasik	800	W	5—10	0,58
28	Kaljina — Bioštica, 40/43	Palež	830	W	do 5	0,89
29	Kaljina — Bioštica, 42	Palež — Treći lager	790	SW	do 5	0,71
30	Kaljina — Bioštica, 41	Palež — Treći lager	790	W	5—10	0,37
31	Kaljina — Bioštica, 38/40	Ravni palež	990	SW	do 5	0,44
32	Kaljina — Bioštica, 38/40	Ravni palež	990	ravno	ravno	0,40
Šumska uprava: Bugojno						
33	Prusačka rijeka, 35	Vrljuša	1060	SO	25—30	0,75
34	Prusačka rijeka, 34	Vrljevača	1160	S	30—35	0,71
35	Prusačka rijeka, 11	Mokri potok	1180	W	25—30	0,78
36	Škrta — Nišan, 188	Ajvatovački podovi	940	O	do 5	0,73
37	Prusačka rijeka, 10	Iznad Velike luke	1140	W	25—30	0,36
38	Prusačka rijeka, 11	Mala Koprivnica	1220	W	25—30	0,53
39	Prusačka rijeka, 10	Iznad Velike luke	1120	NW	30—35	0,51
40	Prusačka rijeka, 32	Ispod Plazarice	1360	SW	15—20	1,04

1	2	3	4	5	6	7
41	Prusačka rijeka, 32	Ispod Plazarice	1430	S	25—30	0,50
42	Prusačka rijeka, 33	Vrljevača	1290	W	25—30	0,78
43	Prusačka rijeka, 32	Vrljevača	1390	S	20—25	0,46
44	Prusačka rijeka, 32	Iznad izvora Ogujavica	1290	S	25—30	0,54
45	Prusačka rijeka, 29	Vučijak	1140	O	25—30	0,45
46	Prusačka rijeka, 28	Vučijak	1290	S	15—20	0,73
47	Prusačka rijeka, 28	Vučijak	1180	S	25—30	0,48
48	Prusačka rijeka, 26	Vučijak	1380	SW	10—15	0,56
49	Prusačka rijeka, 6	Mala Šuljaga	1280	W	25—30	0,35
50	Prusačka rijeka, 41	Iznad izvora Arapke	1290	S	30—35	0,28
51	Škrta-Nišan, 96	Bojina	1040	SO	20—25	0,48
52	Škrta-Nišan, 114	Kod Razvala	1010	NO	25—30	0,69
53	Škrta-Nišan, 98	Jelov do	930	SO	20—25	0,52
54	Škrta-Nišan, 181	Nikolin potok	1080	S	20—25	0,49
55	Prusačka rijeka, 34	Vrljuša	1200	O	25—30	0,53
56	Prusačka rijeka, 35	Vrljuša	1090	SO	20—25	0,45
Šumska uprava: Vozuća						
57	Donja Krivaja, 95	Župeljeva	700	NW	25—30	1,32
58	Donja Krivaja, 32	Ravni bor	980	SW	20—25	0,45
59	Donja Krivaja, 49b	Maoča	400	W	20—25	0,63
60	Donja Krivaja, 430	Rogušica	1020	S	10—15	0,49



Tabela II

## Osnovni taksacioni elementi privremenih oglednih površina

Redni broj ogledne površine	Stepen sklopa sastojine	Vrsta drveća i omjer smjese prema zapremini	Bonitetni razred	Prečnik srednjeg stabla (iz gs)	Broj stabala	Temelj- nica	Zapre- mina	Tekući prirast zapre- mine	Procent prirasta zapremine	Površina horizon- talne projekcije krošanja m <sup>2</sup> /ha	% nepokrivenih krošanja	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0,70	b. bor	0,78	1,1	30	512	36,35	440	5,99	1,46	5.699	94
		smrča	0,22	2,0	26	189	10,21	121	2,68		3.788	43
		lišć.	—	—	40	1	0,09	1	0,01		15	62
					29	702	46,65	562	8,68		9.502	74
2	0,70	b. bor	0,99	2,2	19	1426	38,87	339	8,41	2,86	5.386	91
		smrča	0,01	—	12	17	0,20	1	0,08	—	130	42
		lišć.	—	—	14	7	0,10	1	0,02	—	30	78
					19	1450	39,17	341	8,51		5.546	89
3	0,60	b. bor	0,95	2,6	28	643	40,05	396	4,35	1,16	8.012	90
		c. bor	0,03	3,2	32	16	1,26	12	0,14		310	90
		smrča	0,01	—	22	16	0,61	6	0,16		289	57
					28	680	42,61	419	4,73		8.982	89
4	0,72	b. bor	0,81	1,5	32	423	34,66	404	4,48	1,17	5.116	97
		sm/jl	0,19	2,2	21	255	8,99	93	2,03		3.929	33
							29	678	43,65	497	6,51	
5	0,70	b. bor	0,97	3,7	20	828	26,99	208	4,58	2,48	9.281	85
		smrča	0,03	4,2	16	49	1,00	7	0,25		652	47
							20	877	27,99	215	4,83	
6	0,59	b. bor	0,87	2,4	29	582	37,66	391	3,76	1,01	5.125	93
		c. bor	0,05	1,8	43	15	2,15	23	0,30		334	94
		smrča	0,05	3,3	27	39	2,30	23	0,46		794	41
					29	659	43,80	452	4,71		534	83
					29	659	43,80	452	4,71		6.787	86

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
7	0,75	b. bor	0,30	1,7	43	96	13,90	176	1,18	0,69	1.838	95
		c. bor	0,37	0,8	46	100	16,82	213	1,96		2.411	97
		jl/sm	0,31	2,6/ 3,1	22	463	18,01	183	4,25		5.899	39
		lišć.	0,02	2,8	32	13	1,03	12	0,24		622	32
				31	672	49,76	584	7,63			10.770	61
8	0,46	b. bor	0,73	3,1	32	266	21,28	206	2,26	1,16	3.533	89
		c. bor	0,21	2,6	35	64	6,05	60	0,45		1.049	88
		smrća	0,05	4,0	18	80	2,09	14	0,61		933	55
		lišć.	0,01	—	37	2	0,23	2	0,01		39	84
				30	412	29,65	282	3,33			5.554	83
9	0,80	b. bor	0,06	1,5	35	26	2,53	30	0,51	1,85	616	99
		sm/jl	0,87	1,8/ 1,6	26	651	36,01	441	6,47		11.751	62
		lišć.	0,07	—	29	45	3,43	37	0,72		2.142	80
				27	722	41,97	508	7,70			14.509	66
10	0,65	b. bor	0,95	1,9	36	391	38,93	458	5,36	1,24	7.514	94
		smrća	0,05	3,7	19	103	2,88	23	0,67		1.571	47
				33	494	41,81	481	6,03			9.085	85
11	0,56	b. bor	0,95	1,9	36	293	30,49	358	4,12	1,22	6.128	92
		smrća	0,05	3,3	20	71	2,18	18	0,54		1.032	59
				34	364	32,67	376	4,66			7.160	87
12	0,60	b. bor	0,59	1,8	42	126	17,48	220	1,83	0,86	2.217	99
		smrća	0,41	3,2	24	329	15,47	154	4,04		5.071	75
				30	455	32,95	374	5,87			7.288	83
13	0,80	b. bor	0,92	1,1	33	601	50,55	630	6,33	1,06	4.677	96
		sm/jl	0,08	3,1/ 3,4	22	153	5,90	53	1,39		2.790	29
				31	754	56,45	683	7,72			7.467	71

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
14	0,65	b. bor	0,56	1,0	39	177	20,94	273	1,54	0,59	3.299	99
		jl/sm	0,44	2,2/ 2,7	26	355	19,11	217	5,93		7.833	60
					31	532	40,05	490	7,47	11.132		71
15	0,70	b. bor	0,77	2,8	36	320	31,72	341	6,41	2,08	7.911	71
		sm/jl	0,23	3,3/ 4,2	26	187	10,24	103	2,66		4.726	49
					32	507	41,96	444	9,07	12,637		63
16	0,76	b. bor	0,92	0,8	34	502	44,49	566	5,98	1,11	6.336	95
		smrča	0,07	2,9	18	204	5,40	44	1,71		3.268	44
		lišć.	0,01	—	15	4	0,71	8	0,09		255	83
					30	710	50,60	618	7,78	9.859		77
17	0,64	b. bor	0,68	1,1	38	252	29,22	382	4,55	1,27	3.907	97
		smrča	0,30	2,5	15	280	15,21	172	3,93		4.371	54
		lišć.	0,02	—	25	26	1,29	13	0,06		329	69
					32	558	45,72	567	8,54	8.657		74
18	0,60	b. bor	0,80	2,7	34	387	35,49	389	4,91	1,35	5.204	93
		smrča	0,20	3,1	24	219	10,03	97	1,87		3.280	60
					31	606	45,52	486	6,78	8.484		80
19	0,65	b. bor	0,71	3,1	32	380	30,59	299	2,89	1,02	5.923	94
		smrča	0,29	3,8	29	198	12,77	124	1,63		4.654	65
					31	578	43,36	423	4,52	10.577		81
20	0,80	b. bor	0,97	2,8	30	849	58,04	572	5,61	1,03	10.828	84
		smrča	0,03	3,2	19	69	2,02	17	0,25		1.402	38
					29	918	60,06	589	5,86	12.230		79
21	0,85	b. bor	0,78	1,7	35	349	33,86	404	3,79	0,98	4.302	94
		jl/sm	0,19	2,9/ 3,2	16	610	12,76	100	4,57		5.401	39
		lišć.	0,03	—	32	19	1,48	13	0,17		612	57
					25	978	48,10	517	8,53	10.315		65

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
22	0,45	b. bor smrča	0,91	5,0	32	269	22,34	175	1,54	0,92	5.615	91
			0,09	4,8	23	58	2,33	18	0,43		1.095	67
					31	327	24,67	193	1,97		6.710	87
23	0,65	b. bor smrča lišč.	0,96	4,7	23	583	24,34	170	4,72	3,22	7.310	85
			0,04	43	22	24	0,89	7	0,29		362	83
				—	12	4	0,04	—	—		55	59
		23	611	25,27	177	5,01	7.727	84				
24	0,65	b. bor smrča lišč.	0,95	2,9	22	962	36,90	319	3,91	1,28	5.660	91
			0,03	3,3	16	82	1,57	11	0,07		667	28
			0,02	3,2	17	40	0,88	6	0,06		545	32
		21	1084	39,35	336	4,04	6.872	80				
25	0,64	b. bor smrča	0,77	1,7	33	348	29,69	352	4,92	1,50	5.717	88
			0,23	2,2	22	234	9,31	103	3,03		3.508	39
					29	582	39,00	455	7,95		9.225	69
26	0,50	b. bor sm/jl lišč.	0,54	0,3	39	156	18,81	266	3,43	1,42	3.121	97
			0,45	1,6	26	338	17,62	222	5,22		6.196	59
				1,6	41	3	0,43	6	0,08		141	97
		31	497	36,86	494	8,73	9.458	72				
27	0,55	b. bor sm/jl	0,50	0,4	32	221	18,10	236	3,72	1,71	1.946	96
			0,50	1,8/ 1,9	20	257	18,21	234	4,61		3.495	63
					31	478	36,31	470	8,33		5.441	76
28	0,79	b. bor smrča lišč.	0,27	3,2	22	298	11,17	93	2,92	3,71	2.837	82
			0,37	3,4	21	467	16,21	128	4,30		5.135	52
			0,36	3,3	44	80	11,85	124	1,38		3.522	81
		24	845	39,23	345	8,60	11.494	63				
29	0,72	b. bor smrča lišč.	0,96	0,4	29	481	22,33	410	4,92	1,27	6.481	92
			0,03	2,0	18	68	1,68	16	0,45		1.057	22
			0,01	—	37	3	0,30	3	0,03		208	57
		28	552	34,33	429	5,40	7.746	82				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
30	0,72	b. bor	0,85	0,9	28	703	43,71	527	6,86	1,38	3.465	83
		smrča	0,12	1,8	19	244	7,03	75	1,15		2.000	17
		lišć.	0,03	—	32	21	1,69	16	0,13		375	20
					26	968	52,43	618	8,14		5.840	56
31	0,72	b. bor	0,68	1,5	55	151	36,37	523	2,68	0,51	3.772	96
		sm/jl	0,31	1,1	24	463	20,66	242	4,89		5.868	53
		lišć.	0,01	—	22	27	1,01	8	0,18		1.104	39
					34	641	58,04	783	7,75		10.744	66
32	0,59	b. bor	0,69	0,1	53	140	30,72	495	2,54	0,53	2.939	96
		sm/jl	0,30	0,9	24	410	18,31	215	4,39		5.351	53
		lišć.	0,01	—	35	8	0,70	11	0,16		300	94
					34	558	49,73	721	7,09		8.590	68
33	0,60	b. bor	0,97	3,2	39	361	43,04	469	2,00	0,44	5.913	89
		smrča	—		18	9	0,23	2	0,06		126	42
		lišć.	0,03	4,2	20	67	2,12	13	—		1.832	36
					36	437	45,39	484	2,06		7.871	76
34	0,68	b. bor	0,62	2,7	33	399	34,79	370	2,08	0,58	3.656	91
		c. bor	0,36	1,7	30	307	21,13	216	1,30		2.017	82
		lišć.	0,02	4,4	17	101	2,38	13			1.514	20
					30	807	58,30	599	3,38		7.187	73
35	0,55	b. bor	0,93	3,5	44	328	48,62	547	2,79	0,52	7.739	91
		smrča	0,01	4,6	14	105	1,68	8	0,15		1.034	24
		lišć.	0,06	4,2	17	221	4,91	31			6.384	37
					33	654	55,21	586	2,94		15.157	64
36	0,60	b. bor	0,53	4,3	26	258	13,44	102	4,50	4,16	6.242	93
		c. bor	0,41	3,7	21	350	12,21	82	3,14		4.156	77
		smrča	0,06	4,8	22	45	1,68	11	0,40		853	67
					23	653	27,33	195	8,04		11.251	85

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11	
37	0,66	b. bor	0,96	3,2	29	689	45,56	441	2,52	0,59	6.760	91
		c. bor	0,02	1,8	17	39	0,89	7	0,03		142	44
		smrča	0,02	5,0	15	119	2,14	11	0,29		1.233	21
		lišć.	—	—	16	28	0,53	2			577	26
				27	875	49,12	461	2,84		8.712	76	
38	0,50	b. bor	0,72	3,6	39	344	41,04	427	1,37	0,33		
		c. bor	0,25	3,0	53	62	13,44	148	0,82			
		jl/sm	0,01	—	14	44	0,64	3	0,08			
		lišć.	0,02	4,6	15	160	2,74	11				
				35	610	57,86	589	2,27				
39	0,84	b. bor	0,68	2,6	36	374	38,74	439	2,21	0,51	5.167	95
		sm/jl	0,31	2,7/ 3,0	22	560	20,86	196	1,82		6.946	34
		lišć.	0,01	—	16	70	1,48	8			1.267	22
					28	1004	61,08	643	4,03		13.380	57
40	0,55	b. bor	0,97	3,4	40	289	35,84	385	3,23	0,87	7.303	92
		sm/jl	0,03	3,6	23	35	1,42	12	0,23		594	67
					38	324	37,26	397	3,46		7.897	90
41	0,65	b. bor	0,99	4,7	22	667	25,86	167	4,80	3,36	7.934	89
		sm/jl			18	4	0,10	—	0,02		56	54
		lišć.	0,01		22	4	0,16	1	0,01		106	95
					22	675	26,12	168	4,83		8.096	88
42	0,62	b. bor	1,00	3,7	32	506	41,69	395	2,50	0,65	5.162	87
		smrča	—	—	16	4	0,08	1	0,01		36	32
		lišć.	—	—	12	12	0,13				113	46
					522	41,90	396	2,51		5.311	86	
43	0,60	c.										
		b. bor	1,00	4,4	23	850	35,53	251	4,56	1,99	8.406	93
44	0,60	b. bor	1,00	3,1	34	452	41,90	428	2,95	0,71	6.744	88
		jl/sm			18	13	0,31	2	—		138	63
		lišć.			13	7	0,09	—	—		70	15
					34	472	42,30	430	2,95		6.952	88

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
45	0,76	b. bor	0,83	2,6	33	461	34,05	351	2,13	0,63	5.476	98	
		smrča	0,13	4,0	15	500	9,03	54	1,60		3.993	41	
		lišć.	0,04	3,6	16	167	3,17	18			1.935	45	
					23	1128	46,25	423	3,73			11.404	67
		c.											
46	0,60	b. bor.	1,00	3,5	32	565	45,19	430	3,45	0,84	8.026	89	
47	0,40	b. bor	0,60	3,4	29	518	34,72	323	2,65	0,86	5.079	88	
		c. bor	0,59	2,8	27	415	23,79	208	1,97		2.932	82	
		smrča	0,01	—	20	10	0,33	2	0,07		187	47	
		lišć.		—	12	19	0,23	1			299	12	
					28	962	59,07	534	4,69		8.497	82	
48	0,52	b. bor	0,97	4,6	20	565	18,58	117	4,19	4,38	6.786	93	
		smrča	0,03	—	25	9	0,45	4	0,09		178	69	
		lišć.	—	—	17	2	0,05	—			90	80	
					20	576	19,08	121	4,28			7.054	93
		c.											
49	0,74	b. bor	0,92	3,4	28	636	38,45	348	4,74	1,46	6.342	87	
		lišć.	0,03	4,0	15	138	2,47	13	0,35		1.200	31	
		lišć.	0,05	3,7	15	178	3,11	16			2.958	49	
					24	952	44,03	377	5,09			10.500	70
50	0,72	b. bor	0,93	3,5	18	1840	46,05	320	4,24	1,42	11.056	87	
		smrča	0,02	—	13	99	1,58	7	0,23		667	34	
		lišć.	0,01		18	21	0,56	3			505	43	
					18	1960	47,99	330	4,47			12.228	82
51	0,68	b. bor	0,50	3,4	22	532	20,07	153	1,33	0,91	3.607	87	
		c. bor	0,50	3,4	22	601	21,73	156	2,53		4.465	83	
					22	1133	41,80	309	3,86			8.072	84
52	0,67	b. bor	0,20	3,2	43	69	10,00	111	0,56	0,51	1.525	90	
		c. bor	0,80	1,7	36	411	40,56	442	3,21		5.889	90	
					37	480	50,56	553	3,77			7.414	90
53	0,67	b. bor	0,15	3,8	20	175	5,59	39	0,65	1,82	1.461	84	
		c. bor	0,85	3,2	20	909	28,81	219	2,90		6.988	79	
					20	1084	34,40	258	3,55			8.449	79
54	0,61	b. bor	0,16	4,0	29	80	5,38	46	0,48	1,10	1.047	94	
		c. bor	0,83	3,6	29	431	29,30	244	2,26		5.266	90	
		lišć.	0,01	5,0	15	54	0,92	4	0,12		1.324	38	
					28	565	35,60	294	2,86			7.637	81

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
55	0,70	b. bor	0,31	2,7	36	182	18,12	201	1,68	0,87	2.466	91
		c. bor	0,69	2,3	38	378	42,40	455	2,87		5.356	90
					37	560	60,52	656	4,55		7.822	90
56	0,86	b. bor	0,49	3,8	41	203	26,28	260	1,66	0,66	4.122	88
		c. bor	0,51	3,1	50	131	25,68	266	1,25		5.330	92
					45	334	51,96	526	2,91		9.452	90
57	0,67	b. bor	0,08	4,2	26	44	2,42	20	0,13	0,68	654	76
		c. bor	0,90	3,3	34	284	25,72	226	0,94		6.037	88
		lišć.	0,02	5,5	16	98	1,89	5	0,22		1.389	59
					30	426	30,03	251	1,29		8.080	82
58	0,79	b. bor	0,14	5,0	23	133	5,67	36	0,19	0,54	1.783	88
		c. bor	0,80	3,6	27	449	26,41	215	1,02		5.506	89
		lišć.	0,06	4,8	17	136	3,13	17	0,53		1.929	75
					25	718	35,21	268	1,74		9.218	86
59	0,66	b. bor	0,16	3,7	23	98	4,04	32	0,94	3,41	1.169	82
		c. bor	0,55	3,0	23	352	14,23	109	2,93		4.057	78
		lišć.	0,29	3,8	30	92	6,67	57	0,85		2.801	89
					24	542	24,94	198	4,72		8.027	82
60	0,76	b. bor	0,13	4,7	26	103	5,50	38	0,59	1,70	1.023	94
		c. bor	0,80	4,2	24	756	34,59	224	2,68		6.077	91
		lišć.	0,07	5,6	19	129	3,80	19	0,17		1.680	69
					24	988	43,89	281	3,44		8.780	87



Tabela III

Procentualna debljinska struktura stabala bijelog bora  
(na privremenim oglednim površinama)

Redni broj ogledne površine	Debljinski stepen ( $d_{1,3}$ ) u cm															
	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5
	Broj stabala u procentima															
1	—	—	0,7	5,6	17,2	25,7	34,8	14,3	1,1	0,1	0,3	0,2				
2	0,5	17,8	34,1	37,6	20,3	5,6	1,4	0,2	0,5	—	0,3					
3	1,0	0,5	5,1	10,8	22,7	26,4	20,8	11,2	2,0	0,5	0,5					
4	—	—	0,8	3,7	13,3	25,8	29,8	15,4	7,8	2,6	0,8					
5	16,8	36,3	36,5	30,7	16,8	7,2	4,4	1,9	1,4	0,7	0,4					
6	—	—	2,8	12,5	21,8	25,2	22,4	11,0	2,4	1,1	0,8					
7	—	—	—	—	0,9	1,9	9,3	20,6	33,7	21,5	11,2	—	0,9			
8	17,5	12,6	13,4	7,2	11,8	17,2	18,7	14,9	9,5	3,1	2,3	1,5	—		0,4	
9	—	—	—	4,8	4,8	14,2	28,6	28,6	14,2	4,8						
10	—	—	0,6	1,6	9,7	19,8	22,4	20,1	15,1	6,5	3,2	0,8	0,2			
11	—	—	0,8	0,5	5,6	15,2	29,2	23,1	12,7	9,1	3,0	0,8				
12	—	—	—	—	1,8	5,8	18,7	18,6	21,3	19,1	8,9	4,9	0,9			
13	—	—	0,3	2,2	14,7	23,7	28,7	18,6	7,8	2,6	0,5	0,6	0,2	0,1		
14	—	—	—	0,5	4,8	13,6	20,9	22,3	16,0	13,1	7,3	0,5	0,5	—		0,5
15	—	—	2,8	6,0	6,9	13,2	18,9	22,1	20,6	7,9	1,6					
16	—	—	1,0	2,6	10,2	21,1	31,1	18,5	8,9	5,2	0,8	0,3	0,3			
17	—	—	0,4	2,6	3,9	10,7	18,5	26,2	20,6	10,3	5,1	1,3	0,4			
18	—	—	—	3,2	8,4	20,5	27,3	22,7	13,7	2,3	1,6	0,3				
19	—	—	1,7	6,7	12,2	24,6	23,2	19,7	9,0	2,3	0,6					
20	—	—	3,4	10,2	19,8	25,6	23,2	13,1	2,4	1,1	0,4	0,5	0,2	—		0,1



Tabela III

Redni broj ogledne površine	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5
44	1,2	6,5	7,8	8,2	12,6	13,0	13,5	19,6	11,0	9,0	3,3	1,6	—	0,4		
45	—	—	11,2	13,1	17,5	12,1	16,0	14,1	7,7	6,8	1,5					
46	—	—	5,3	9,9	15,5	16,0	22,3	14,5	12,4	2,3	1,5	—	0,3			
47	—	2,8	10,4	15,6	19,2	16,0	16,0	9,6	8,4	3,6	1,2					
48	22,4	19,2	30,4	32,3	20,8	10,2	3,8	0,6	1,3	0,3	0,3					
49	—	10,8	16,2	14,8	20,7	22,6	12,3	6,4	2,0	2,0	0,5	1,5	1,0			
50	1,2	17,3	43,6	31,7	17,1	6,1	0,9	0,2	0,2	0,2						
51	—	17,7	27,9	28,7	17,7	14,2	7,5	2,0	0,8	0,4	0,8					
52	—	—	—	6,4	2,1	6,4	4,3	8,5	27,7	25,5	17,0	2,1				
53	21,1	25,1	48,3	19,8	13,2	6,6	7,7	3,3	—	1,1						
54	36,3	46,3	15,4	10,2	12,9	25,6	23,1	2,6	2,5	5,1	—	—	2,6			
55	—	—	8,2	9,3	17,5	11,3	7,2	12,4	11,4	14,4	3,1	3,1	2,1			
56	6,4	—	—	1,1	5,4	10,9	14,1	20,7	20,6	17,4	3,3	5,4	—		1,1	
57	45,5	61,4	24,2	12,1	8,6	20,7	24,1	5,2	3,4	1,7						
58	6,8	8,3	25,0	26,7	21,7	6,7	13,3	3,3	—	3,3						
59	122,5	50,0	40,3	21,0	11,3	8,1	9,7	8,0	—	—			1,6			
60	5,8	3,9	24,0	4,0	26,0	18,0	20,0	2,0	2,0	4,0						

Prosječne visine stabala bijelog bora

Redni broj ogledne površine	Prsni prečnik stabla ( $d_{1,3}$ ) u cm															
	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5
Visina u m (očitanja s visinske krive)																
1	14,2	21,0	24,8	26,8	28,0	28,4	28,6	28,7	28,8	28,9						
2	16,5	19,0	20,4	21,4	22,0	22,5	23,0	23,2	23,4							
3	12,5	16,2	19,2	21,5	23,0	23,7	24,2	24,7	25,0							
4	17,5	21,2	23,9	25,5	26,6	27,4	27,9	28,2	28,2							
5	12,0	14,4	16,2	17,9	19,3	20,5	21,3	22,1	22,9							
6	11,7	17,5	20,8	22,5	23,7	24,7	25,3	25,8	26,2							
7	11,0	15,0	19,0	22,8	26,1	27,4	28,0	28,4	28,7	28,9	29,0					
8	9,3	12,7	16,3	19,3	21,3	22,0	22,3	22,4	22,5	22,6						
9	7,0	12,7	21,2	24,8	26,5	27,2	27,7	27,9								
10	10,8	16,0	21,0	23,5	25,2	26,2	27,2	28,0	28,5	29,0	29,5					
11	9,0	14,9	20,3	23,4	25,1	26,2	26,8	27,2	27,5	27,6						
12	8,5	12,9	20,6	23,8	25,5	26,8	27,7	28,5	29,1	29,4	29,5					
13	17,2	21,1	24,0	26,0	27,6	29,1	30,2	30,9	31,4	31,7	31,8	31,8				
14	—	24,5	25,8	26,9	27,8	28,6	29,2	29,7	30,2	30,6	31,0	31,3	31,4			
15	9,0	11,9	16,1	19,5	22,2	23,9	25,0	25,7	26,2							
16	13,0	19,5	23,9	27,0	28,6	29,6	30,0	30,5	30,8	31,0	31,1					
17	12,5	19,1	23,1	25,5	27,4	28,9	30,0	30,7	31,2	31,5	31,6					
18	14,8	17,4	19,3	21,0	22,4	23,8	25,8	26,4	27,4	28,1						
19	9,8	15,1	18,0	19,9	21,3	22,3	23,0	23,6	23,9							
20	11,7	15,6	18,6	20,8	22,3	23,2	23,9	24,4	24,8	25,2	25,6	25,9	26,2	26,4		
21	12,4	17,5	21,3	23,8	25,5	26,9	27,9	28,6	29,2	29,5						
22	7,1	9,3	11,3	13,3	15,2	16,8	17,7	17,8	17,8	17,9	17,9	17,9				

Tabela IV

Redni broj ogledne površine	12,5		17,5		22,5		27,5		32,5		37,5		42,5		47,5		52,5		57,5		62,5		67,5		72,5		77,5		82,5		87,5			
23	9,8	12,3	14,2	15,6	16,6	17,3	17,8	18,2	18,5	18,8																								
24	13,6	16,6	18,5	20,2	21,8	23,2	24,0	24,3																										
25	14,3	18,0	21,2	23,7	25,6	26,9	27,9	28,4	29,2	29,5	29,8																							
26	19,5	23,3	26,3	28,2	29,8	31,1	32,2	33,1	33,9	34,6	35,2	35,8	36,3	36,7	37,1	37,5																		
27	14,5	20,2	25,4	28,0	29,6	30,6	31,7	32,3																										
28	13,9	16,6	18,3	19,5	20,3	20,8																												
29	20,0	24,6	27,0	28,5	29,7	30,2	30,2	30,2																										
30	16,6	21,9	25,0	27,0	28,4	29,4	30,2	30,8																										
31	10,7	15,8	20,4	24,1	26,7	28,5	30,0	31,2	32,2	33,0	33,6	34,2	34,7	35,1																				
32	—	—	—	23,1	28,3	31,9	34,3	36,0	37,3	38,5	39,5	40,4	41,2	42,0	43,0																			
33	10,4	13,9	16,9	19,2	20,9	22,2	23,4	24,4	25,3	25,8	27,0	27,8	28,5																					
34	10,9	14,4	17,6	20,7	22,7	24,0	25,0	25,9	26,4	27,2																								
35	9,7	12,5	15,1	17,6	19,7	21,6	23,0	24,0	24,8	25,5	26,0	26,6	27,1	27,6	28,0	28,3																		
36	9,9	12,8	15,3	16,7	17,2	17,6	17,7																											
37	12,8	15,5	17,7	19,5	20,9	22,0	23,1	24,0	24,8	25,3	25,7	26,0																						
38	8,3	10,7	13,0	14,9	16,6	18,3	20,0	21,5	23,0	24,3	25,4	26,1	26,6	26,9	27,1	27,2																		
39	12,7	17,5	20,0	21,6	23,1	24,2	25,1	25,8	26,5	26,9	27,3	27,6	27,9																					
40	8,0	10,9	14,3	17,5	20,0	21,9	23,2	24,2	25,0	25,7	26,3																							
41	8,6	10,7	12,7	14,5	16,1	17,6	18,7	19,6																										
42	8,6	12,0	16,1	17,9	19,6	21,0	22,2	23,3	24,2	24,8																								
43	8,3	10,9	13,4	15,6	17,4	18,6	19,4	20,1	20,7																									
44	9,6	12,8	16,0	19,1	21,4	22,8	23,3	23,8	24,0	24,2	24,5	24,7																						
45	11,7	15,3	18,4	20,7	22,6	23,9	24,5	24,8	25,0																									



Tabela V

## Tekući periodični debljinski prirast stabala bijelog bora

Redni broj ogledne površine	Prsni prečnik stabla ( $d_{1,3}$ ) u cm															
	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5
	Izravnati tekući periodični debljinski prirast u mm															
1	2,9	5,7	11,1	16,3	20,3	25,2	28,3	28,0	25,1	19,7	13,9					
2	15,7	22,8	29,0	34,0	37,2	38,9	39,0	37,7	34,0							
3	4,9	7,4	9,9	12,3	14,4	16,3	17,9	19,0	19,8							
4	6,0	8,3	10,8	13,6	16,4	18,7	19,2	18,8	17,5							
5	15,3	20,9	23,6	24,2	21,5	20,3	20,1	20,0	19,9							
6	4,4	6,1	9,4	12,4	14,5	15,6	14,7	12,6	10,9							
7	—	—	5,1	5,8	7,0	8,9	10,8	12,6	14,2	15,5	16,6					
8	22,3	22,6	13,8	12,6	14,5	14,1	18,9	21,1	13,5	12,5	—	—	16,0			
9	—	16,1	20,8	24,0	26,1	27,6	28,6	28,6								
10	11,7	12,3	14,2	16,5	17,7	18,2	18,5	18,2	17,2	15,2	11,0					
11	12,4	15,0	16,9	18,3	19,2	19,8	20,2	20,4	20,5	20,6						
12	11,5	15,8	17,7	15,9	15,2	16,5	17,7	18,8	19,5							
13	5,8	6,6	8,2	12,0	14,9	17,2	18,2	17,6	14,8	11,6	8,3	4,6				
14	4,2	7,5	10,8	13,3	14,4	14,5	13,3	11,5	9,7	7,9	6,1	4,1				
15	27,2	22,7	21,2	22,2	24,8	27,9	32,4	38,1	44,8							
16	7,4	7,9	10,3	13,6	16,0	18,0	19,2	17,6	13,6	8,3	1,8					
17	6,0	7,1	9,4	14,9	18,6	21,8	24,5	25,8	24,1	20,7	17,3					
18	7,2	7,7	9,0	11,6	15,2	17,6	18,7	19,4	19,6	18,8						
19	5,3	7,4	10,1	12,9	15,5	17,3	18,2	17,7	16,0							
20	8,4	8,6	10,0	13,2	15,4	16,0	14,3	11,4	7,6	9,1	10,5	11,4	12,4	13,4		
21	6,6	8,0	9,9	12,3	14,4	15,9	15,8	15,0	14,1	13,2						

Tabela V

Redni broj ogledne površine	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5
22	14,0	15,0	15,5	15,5	14,9	14,1	13,1	11,9	10,8	9,8	9,4	9,4				
23	22,2	26,5	29,5	30,0	29,3	27,1	23,0	15,4	13,2	12,3						
24	5,6	9,4	11,9	13,6	14,8	15,8	16,6	17,2								
25	11,1	15,9	19,8	21,8	23,1	23,7	23,6	22,7	21,0	18,7	16,0					
26	—	9,4	13,8	20,4	26,4	31,4	35,5	38,6	38,4	30,8						
27	—	10,1	15,4	19,9	23,5	26,7	29,3	31,4								
28	14,0	23,0	32,0	38,6	43,4	46,3										
29	8,1	9,4	11,7	15,7	19,4	21,8	23,3	24,0								
30	7,7	8,8	12,1	17,8	20,0	21,3	21,7	20,8								
31	—	6,0	8,1	9,9	11,3	11,9	12,1	12,1	12,0	12,0	12,2	12,9	14,1	15,6		
32	—	—	—	14,4	13,8	13,3	12,9	12,7	12,9	13,4	14,0	14,8	15,8	16,8	17,8	
33	3,1	4,3	5,5	6,6	7,5	8,1	8,5	8,7	8,6	8,3	7,6	6,6	5,5			
34	2,7	3,2	4,4	5,8	7,1	8,1	8,5	8,2	7,6	6,7						
35	5,6	6,7	7,0	7,3	7,4	7,3	7,3	7,2	7,0	6,8	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	5,7
36	27,0	40,4	50,9	58,4	62,4	64,6	65,7									
37	5,1	6,0	7,8	9,2	9,8	9,9	9,6	8,7	8,4	8,4	8,4	8,4				
38	1,3	3,1	4,8	5,8	6,1	6,3	6,5	6,6	6,8	6,8	6,8	6,7				
39	2,2	3,5	5,7	7,7	8,7	8,8	8,0	6,3	5,2	5,0	5,2	5,7	5,9			
40	10,2	10,6	11,5	12,9	14,5	15,7	15,5	14,3	13,4	13,1	13,0					
41	19,3	26,4	31,1	33,1	31,2	25,7	18,8	13,4								
42	8,5	7,6	7,3	7,5	8,5	9,5	10,7	12,1	13,6	15,7						
43	10,9	15,9	19,1	20,7	19,9	17,5	15,1	13,4	12,5							
44	7,7	8,2	9,0	10,4	12,0	13,6	14,2	12,2	9,6	6,9	5,3	4,8				



Tabela V

Redni broj ogledne površine	12,5		17,5		22,5		27,5		32,5		37,5		42,5		47,5		52,5		57,5		62,5		67,5		72,5		77,5		82,5		87,5		
45	5,0	6,2	8,2	9,9	11,1	11,6	11,6	11,0	10,0																								
46	2,6	5,0	7,2	9,2	10,9	12,3	13,4	14,3	14,9	14,9	14,3																						
47	3,8	5,1	7,4	11,1	12,4	12,3	11,4	10,0	8,0																								
48	27,6	34,8	38,6	38,8	32,8	29,2	27,3	26,4	26,0																								
49	6,6	9,3	14,7	18,5	21,3	22,6	21,2	17,5	11,1	8,0	6,7																						
50	4,5	8,0	11,7	13,9	12,3	8,6	5,9	4,3																									
51	4,9	8,4	12,7	14,3	14,6	13,9	11,9	9,8	7,8																								
52	—	7,6	7,7	6,9	4,3	4,8	6,6	8,4	9,7	10,6																							
53	10,2	12,1	12,8	12,7	11,8	10,1	8,0	6,2																									
54	11,8	13,5	14,9	16,0	16,5	16,6	16,2	15,5	14,6	13,4	12,0																						
55	4,3	7,7	9,2	8,4	6,7	5,6	5,7	8,4	7,6	7,8	9,5																						
56	3,6	4,6	6,0	7,2	7,6	7,1	7,0	7,2	8,0	8,7	8,8	8,8																					
57	8,2	7,2	6,6	6,2	6,0	5,8	5,8	6,0																									
58	5,4	9,0	11,2	12,0	12,5	12,8	12,8	12,8																									
59	21,1	29,6	34,1	36,6	38,1	39,2	40,0	40,2	40,1	39,9	39,3																						
60	10,1	11,5	12,8	13,9	14,8	15,5	16,0	16,5																									

Tabela VI

Prosječna površina horizontalne projekcije  
krošnje stabala bijelog bora

Redni broj ogledne površine	Prsni prečnik stabla ( $d_{1,3}$ ) u cm													
	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5
	Prosječna (izravnata) površina horizontalne projekcije krošnje stabla u m <sup>2</sup>													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3	4	6	9	12	18	23	29	35	40				
2	2	3	6	9	13	17	22	26	30					
3	3	6	8	12	16	22	27	33	39					
4	2	4	6	9	12	16	22	27	33					
5	4	8	14	21	29	36	44	53	62					
6	3	4	5	7	11	16	21	27	32					
7	3	4	6	8	11	14	19	24	30	39	50			
8	4	6	7	9	12	17	25	34	42	51	60			
9	3	6	10	13	21	28	37	48	62					
10	8	9	10	13	16	21	26	32	39	47	58			
11	6	8	11	14	17	22	27	34	41	50				
12	—	—	8	9	11	14	17	22	27	34	42			
14	—	2	5	9	13	18	22	28	34	42	50	58	67	
15	9	12	15	18	21	26	32	39	54					
16	4	5	6	9	12	16	20	24	29	35	40			
17	4	5	7	8	11	14	19	24	30	35	40			
18	4	5	6	9	12	16	21	26	32	39				
19	6	7	9	12	16	21	26	31	37					
20	4	6	8	11	15	20	26	32	39	46	51			
21	4	5	6	7	9	12	19	26	34	42				
22	7	10	13	17	22	27	33	38	45	53	62	72	85	
23	6	9	12	17	23	31	40	52	66					
24	3	4	6	9	13	18	25	32	40					
25	6	8	11	13	16	20	24	29	33	39	44			
27	2	3	5	7	9	12	15	18	21					
29	3	5	7	11	16	23	30	39	49					
31	—	—	9	10	12	14	16	19	22	26	30	35	41	48
32	—	11	11	12	13	14	15	18	20	24	27	31	35	39
33	3	4	6	9	12	16	20	24	29	33	38	44	51	
34	2	3	5	6	8	11	14	18	24	37				
37	2	4	6	8	12	16	20	25	32	39	46	54		
39	2	4	7	10	13	16	19	23	26	30	35	39	45	
40	5	8	11	14	18	22	28	34	42	50	62			
41	5	8	12	18	24	30	37	45	54					
42	3	4	6	7	10	13	17	22	28	36				
43	4	6	9	14	20	27	37	50	64					
44	4	5	7	10	13	17	22	29	36	43	50	56		
45	3	4	6	9	13	18	23	28	35					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
46	4	6	9	11	15	19	24	30	35	41	48			
47	2	4	6	8	12	16	20	28	39					
48	6	9	14	20	28	37	46	55	65					
49	3	4	6	10	14	19	24	30	36	43	50			
51	2	4	7	12	18	24	31	37	44					
52	8	10	12	15	17	20	22	25	28	31				
53	3	7	11	15	21	27	34	42						
54	4	8	10	12	15	19	24	29	34	40	45			
55	2	4	7	9	12	15	18	22	26	30	35			
56	3	5	7	10	13	16	21	28	33	50	64	78	93	
57	6	10	14	17	21	24	28	32						
58	5	9	13	18	23	23	33	38						
59	6	9	12	15	19	24	32	41	53	69	87			
60	3	5	8	11	14	18	24	32						

Podaci o veličinama površine horizontalne projekcije krošnje stabala za ogledne površine br. 13, 26, 28, 30, 35, 36, 38 i 50 nisu uzeti u obzir pri analizi višestruke korelacije.

Tabela VII

Tekući zapreminski prirast po jedinici horizontalne projekcije krošanja stabala bijelog bora (neizravnate veličine)

Redni broj ogledne površine	Debljinska klasa u cm					Sastojina kao cjelina
	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	
	Prirast u dm <sup>3</sup> /100 m <sup>2</sup> / godišnje					
1	2	3	4	5	6	7
1	14	70	124	157	62	105
2	147	177	92	90	243	156
3	23	49	58	115	45	54
4	31	59	104	88	68	88
5	45	57	49	38	39	49
6	9	74	86	46	78	73
7	49	77	55	59	82	64
8	75	47	69	63	57	64
9	49	111	113	27	—	83
10	17	49	69	91	65	71
11	11	52	67	69	91	67
12	—	38	82	73	109	83
14	—	62	44	46	40	47
15	35	40	74	110	94	72
16	49	41	96	136	51	94
17	53	47	129	128	82	117
18	30	50	91	134	110	94
19	30	36	45	89	68	49
20	20	44	64	47	20	52
21	21	83	105	78	88	88
22	16	32	39	18	20	27
23	48	66	79	80	47	65
24	36	78	90	115	—	69
25	41	79	98	89	72	86
27	—	132	201	255	—	191
28	93	108	97	—	—	103
29	38	65	89	70	—	76
31	—	—	230	102	—	71
32	—	88	107	57	84	87
33	11	23	10	33	73	34
34	—	21	61	91	41	57
37	20	40	40	48	22	37
39	13	49	55	29	64	43
40	34	33	50	45	42	44
41	45	73	73	11	—	61
42	27	27	38	67	114	48
43	41	71	51	59	53	54
44	6	40	31	71	27	44
45	24	40	40	38	62	39

1	2	3	4	5	6	7
46	4	22	38	75	53	43
47	8	42	67	66	53	52
48	58	70	49	80	53	62
49	36	78	98	55	61	75
51	25	43	36	81	53	37
52	100	159	31	24	48	37
53	37	69	41	—	—	45
54	21	47	58	44	—	45
55	30	41	52	101	36	68
56	—	15	30	43	45	40
57	20	49	28	52	—	20
58	9	6	20	—	—	11
59	46	95	141	—	—	81
60	18	47	125	—	—	58

Podaci o veličinama tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici horizontalne projekcije krošanja stabala bijelog bora za ogledne površine br. 13, 26, 30, 35, 36, 38 i 50 nisu uzeti u obzir pri analizi vešestruke korelacije.

## SADRŽAJ

	Strana
PREDGOVOR . . . . .	5
A. OPŠTI DIO . . . . .	7
1. ZADATAK RADA . . . . .	7
2. CSNOVNI MATERIJAL . . . . .	8
2. 1. Rasprostranjenost šuma bijelog bora u Bosni i izbor privremeni- oglednih površina . . . . .	8
2. 2. Geomorfološke karakteristike osnovnog materijala . . . . .	9
2. 3. Taksacione karakteristike osnovnog materijala . . . . .	10
3. PREGLED DCSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA . . . . .	15
3. 1. Istraživanja taksacionih elemenata i problema obnavljanja šu- ma bijelog bora u nas . . . . .	16
3. 2. Značajnija inostrana istraživanja taksacionih elemenata bije- log bora . . . . .	21
3. 3. Neki značajniji radovi u inostranoj literaturi o problemu pri- rodnog obnavljanja bijelog bora . . . . .	26
4. METODIKA ISTRAŽIVANJA . . . . .	30
4. 1. Izbor oglednih površina i rad na terenu . . . . .	30
4. 2. Analiza međusobne zavisnosti taksacionih elemenata stabla i sastojine . . . . .	32
B. POSEBNI DIO . . . . .	35
I. TAKSACIONI ELEMENTI STABLA . . . . .	35
1. VISINE STABALA . . . . .	35
1. 0. Metodika snimanja visina i izrade visinskih krivulja za pojedine ogledne površine . . . . .	35
1. 1. Bonitiranje sastojina bijelog bora i izrada novih bonitetnih kri- vih za bijeli bor u Bosni . . . . .	37
1. 2. Karakteristike novih bonitetnih krivih i njihovo upoređenje sa visinskim krivuljama drugih autora . . . . .	40
1. 3. Upoređenje visina bijelog bora i visina vrsta drveća koje čine mješovite sastojine sa bijelim borom u Bosni (smrča, jela, crni bor i hrast) . . . . .	47
1. 4. Bonitetne zapreminske tablice (tarife) za bijeli bor u Bosni	51

2. DEBLJINSKI PRIRAST . . . . .	52
2. 1. Analiza korelacione veze između tekućeg debljinskog prirasta stabla i drugih taksacionih elemenata . . . . .	53
2. 2. Neto-korelacija između tekućeg debljinskog prirasta i debljine (prsnog prečnika) stabla . . . . .	63
2. 3. Procjena veličine tekućeg debljinskog prirasta na osnovu veličina taksacionih elemenata uzetih u obzir pri analizi višestruke korelacije . . . . .	68
3. POVRŠINA HORIZONTALNE PROJEKCIJE KROŠNJE STABLA . . . . .	72
3. 1. Analiza korelacione veze između veličine projekcije krošnje stabla i drugih taksacionih elemenata . . . . .	73
3. 2. Neto-korelacija između veličine projekcije krošnje i debljine (prsnog prečnika) stabla . . . . .	81
3. 3. Procjena veličine projekcije krošnje stabla na osnovu veličina taksacionih elemenata uzetih u obzir pri analizi višestruke korelacije . . . . .	85
4. TEKUĆI ZAPREMINSKI PRIRAST STABLA PO JEDINICI POVRŠINE PROJEKCIJE NJEGOVE KROŠNJE . . . . .	88
4. 1. Analiza korelacione veze između tekućeg zapreminskog prirasta stabla po jedinici površine projekcije krošnje i nekih taksacionih elemenata . . . . .	89
4. 2. Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla i debljine (prsnog prečnika) stabla . . . . .	94
4. 3. Procjena veličine tekućeg zapreminskog prirasta po jedinici projekcije krošnje stabla na osnovu veličina taksacionih elemenata uzetih u obzir pri analizi višestruke korelacije . . . . .	98
II. TAKSACIONI ELEMENTI SASTOJINE (BIJELOG BORA) . . . . .	101
1. BROJ STABALA BIJELOG BORA U SASTOJINI . . . . .	102
1. 1. Analiza korelacione veze između broja stabala po jedinici površine i nekih taksacionih elemenata sastojine . . . . .	102
1. 2. Jačina korelacione veze između broja stabala bijelog bora u sastojini i drugih taksacionih elemenata po jednačini višestruke korelacije . . . . .	108
1. 3. Procjena veličine broja stabla bijelog bora u sastojini na osnovu veličine drugih taksacionih elemenata sastojine . . . . .	109
2. ZAPREMINA SASTOJINE (STABALA BIJELOG BORA U SASTOJINI) . . . . .	110
2. 1. Analiza korelacione veze između zapremine sastojine i nekih taksacionih elemenata . . . . .	111
2. 2. Jačina korelacione veze između zapremine sastojine i drugih taksacionih elemenata po jednačini višestruke korelacije . . . . .	116

2. 3. Procjena veličine zapremine bijelog bora u sastojini na osnovu veličine drugih taksacionih elemenata sastojine . . . . .	117
3. TEKUĆI ZAPREMINSKI PRIRAST SASTOJINE (STABALA BIJELOG BORA U SASTOJINI) . . . . .	118
3. 1. Analiza korelacione veze između tekućeg zapreminskog prirasta sastojine i nekih taksacionih elemenata . . . . .	120
3. 2. Jačina korelacione veze između tekućeg zapreminskog prirasta sastojine i drugih taksacionih elemenata po jednačini višestruke korelacije . . . . .	124
3. 3. Procjena veličine tekućeg zapreminskog prirasta bijelog bora u sastojini na osnovu veličina drugih taksacionih elemenata sastojine . . . . .	124
4. PROCENT TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA SASTOJINE . . . . .	126
4. 1. Analiza korelacione veze između procenta tekućeg zapreminskog prirasta i drugih taksacionih elemenata sastojine . . . . .	127
4. 2. Jačina korelacione veze između procenta tekućeg zapreminskog prirasta sastojine i drugih taksacionih elemenata po jednačini višestruke korelacije . . . . .	135
4. 3. Procjena veličine procenta tekućeg zapreminskog prirasta na osnovu veličina taksacionih elemenata sastojine . . . . .	136
III. NORMALNO STANJE ŠUMA BIJELOG BORA U BOSNI . . . . .	137
1. IZBOR OBLIKA GAZDOVANJA . . . . .	137
2. SHVATANJE NORMALNOG SASTAVA (STANJA) PREBORNE SASTOJINE . . . . .	142
3. OSNOVNI TAKSACIONI ELEMENTI ZA KONSTRUKCIJU NORMALNOG SASTAVA (STANJA) . . . . .	143
3. 1. Normalni stepen sklopa . . . . .	144
3. 2. Najjači debljinski stepen u prebornoj sastojini bijelog bora . . . . .	148
3. 3. Struktura prinosa sastojine normalnog sastava (stanja) . . . . .	152
4. KONSTRUKCIJA NORMALNOG SASTAVA (STANJA) . . . . .	155
4. 1. Pregled taksacionih elemenata sastojina bijelog bora normalnog sastava i karakteristike (odnosi) nekih elemenata . . . . .	163
C. ZUSAMMENFASSUNG . . . . .	169
D. LITERATURA . . . . .	178
E. PRILOG: OSNOVNI TAKSACIONI PODACI (TABELE I-VII) . . . . .	183