

DRINIĆ P.

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

**TAXATIONSGRUNDLAGEN FÜR DIE  
BEWIRTSCHAFTUNG DER SCHWARZKIEFER-  
WÄLDER IN BOSNIEN**

**Doktorska disertacija**

Sarajevo, 1962.

## S A D R Ž A J

	Strana
Predgovor . . . . .	151
Uvod i problematika . . . . .	152
O metodici rada . . . . .	154
Opšte karakteristike izvornog materijala . . . . .	155

### Prvi dio

#### TAKSACIONI ELEMENTI

<b>A) Visine stabala . . . . .</b>	<b>158</b>
I) Krivulje visina stabala . . . . .	158
II) Krivulje bonitetnih razreda . . . . .	158
III) Način bonitiranja sastojina crnog bora . . . . .	162
IV) Visine stabala crnog bora u Bosni . . . . .	163
<b>B) Broj stabala sastojine . . . . .</b>	<b>164</b>
I) Struktura broja stabala . . . . .	164
II) Zavisnost broja stabala od veličine drugih taksacionih elemenata . . . . .	
1) Prvo rješenje . . . . .	166
2) Drugo rješenje . . . . .	170
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	172
b) Uticaj stepena sklopa . . . . .	175
c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine . . . . .	175
III) Veličina broja stabala . . . . .	176
<b>C) Zapremina stabala sastojine . . . . .</b>	<b>181</b>
I) Zavisnost zapremine od veličine drugih taksacionih elemenata . . . . .	183
1) Prvo rješenje . . . . .	183
2) Drugo rješenje . . . . .	184
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	184
b) Uticaj stepena sklopa . . . . .	184
c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine . . . . .	186
II) Veličina zapremine . . . . .	186
<b>D) Površina horizontalne projekcije kruna . . . . .</b>	<b>189</b>
I) Ukupna površina horizontalne projekcije kruna . . . . .	189
II) Površina projekcije kruna stabla . . . . .	190
1) Zavisnost veličine kruna stabla od veličine drugih taksacionih elemenata . . . . .	191
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	194
b) Uticaj stepena sklopa . . . . .	197
c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine . . . . .	199
d) Uticaj debljine stabla . . . . .	201
2) Veličina kruna stabla . . . . .	203
III) Intenzitet prekrivenosti kruna stabla . . . . .	206
1) Zavisnost intenziteta prekrivenosti kruna stabla od veličine drugih taksacionih elemenata . . . . .	207
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	207
b) Uticaj stepena sklopa . . . . .	208
c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine . . . . .	211
d) Uticaj debljine stabla . . . . .	213
2) Veličina intenziteta prekrivenosti kruna stabla . . . . .	213

E) Prirast . . . . .	216
I) Debljinski prirast . . . . .	216
1) Zavisnost debljinskog prirasta od veličine drugih taksacionih elemenata . . . . .	217
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	218
b) Uticaj stepena sklopa . . . . .	220
c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine . . . . .	220
d) Uticaj debljine stabla . . . . .	224
2) Veličina debljinskog prirasta . . . . .	226
II) Prirast zapremine stabala po jedinici projekcije kruna . . . . .	228
1) Zavisnost prirasta zapremine po jedinici projekcije kruna od veličine drugih taksacionih elemenata . . . . .	228
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	229
b) Uticaj stepena sklopa . . . . .	231
c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine . . . . .	231
d) Uticaj debljine stabla . . . . .	234
2) Veličina prirasta zapremine stabala po jedinici projekcije kruna . . . . .	236
III) Prirast zapremine sastojine . . . . .	238
1) Zavisnost prirasta zapremine sastojine od veličine drugih taksacionih elemenata . . . . .	238
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	239
b) Uticaj stepena sklopa . . . . .	239
c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine . . . . .	241
2) Veličina prirasta zapremine sastojine . . . . .	241
IV) Procent prirasta zapremine sastojine . . . . .	244
1) Zavisnost procenta prirasta od veličine drugih taksacionih elemenata . . . . .	244
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	245
b) Uticaj stepena sklopa . . . . .	245
c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine . . . . .	247
2) Veličina procenta prirasta zapremine sastojine . . . . .	247
Umjesto zaključaka . . . . .	249

## Drugi dio

### NORMALNO STANJE

I) Oblik gazdovanja . . . . .	251
1) Odnos crnog bora prema svjetlosti . . . . .	251
2) Sastojinski oblik gazdovanja . . . . .	253
3) Preborni oblik gazdovanja . . . . .	256
a) Tipični preborni oblik gazdovanja . . . . .	256
b) Grupimični preborni oblik gazdovanja . . . . .	259
II) Normalno stanje šuma crnog bora sa grupimičnim prebornim oblikom gazdovanja . . . . .	259
1) Općenito o normalnom stanju . . . . .	259
2) Elementi normalnog stanja . . . . .	260
a) Normalni stepen sklopa . . . . .	260
b) Normalni srednji prečnik sastojine . . . . .	262
c) Prečnik sječive zrelosti . . . . .	267
3) Normalno stanje prije sječe . . . . .	267
4) Normalno stanje poslije sječe . . . . .	270
5) Normalno korišćenje . . . . .	273
6) Tekući prirast zapremine normalne sastojine . . . . .	276
7) Odnosi taksacionih elemenata normalnog stanja izolovanih sastojina . . . . .	279
Zaključna razmatranja . . . . .	280
Zusammenfassung . . . . .	281
Literatura . . . . .	288
Prilog: izvorni materijal — tabele I—IX . . . . .	291

## PREDGOVOR

U okviru zadataka bivšeg Zavoda za uređivanje šuma Šumarskog fakulteta, a sada Odjeljenja za uređivanje šuma Instituta za šumarstvo i drvenu industriju Šumarskog fakulteta u Sarajevu, počeo sam 1956. godine da obrađujem temu Taksacione osnove za gazdovanje šumama crnog bora u Bosni. Inicijativu za obradu ove teme dao je rukovodilac Zavoda odnosno Odjeljenja profesor inž. Vasilije Matić, koji mi je tokom rada pružio svoju svestranu pomoć, za što mu se i na ovom mjestu zahvaljujem.

Terenske radove i tehničku obradu prikupljenog materijala finansirala su šumska gazdinstva sa područja NR Bosne i Hercegovine putem Preduzeća za uređivanje šuma »Šumaplan« u Sarajevu. Izražavajući svoju zahvalnost navedenim privrednim organizacijama posebno se zahvaljujem direktoru preduzeća »Šumaplan« inž. Milanu Dučiću, čijim zalaganjem finansijska strana nije predstavljala teškoće pri ovim radovima.

Tokom ljeta i jeseni 1956. i 1957. godine postavljeno je 56 privremenih oglednih površina u najvećim kompleksima šuma crnog bora na područjima tadašnjih šumskih uprava Višegrad, Bugojno i Vozuća kod Zavidovića. Jedna terenska sekcija od 8 članova, radeći po 4 do 5 mjeseci u toku obadrije godine, izvršila je odgovarajuća mjerenja na izabranim oglednim površinama i obavila prvu tehničku obradu prikupljenog materijala. Sekciju su sačinjavali studenti III i IV godine i apsolvanti sarajevskog Šumarskog fakulteta. Izbor svih oglednih površina izvršio je autor, koji je cijelo vrijeme neposredno rukovodio radom sekcije i obavljao složenije poslove u vezi sa snimanjima i obradom materijala. Bilo je predviđeno da se postavi više oglednih površina, ali za navedeno vrijeme to nije bilo moguće.

Metod koji sam primijenio za obradu prikupljenog materijala i pomoću kojeg sam jedino bio u mogućnosti da izvršim čitav niz analiza u vezi sa međusobnom zavisnošću pojedinih taksacionih elemenata (metod višestruke regresione analize) iziskuje, pored ostalog, i obimna izračunavanja tehničke prirode. Za ove poslove bilo je tokom 1958—1960. godine povremeno angažovano nekoliko inženjera, tehničara i računovodstvenih službenika Fakultetskog šumskog oglednog dobra »Igman« i preduzeća »Šumaplan«, kao i studenata Šumarskog fakulteta u Sarajevu. Oni su ovaj posao obavili najvećim dijelom pomoću računskih mašina.

Znatan dio poslova tehničke prirode, naročito u vezi sa izradom tablica taksacionih elemenata, koje su rezultat ovog rada, obavili su laboranti Katedre za uređivanje šuma Šumarskog fakulteta u Sarajevu drugarice Žic Galina i Marin Stojanka. Za njihov rad odajem im priznanje i na ovom mjestu

## UVOD I PROBLEMATIKA

Dok su postojale velike zalihe drveta u našim šumama, određivanje obima sječa zasnivalo se, uglavnom, na dozvoljenom maksimalnom intenzitetu sječa, a manje na poznavanju prirasta. Zbog toga, kao i zbog čestog shvatanja da je šuma proizvod, a ne proizvodno sredstvo, u predratnom periodu gazdovanja šumama u Bosni se nije pridavao veći značaj ispitivanjima prirasta. Paralelno sa smanjivanjem zaliha drveta po jedinici površine, sve više je postajalo nužno da se obim sječa određuje na bazi kontinuiteta u gazdovanju šumama. Međutim, bez poznavanja prirasta zapremine to nije bilo moguće. Ovaj problem naročito se ispoljio u poslijeratnom periodu razvoja šumarstva i industrije drveta, kada je trebalo pristupiti izradi perspektivnog plana za ove dvije privredne grane. Zbog toga su u NR Bosni i Hercegovini, počev od 1952. godine, preduzeta obimna ispitivanja zapreminskog prirasta i drugih taksacionih elemenata od kojih ovaj prirast zavisi ili čiji su oni pokazatelji. Težište rada u početku je bilo na šumama jele, smrče i bukve kao privredno najvažnijim (30, 32). Docnije, kada su zato stvoreni potrebni uslovi, pristupilo se odgovarajućim ispitivanjima i u ostalim šumama (58, 63). Sa ovakvim ispitivanjima započeli smo od 1956. godine i u šumama crnog bora na području Bosne.

Crni bor je prirodno rasprostranjen na velikom dijelu Bosne i Hercegovine (13) i ima znatan privredni značaj kako u pogledu proizvodnje drveta, tako i smole (27, 59, 61 i dr.). Njim se postižu relativno dobri prinosi u vrlo lošim stanišnim uslovima. Velike šumske površine sa plitkim i suvim zemljištima na strmim južnim padinama u Bosni obrasle su crnim borom te njegova zamjena drugim vrstama drveća u takvim stanišnim uslovima ne dolazi u obzir. Ne samo to. Pri melioraciji šuma skoro na svim spomenutim staništima na crni bor se računa kao na glavnu vrstu. On predstavlja i predstavljaće i ubuduće jednu od glavnih vrsta za pošumljavanje krša i goleti.

Uprkos velikom privrednom značaju crnog bora, on spada među vrste drveća koje su u taksacionom pogledu najmanje ispitane. Kada su u pitanju naši uslovi, onda možemo reći da je ta oblast ostala skoro potpuno neispitana. Mi nismo u mogućnosti da dokumentovano govorimo o tome koji oblici gazdovanja dolaze u obzir, kakva struktura sastojina treba da bude, na koji se prinos može računati u ovim šumama itd.

U poslijeratnom periodu kod nas obavljena ispitivanja taksacionih elemenata crnog bora ili ona koja su povezana sa poznavanjem ovih elemenata, koliko je nama poznato, odnose se pretežno na kulture, i to uglavnom mlađe (17, 28, 29, 35, 36, 54, 56, 57 i dr.). Ta ispitivanja su vidan doprinos poznavanju taksacionih elemenata takvih sastojina. Međutim, njihovi rezultati, po našem mišljenju, ne mogu da posluže za uopštavanja radi osvjetljavanja međusobnih odnosa taksacionih elemenata, a pogotovo ne za takva uopštavanja iz kojih bi proizilazile osnove za gazdovanje u prirodno nastalim šumama crnog bora u Bosni. Iz dostupne literature nismo mogli saznati da li su za ove šume uopšte vršena neka značajnija ispitivanja u ovom pogledu.

Zadatak ovog rada jeste da, na osnovu proučavanja konkretnog materijala, utvrdi veličine važnijih taksacionih elemenata, osvjetli neke zakonitosti koje postoje u njihovim međusobnim odnosima i sa tog staništa da osnovu za gazdovanje šumama crnog bora u Bosni.

U okviru postavljenog zadatka, u prvom dijelu rada obrađeni su sljedeći taksacioni elementi:

visine stabala koje služe i kao indikator boniteta staništa,  
broj stabala sastojine po 1 hektaru,  
zapremina stabala sastojine po 1 hektaru,  
površina horizontalne projekcije kruna (veličina projekcije kruna stabala i intenzitet njihovog međusobnog prekrivanja),  
prirast (debljinski prirast, prirast zapremine po jedinici projekcije kruna, prirast zapremine sastojine po 1 hektaru i procent prirasta zapremine sastojine).

Visine stabala razmatrane su u zavisnosti od boniteta staništa i debljine stabala.

Broj stabala, zapremina, prirast zapremine i procent prirasta zapremine sastojine analizirani su u zavisnosti od boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine.

Ostali taksacioni elementi (debljinski prirast, prirast zapremine po jedinici projekcije kruna, veličine projekcije kruna stabala i intenzitet njihovog međusobnog prekrivanja) razmatrani su u zavisnosti od boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika sastojine i debljine stabala, tj. ova razmatranja su vršena po odabranim debljinskim stepenima, odnosno klasama.

Faktori čiji ćemo uticaj na proučavane taksacione elemente da ispitujemo takođe su taksacioni elementi. Njih ćemo u ovom radu nazivati drugi taksacioni elementi, tj. oni od čijih veličina i promjena zavise veličine i promjene ispitivanih taksacionih elemenata (naravno, u statističkom smislu). Odnose taksacionih elemenata, osim pri razmatranju visina stabala, izrazili smo matematički, pomoću jednačina višestruke regresije, koje su nam poslužile kao baza za izradu tablica taksacionih elemenata.

Jasno je da na taksacione elemente utiču i drugi faktori. Mi smo obuhvatili samo one za koje smo smatrali da su najuticajnije i koji se inače utvrđuju u današnjoj našoj praksi uređivanja šuma ili ih je lako utvrditi. Ovo smo učinili, pored ostalog, i zbog toga da bismo olakšali upotrebu navedenih tablica taksacionih elemenata.

Paralelno sa utvrđivanjem veličina taksacionih elemenata i stepena njihove zavisnosti od obuhvaćenih faktora (drugih taksacionih elemenata) pokušali smo da damo i objašnjenja za konstatovane pojave.

U drugom dijelu rada obrađeno je normalno stanje kao uredajno-taksaciona osnova za kontinuelno gazdovanje. Pri utvrđivanju normalnog stanja koristili smo se rezultatima izloženim u prvom dijelu rada a uzete su u obzir najznačajnije ekološke karakteristike crnog bora. U okviru ovih razmatranja, prije svega, učinjen je pokušaj da se ocrta oblik gazdovanja kojim se, po našem mišljenju, najlakše može obezbijediti podmlađivanje, što je jedan od uslova kontinuiteta gazdovanja. Zatim su obrađeni elementi normalnog stanja (normalni stepen sklopa, normalni srednji prečnik sastojine, normalni prečnik sječive zrelosti najdebljih stabala) te je za razmatrane bonitetne razrede utvrđeno normalno stanje prije sječe, normalno stanje poslije sječe, normalno korišćenje (prinos) i prirast zapremine normalne sastojine. Na kraju smo izložili važnije zaključke i dali prijedloge za gazdovanje šumama crnog bora u Bosni.

## O METODICI RADA

Za prikupljanje osnovnog materijala primijenjen je metod privremenih oglednih površina (u daljem tekstu: ogledne površine). Pri njihovom izboru vodilo se računa da budu zastupljeni svi slučajevi s obzirom na bonitetni razred staništa, stepen sklopa i srednji prečnik sastojine. Stoga smo pri odabiranju oglednih površina vršili djelimično mjerenje visina za prethodnu procjenu boniteta staništa, a stepen sklopa i srednji prečnik sastojine prethodno smo ocjenjivali samo okularno. U okviru jedne ogledne površine nastojali smo da budu obuhvaćene približno jednake stanišne i sastojinske prilike. Ogledne površine postavljane su samo u čistim sastojinama crnog bora, pri čemu smo kao čiste sastojine smatrali i one u kojima ima drugih vrsta drveća, ali samo do 5 procenata s obzirom na zapreminu krupnog drveta. U smolarenim sastojinama nisu postavljane ogledne površine. Prema tome ova ispitivanja se odnose na čiste, nesmolarene sastojine crnog bora.

S obzirom na veličinu, težilo se da ogledna površina bude veća ukoliko u sastojini ima više debljih stabala, i obratno. Svaka ogledna površina je iskolčena i izvršen premjer njenih granica univerzalnim teodolitom na principu zatvorenog poligona. Na osnovu ovog premjera utvrđene su relativne koordinate prelomnih graničnih tačaka, a iz koordinata na poznati način izračunata veličina ogledne površine. Nadmorska visina izmjerena je kompenzacionim aneroidom, a inklinacija padomjerom.

Na oglednim površinama obrojčena su sva stabla iznad taksacione granice, koja je ovdje postavljena kod prsnog prečnika stabala od 10 cm. Stabla ispod taksacione granice nisu obuhvaćena premjerom.

Za svako stablo na oglednoj površini izmjerena su dva unakrsna prsna prečnika sa tačnošću od 1 cm. Prvi prečnik je, po pravilu, paralelan sa izohipsama terena. Pri klupiranju stabala mjereni (unakrsni) prečnici su zaokružavani naniže. Srednji prsni prečnik stabla izračunat je kao aritmetička sredina mjerenih prečnika. Pri izračunavanju taksacionih elemenata formirani su debljinski stepeni širine 5 cm. Pri tome su stabla prvih 5 debljinskih stepena širine 1 cm (stabla debljine od 10,0 do 14,9 cm) svrstana u jedan debljinski stepen, sa sredinom kod 12,5 cm, stabla drugih 5 debljinskih stepena širine 1 cm (15,0—19,9 cm) u drugi debljinski stepen sa sredinom kod 17,5 cm itd.

Za sva obrojčena stabla na oglednoj površini utvrđene su visine, debljinski prirast, površina horizontalne projekcije krune i intenzitet prekrivenosti krune posmatranog stabla krunama drugih stabala. Način mjerenja odnosno izračunavanja ovih elemenata izložili smo pri njihovoj analizi.

Za analizu zavisnosti proučavanih taksacionih elemenata od obuhvaćenih faktora primijenjen je metod višestruke regresione analize. Suštinu ovog metoda izložili smo na primjeru koji se odnosi na analizu zavisnosti broja stabala sastojine od veličine drugih taksacionih elemenata.

Na bazi rezultata regresionih analiza izrađene su tablice taksacionih elemenata. Pri sastavljanju ovih tablica primijenjen je postupak koji je razradio Matić (32). Suštinu postupka prikazali smo pri sastavljanju tablica broja stabala sastojine.

Pri utvrđivanju normalnog stanja prije sječe koristili smo se prvenstveno rezultatima proučavanja našeg konkretnog materijala. Normalno stanje poslije sječe i normalno korišćenje određeni su na bazi vremena prelaza po poznatom Miletićevom postupku (41).

Kako se vidi, najveći dio metodike rada, tačnije: metoda i postupaka primijenjenih u ovim proučavanjima, izložen je kroz cijeli rad. S obzirom na karakter rada smatrali smo da je to bolje nego da smo sve o metodici izložili samo u okviru ovog odjeljka, ukoliko bi to uopšte bilo moguće.

## OPŠTE KARAKTERISTIKE IZVORNOG MATERIJALA

U tabelama I—IX, koje dajemo u prilogu, za svaku oglednu površinu detaljno su prikazani osnovni podaci koji su iskorišćeni kao izvorni materijal.

Čistih sastojina crnog bora, kao što je poznato, u Bosni ima najviše u područjima sljedećih šumskih uprava (prema stanju područja šumskih uprava u 1956. i 1957. godini):

Višegrad — privredne jedinice: Višegrad, Sjemeč i Bič-planina; Šumsko privredno područje Srednje drinsko;

Bugojno — privredne jedinice: Škrta-Nišan i Prusačka rijeka; Šumsko privredno područje Gornje vrbasko i

Vožuća, kod Zavidovića — privredna jedinica Donja Krivaja; Šumsko privredno područje Krivaja — Gostović.

U navedenim područjima postavljeno je 56 oglednih površina, od kojih na području Šumske uprave Višegrad — 24, Bugojno — 20 i Vožuća — 12. Položaj i veličina ovih površina prikazani su u tabeli I.

Veličina oglednih površina varira od 0,24 do 2,70 hektara, a u prosjeku je 0,97 ha. Na oglednim površinama broj stabala kretao se od 79 do 1979, a u prosjeku je bio 379. Na svim oglednim površinama bilo je ukupno 21.249 stabala iznad taksacione granice; sva su obuhvaćena promjerom.

Pri mjerenju visina i debljinskog prirasta dešavalo se da su pojedina stabla morala biti ispuštena zbog prelomljenog ili na drugi način deformisanog vrha, odnosno zbog natrulog ili drukčije oštećenog debla oko prsne visine. Broj ovakvih stabala ni na jednoj oglednoj površini ne prelazi 5% od svih mjerenih stabala.

S obzirom na pojedina obilježja, ogledne površine su raspoređene na sljedeći način:

Geološka podloga:	serpentin	dolomit	krečnjak	gabro	dijabaz
Broj oglednih površina:	19	20	13	2	2

U području Višegrada na serpentinu se nalazi 7 oglednih površina, krečnjaku — 13, gabru — 2 i dijabazu 2. U području Bugojna sve ogledne površine su na dolomitima, a u području Vožuća na serpentinima.

Nadmorska visina u metrima	350—600	601—800	801—1000	1001—1210
Broj oglednih površina	9	13	17	17



Ekspozicija	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	ravno		
Broj oglednih površina	3	5	3	10	9	10	11	4	1		
Inklinacija u stepenima		0	5	10	15	20	25	30	35	40	70
Broj oglednih površina		1	1	2	10	5	18	11	5	2	1

Nadmorska visina, ekspozicija i inklinacija za svaku oglednu površinu sadržani su u tabeli I.

U pogledu geološke podloge, nadmorske visine, ekspozicije i inklinacije postavljene ogledne površine mogu se smatrati reprezentantima šuma crnog bora u Bosni. Ovu tvrdnju zasnivamo na sljedećim činjenicama:

Utvrđeno je da se najveći kompleksi šuma crnog bora u Bosni nalaze na serpentinitima, dolomitima i krečnjacima (13, 60 i dr). Na ovim geološkim podlogama nalazi se preko 90% oglednih površina.

Najveći dio područja gdje se nalazi crni bor ima nadmorsku visinu između 600 i 1200 m (27). U granicama ovih nadmorskih visina nalazi se preko 80% oglednih površina.

Opšte je poznato da crni bor raste najviše na jugoistočnim, južnim, jugozapadnim i zapadnim ekspozicijama i da su tereni gdje se on nalazi dosta strmi, većinom iznad 15 stepeni nagiba. Na ovim ekspozicijama nalazi se oko 70% oglednih površina, a na terenima nagiba iznad 15 stepeni ima preko 90% ovih površina.

Budući da su sve ogledne površine postavljene u najvećim kompleksima šuma crnog bora i da se prilikom njihovog postavljanja nije vodilo računa ni o jednom od navedena četiri obilježja, to bi i raspodjela oglednih površina s obzirom na ove faktore trebalo da predstavlja raspodjelu površine šuma crnog bora u Bosni u odnosu na iste faktore.

S obzirom na bonitetni razred staništa, stepen sklopa i srednji prečnik sastojine, ogledne površine imaju sljedeći raspored:

Bonitetni razred staništa	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0		
Broj oglednih površina	5	9	26	13	3		
Stepen sklopa sastojine	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Broj oglednih površina	8	8	10	17	8	4	1
Srednji prečnik sastojine — u cm	14-19	20-29	30-39	40-49	50-59	65	
Broj oglednih površina	2	21	18	9	5	1	

Bonitetni razred staništa, stepen sklopa i srednji prečnik sastojine za svaku oglednu površinu izloženi su u tabeli II.

Pri izboru oglednih površina vodilo se računa da budu zastupljeni svi bonitetni razredi staništa, stepeni sklopa i srednji prečnici sastojina. Pri ovom se naročito nastojalo da ekstremi budu zastupljeni u što većem broju slučajeva. Razlog za ovo je poznata okolnost da, na primjer, sastojina III bonitetnog razreda ima najviše, II i IV mnogo manje i da su sastojine I i V bonitetnog razreda vrlo rijetko zastupljene. Da smo pri izboru oglednih površina postavili uslov da one, s obzirom na bonitet

staništa, budu u istom takvom odnosu, onda bi se desilo da ostanemo bez oglednih površina ekstremnih bonitetnih razreda ili bismo, u protivnom, morali postavljati znatno veći broj ovih površina. Ovo se odnosi i na stepen sklopa i srednji prečnik sastojine. Zbog ovog raspodjela oglednih površina s obzirom na ove faktore ne odgovara raspodjeli površine šuma. Kod oglednih površina veći je relativni udio ekstremnih slučajeva nego na stvarnim šumskim površinama. Ipak i ovdje su najviše zastupljeni srednji bonitetni razredi (III), stepeni sklopa (0,6—0,7) i prečnici sastojina (20—40 cm). Razlog za ovakva nastojanja pri izboru oglednih površina je primijenjeni metod analize zavisnosti proučavanih taksacionih elemenata od ovih faktora.

Uprkos ovakvim nastojanjima pri izboru oglednih površina, smatramo da nije povrijeđen princip njihovog slučajnog izbora. Ovu tvrdnju zasnivamo na činjenici da je praktično nemoguće sistematsko odabiranje površina sa takvom kombinacijom faktora uz koje će, na primjer, prirast biti uvijek veći ili uvijek manji. Ako se dvije ogledne površine istog stepena sklopa odaberu na različitim mjestima u šumi, onda je za jednakost prirasta zapremine po jedinici površine kod njih uslov da i ostali obuhvaćeni faktori budu jednaki. Takve dvije površine, sa jednakim svim obuhvaćenim nezavisnim faktorima, vrlo je teško naći, a da i ne govorimo o više njih. Ako ovome dodamo da se unaprijed ne može znati koji stepen promjene jednog faktora odgovara određenom stepenu promjene drugih dvaju faktora za istu promjenu prirasta zapremine i da ovaj prirast ne zavisi samo od tih (obuhvaćenih) već i od drugih (neobuhvaćenih) faktora, onda je isključena mogućnost sistematskog odabiranja oglednih površina radi dobivanja podataka o većem ili manjem prirastu zapremine. Ovo se odnosi i na ostale taksacione elemente.

U okviru analize pojedinih taksacionih elemenata izložene su i ostale karakteristike izvornog materijala, pa ih zbog toga ne navodimo i ovdje.

## Prvi dio

### TAKSACIONI ELEMENTI

#### A) VISINE STABALA

##### I) Krivulje visina stabala

Na oglednim površinama mjerene su visine svih stabala iznad taksacione granice pomoću Christenovog visinomjera, sa tačnošću od 1 m. Za svaku oglednu površinu izračunate su srednje visine stabala po debljinskim stepenima širine 5 cm. Njihovim grafičkim izravnavanjem dobivena je krivulja visina kao funkcija prsnih prečnika stabala. Izravnate (sa krivulja očitane) visine stabala odabranih prsnih prečnika prikazane su pojedinačno za svaku oglednu površinu u tabeli V.

##### II) Krivulje bonitetnih razreda

Za procjenjivanje boniteta staništa upotrijebljene su Eićeve krivulje bonitetnih razreda za crni bor, koje se sada primjenjuju u praksi uređivanja šuma na području Bosne i Hercegovine (7). Na osnovu položaja krivulje visina u odnosu na sredinu bonitetnog polja kojem ona pripada, bonitetni razredi oglednih površina procjenjivani su sa tačnošću od jedne desetine širine bonitetnog polja. Pri ovom procjenjivanju iskorišćen je prvenstveno onaj dio visinske krivulje koji se odnosi na stabla srednjih debljinskih stepena. Bonitetni razredi staništa oglednih površina prikazani su u tabeli II.

Za većinu oglednih površina pokazalo se da dio krivulje visina koji se odnosi na stabla tanjih debljinskih stepena presijeca dvije ili više krivulja Eićevih bonitetnih razreda. To je bio razlog da ispitamo valjanost oblika upotrijebljenih krivulja bonitetnih razreda. Pri tome smo postupili na sljedeći način.

S obzirom na bonitetni razred kojem pripadaju, ogledne površine, kako smo već naveli, imaju sljedeći raspored:

u polju Eićevog bonitetnog razreda	I	II	III	IV	V
nalazi sa oglednih površina	5	9	26	13	3

Za svaku oglednu površinu u okviru jedne grupe (jednog bonitetnog razreda) očitane su visine sa visinskih krivulja i iz njih izračunate prosječne visine stabala po debljinskim stepenima za grupu oglednih površina kao cjelinu. Tako smo za pet grupa oglednih površina dobili pet izlomljenih linija, koje predstavljaju prosječne visine stabala po debljinskim stepenima za navedene bonitetne razrede. Ove izlomljene linije predstavljene su na slici 1, figura a.

VISINE STABALA - BAUMHÖHEN

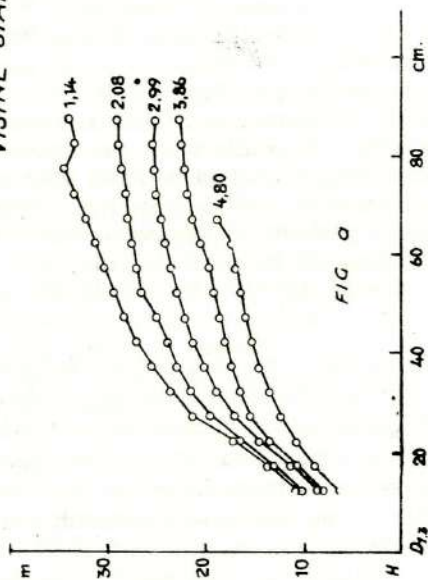


FIG. a

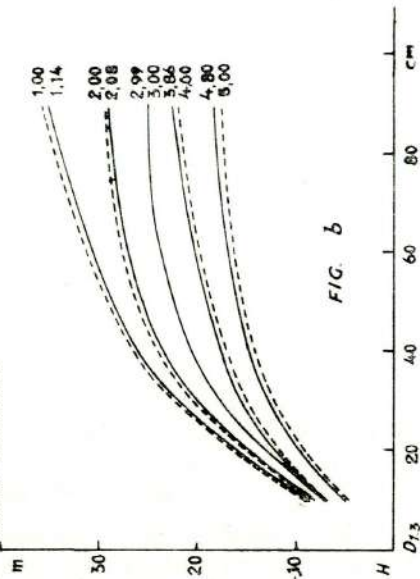


FIG. b

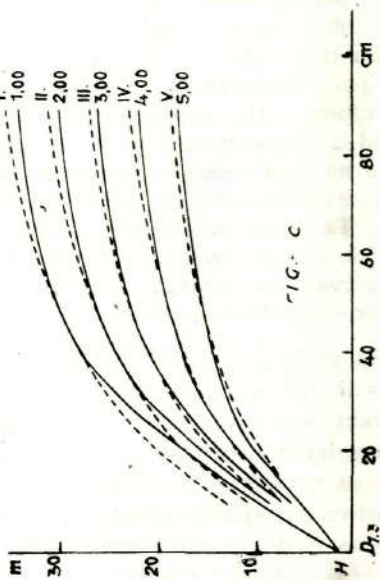


FIG. c

LEGENDA - LEGENDE

- FIG. a  
 ○ — PROSJEČNI PODACI ZA BONITETE 1,14 - 4,80  
 — — — — — DURCHSCHNITTLICHE DATEN FÜR HÖHENBONITÄTEN 1,14 - 4,80
- FIG. b  
 — — — — — IZRAVNATI PODACI ZA BONITETE 1,14 - 4,80  
 — — — — — AUSGEGLEICHENE DATEN FÜR HÖHENBONITÄTEN 1,14 - 4,80
- FIG. c  
 — — — — — IZRAVNATI PODACI ZA BONITETE 1,00 - 5,00  
 — — — — — AUSGEGLEICHENE DATEN FÜR HÖHENBONITÄTEN 1,00 - 5,00
- — — — — IZRAVNATI PODACI ZA BONITETE 1,00 - 5,00  
 — — — — — AUSGEGLEICHENE DATEN FÜR HÖHENBONITÄTEN 1,00 - 5,00
- — — — — EICEVI PODACI ZA BONITETE I - V  
 — — — — — DATEN VON EIC FÜR HÖHENBONITÄTEN I - V

Prosječni bonitet za jednu grupu izračunat je iz vrijednosti bonitetnih razreda (procjenjenih na jednu desetinu širine bonitetnog polja) oglednih površina iste grupe. Tako smo konstatovali da ogledne površine čije visinske krivulje stabala leže

u polju Eićevog bonitetnog razreda	I	II	III	IV	V
za prosječni bonitet imaju vrijednost	1,14	2,08	2,99	3,86	4,80

Vrijednost za prosječni bonitet oglednih površina u poljima I i II je veća (linije su niže) od sredina ovih polja, dok u poljima IV i V imamo obratnu pojavu. U polju III vrijednost prosječnog boniteta oglednih površina i sredine polja su praktično jednake ( $2,99 = III$ ). Ovo proizilazi iz oblika linije frekvencija oglednih površina po bonitetnim razredima (najveći udio oglednih površina III, manji II i IV, a najmanji I i V bonitetnog razreda) i načina utvrđivanja prosječnih vrijednosti (po aritmetičkoj sredini) za bonitetne razrede grupa oglednih površina. Budući da su sredine polja Eićevih bonitetnih razreda rezultat grafičkog dijeljenja bonitetnog snopa na pet polja jednake širine, a vrijednosti prosječnih boniteta za grupe oglednih površina izračunate po aritmetičkoj sredini, to je i logično kretanje razlika između Eićevih i naših podataka.

Izlomljene linije prosječnih visina stabala pojedinih grupa oglednih površina grafički su izravnate, a zatim pomjerene na sredinu polja bonitetnog razreda. Pri ovom pomjeranju služili smo se konstatovanim razlikama između Eićevih i naših podataka i širinom bonitetnog polja. Širina jednog bonitetnog polja po Eićevim tablicama (7) kreće se od 2,12 m, u debljinskom stepenu 12,5 cm, do 4,25 m, u debljinskom stepenu 87,5 cm. Sa izravnate krivulje bonitetnog razreda 1,14 očitane su visine stabala po debljinskim stepenima. Ove su, zatim, povećane za 14% širine bonitetnog polja u odgovarajućim debljinskim stepenima. Za bonitetni razred 2,08 ovo povećavanje je iznosilo 8%. Za ostale bonitetne razrede visine po debljinskim stepenima su smanjene, i to: kod boniteta 2,99 za 1% kod boniteta 3,86 za 14% i kod boniteta 4,80 za 20% širine bonitetnog polja. Tako su dobivene krivulje visina stabala za bonitetne razrede 1,0—5,0, koje su prikazane na slici 1, figura b. Da bi se ove krivulje mogle upoređivati sa Eićevim, potrebno je još ujednačiti njihov tok, što je učinjeno na sljedeći način:

Za svaki debljinski stepen očitane su visine sa svih pet pomjerenih visinskih krivulja. Ove su, zatim, grafički izravnate po pravcu posebno za svaki debljinski stepen. Time je dobiven jednak razmak između krivulja u istim debljinskim stepenima. Dobivene vrijednosti za visine ponovo su grafički izravnate po dužini svake visinske krivulje. Time su definitivno utvrđene prosječne krivulje visina (krivulje bonitetnih razreda) za crni bor na osnovu naših podataka. Rezultati su prikazani na slici 1, figura c, i u tabeli 1. Radi upoređenja, na istoj slici i u tabeli, dati su i podaci za Eićeve krivulje bonitetnih razreda. U svojim tabelama Eić daje visine stabala zaokruženo na 1 m. Njihovim grafičkim izravnanjem mi smo iste visine u tabeli 1 iskazali na jednu decimalu.

Tabela 1

Prsni prečnik stabla u cm	Bonitetni razredi									
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	I	II	III	IV	V
	Prosječne visine stabala u m									
	Naši podaci					Eičevi podaci				
10	9,4	8,2	7,1	5,9	4,8	12,0	9,5	7,5	6,0	5,0
15	13,1	11,6	10,2	8,7	7,3	16,2	13,6	11,0	9,0	7,2
20	16,7	14,9	13,1	11,3	9,5	19,5	16,6	13,8	11,3	9,0
25	19,9	17,7	15,6	13,4	11,2	22,0	19,0	16,0	13,2	10,7
30	22,9	20,3	17,7	15,0	12,4	24,0	20,8	17,8	14,7	11,8
35	25,3	22,3	19,3	16,3	13,3	25,6	22,3	19,2	15,9	12,9
40	27,2	23,9	20,6	17,3	14,0	27,0	23,7	20,4	17,1	13,8
45	28,7	25,1	21,6	18,1	14,6	28,5	25,0	21,4	17,9	14,6
50	29,8	26,1	22,4	18,7	15,1	29,7	26,0	22,3	18,7	15,3
55	30,7	26,9	23,1	19,3	15,5	30,8	27,0	23,2	19,4	16,0
60	31,4	27,5	23,7	19,8	15,9	31,8	27,8	23,8	20,0	16,6
65	32,0	28,1	24,2	20,2	16,3	32,7	28,7	24,6	20,7	17,0
70	32,5	28,6	24,6	20,6	16,7	33,4	29,3	25,2	21,2	17,4
75	32,9	29,0	25,0	21,0		33,9	29,8	25,7	21,6	
80	33,3	29,3	25,3			34,4	30,3	26,2		
85	33,7	29,6				34,8	30,7			
90	34,0					35,2				

Pri bonitiranju oglednih površina pomoću naših krivulja bonitetnih razreda konstatovali smo da je znatno manji broj krivulja visina koje presijecaju ove bonitetne krivulje nego što je to slučaj pri bonitiranju pomoću Eičevih bonitetnih krivulja. I pri ovom drugom bonitiranju dobivene su, naravno, iste vrijednosti za bonitetne razrede oglednih površina, što je posljedica opisanog načina bonitiranja i koincidencije Eičevih i naših bonitetnih krivulja u srednjim debljinskim stepenima.

Oblik Eičevih krivulja bonitetnih razreda za crni bor ne odgovara prirodnom obliku visinskih krivulja. Te krivulje za bonitetne razrede I—III pokazuju prevelik odnos između visina stabala do 40 cm i visina stabala iznad 40 cm prsnog prečnika, tj. one imaju malen stepen penjanja u intervalu prsnih prečnika 10—40 cm. Eičeve krivulje, osim za V i djelimično za IV bonitetni razred, nemaju takav oblik da bi se mogle spojiti sa ishodištem ( $H = 1,3$  m za  $D_{1,3} = 0$  cm), a da pri tome sačuvaju svoj kontinuelan tok. Prevojna tačka kod njih se uopšte ne primjećuje. One nemaju oblik izduženog slova S, koji je karakterističan za rasteenje.

Naše krivulje bonitetnih razreda imaju veći stepen penjanja u intervalu prsnih prečnika 10—40 cm. One se, uz njihov postojeći tok, lako mogu spojiti sa navedenim ishodištem. Kod njih se, osim za bonitetni razred 1,0, primjećuje prevojna tačka. One više liče na krivulju rasteenja okarakterisanu na izloženi način i stoga su realnije nego Eičeve.

Razlika u obliku između Eićevih i naših krivulja bonitetnih razreda najbolje se vidi na slici 1, figura c, kao i iz podataka u tabeli 1. Za bonitetne razrede IV i V nema velikih razlika između jednih i drugih krivulja.

Isti nedostatak Eićevih bonitetnih krivulja za jelu, smrču i bukvu utvrdio je Matić (32), za hrast — Vukmirović (63) i za bijeli bor — Stojanović (58).

Iz izloženog proizilazi da postojeće krivulje bonitetnih razreda za crni bor (7), koje se sada primjenjuju u praksi uređivanja šuma u našoj Republici, treba izmijeniti prema našim konstatacijama. Izmjena oblika bonitetnih krivulja povlači za sobom promjenu prosječnih oblikovisina i zapremine stabala, pa smo zbog toga sastavili i odgovarajuće tablice na osnovu naših krivulja bonitetnih razreda. Način sastavljanja ovih tablica izložen je posebno (34).

### III) Način bonitiranja sastojina crnog bora

Ako prosječne visine stabala za treći bonitetni razred označimo indeksom 100, onda su prosječne visine za prvi i peti bonitetni razred, prema našim podacima (tabela 1), sljedeće:

prsni prečnik stabla u cm	10	20	30	40	50	60	70
relativna visina stabala prvog u odnosu na treći bonitetni razred	132	127	129	132	133	132	132
relativna visina stabala petog u odnosu na treći bonitetni razred	68	73	70	68	67	67	68
razlika u relativnim visinama stabala prvog i petog bonitetnog razreda	64	54	59	64	66	65	64

Iz ovih podataka se vidi da se razlike u relativnim visinama stabala najboljih i najlošijih staništa ne mijenjaju mnogo sa promjenom debljine stabala. To znači da je uticaj boniteta staništa na visine stabala relativno približno jednak u svim debljinskim stepenima.

Ova konstatacija je u suprotnosti sa Fluryjevim nalazom da se u prebornim sastojinama bonitet staništa ne odražava u visini tankih stabala (10). Istina, Fluryjev nalaz se odnosi na švajcarske preborne šume jele, smrče i bukve sa pretežnim udjelom jele, a naš na čiste sastojine crnog bora u Bosni.

Međutim, navedeni Fluryjev nalaz nije se pokazao (kao tačan, kako je to utvrdio Matić, ni onda kada se radi o našim prebornim šumama jele, smrče i bukve. Zbog toga, kao i zbog nesigurnosti pri utvrđivanju dijela visinske krivulje koji se odnosi na najdeblja stabla, Matić preporučuje da se napusti dosadašnja praksa bonitiranja prebornih sastojina pomoću prosječnih visina najdebljih stabala i smatra da u tu svrhu, s obzirom na način izbora stabala za utvrđivanje krivulje visina, mogu najbolje da posluže prosječne visine stabala srednjih debljinskih stepena (32).

Navedeni Matićev dokaz o nesigurnosti utvrđivanja prosječnih visina najdebljih stabala u prebornim sastojinama jele, smrče i bukve odnosi se

dobrim dijelom i na utvrđivanje prosječnih visina najtanjih stabala u našim sastojinama crnog bora. Ovo je zbog toga što u ovim sastojinama, o čemu će još biti riječi, najmanje ima najdebljih i najtanjih stabala.

Naša konstatacija o približno jednakom relativnom uticaju boniteta staništa na visine stabala svih debljinskih stepena i Matičev dokaz o nesigurnosti utvrđivanja prosječnih visina najdebljih stabala, koji mi, zbog navedenog razloga, proširujemo i na utvrđivanje prosječnih visina najtanjih stabala upućuje na zaključak da bi se pri bonitiranju sastojina crnog bora u Bosni trebalo više oslanjati na prosječne visine stabala srednjih debljinskih stepena, odnosno na onaj dio visinske krivulje koji se odnosi na ova stabla. Pri ovom, naravno, treba imati u vidu svrhu bonitiranja. Naime, u današnjoj našoj praksi uređivanja šuma bonitiranje sastojina se vrši radi izbora prosječne krivulje visina iz sistema krivulja bonitetnih razreda za utvrđivanje konkretne zalihe sastojine po debljinskim stepenima odnosno klasama. To je i jedan od razloga zašto analizu visina stabala u ovom radu nismo proveli i na bazi starosti stabala.

#### IV) Visine stabala crnog bora u Bosni

Prosječne visine stabala crnog bora koje smo utvrdili na bazi našeg materijala date su u tabeli 1. Bilo bi interesantno uporediti ove visine sa odgovarajućim visinama za crni bor u drugim (našim i stranim) područjima. Na žalost, za to nemamo mogućnosti, jer kod nas i nema, osim navedenih (7), prosječnih visinskih krivulja za crni bor. Koliko nam je poznato, ni u stranim zemljama ne postoje takve (prosječne, standardne, normalne ili sl.) krivulje visina za ovu vrstu drveća. Od interesa je, međutim, i upoređenje ovih visina sa takvim visinama za druge vrste drveća. U tu svrhu koristićemo se podacima o prosječnim visinama jele i smrče koje je utvrdio Matić u prebornim šumama jele, smrče i bukve na području Bosne (32).

Prsni prečnik stabla u cm	10	20	30	40	50	60	70
jela, III bonitetni razred	7,0	14,2	20,0	24,2	26,9	28,5	29,5
smrča, III bonitetni razred	8,1	15,6	21,9	25,9	28,6	30,3	31,3
crni bor, 3,0 bonitetni razred	7,1	13,1	17,7	20,6	22,4	23,7	24,6

Označimo li ove prosječne visine za jelu odnosno smrču indeksom 100, onda su relativne visine stabala crnog bora sljedeće:

prsni prečnik stabla u cm	10	20	30	40	50	60	70	
relativna visina crnog bora u odnosu na visinu jele			101	92	89	85	83	83
relativna visina crnog bora u odnosu na visinu smrče			88	84	81	80	78	78

Visine stabala crnog bora prsnog prečnika 10 cm u prosjeku su jednake visinama stabala jele iste debljine. Kod većih prsnih prečnika



borova stabla zaostaju u visinama iza jele. Kod prsnih prečnika 20—30 cm crni bor je niži od jele za oko 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, a kod prsnih prečnika iznad 40 cm — za oko 17<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

U odnosu na visinu smrčevih stabala crni bor je uvijek niži. Kod prsnih prečnika 10—20 cm on je niži od smrče za oko 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, a u debljinskim stepenima iznad 30 cm — za oko 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Amplituda visina stabala crnog bora (širina bonitetnog snopa od gornjeg ruba prvog do donjeg ruba petog bonitetnog razreda) kod prsnog prečnika 50 cm je, prema našim podacima, 18,3 m. Budući da je prosječna visina stabala kod istog prsnog prečnika za treći bonitetni razred 22,4 m, to je relativno variranje visina stabala crnog bora kod prsnog prečnika 50 cm vrlo veliko. Ono iznosi 82<sup>0</sup>/<sub>0</sub> od prosječne visine stabala za treći bonitetni razred.

U prebornim šumama jele, smrče i bukve Matić je utvrdio da amplituda visina stabala, izračunata na isti način i kod istog prsnog prečnika, iznosi za jelu 18,3 m (kao kod crnog bora), a za smrču 19,7 m. Budući da prosječna visina stabala za III bonitetni razred kod prsnog prečnika 50 cm iznosi za jelu 26,9 m, a za smrču 28,6 m, to je relativno variranje visina stabala ovih dviju vrsta drveća manje nego kod crnog bora. Ono iznosi za jelu 68, a za smrču 69<sup>0</sup>/<sub>0</sub> u odnosu na prosječne visine stabala za III bonitetni razred istih vrsta drveća kod prsnog prečnika 50 cm (32).

## B) BROJ STABALA SASTOJINE

Za svaku oglednu površinu broj stabala po 1 hektaru prikazan je u tabeli II. On varira u vrlo širokom intervalu, od 110 do 1188, a u prosjeku je 444.

### I) STRUKTURA BROJA STABALA

Procentualna raspodjela broja stabala po debljinskim klasama (debljinska struktura) svih oglednih površina prikazana je u tabeli III, a po visinskim klasama (visinska struktura) u tabeli IV.

Za većinu ispitivanih sastojina crnog bora debljinska struktura je slična strukturi jednodobnih sastojina, za manji dio ona predstavlja prelazni tip između strukture prebornih i jednodobnih, dok svega nekoliko sastojina (broj: 1, 2, 28, 35, 40, 44, 50, 54) imaju debljinsku strukturu sličnu strukturi prebornih sastojina. Sastojine prelaznog tipa debljinske strukture sastavljene su iz većih ili manjih grupa stabala, čija je debljinska struktura gotovo pravilnog binomskog oblika. Isto se odnosi i na sastojine koje po obliku debljinske strukture liče na dvospratne (broj: 34, 47, 48). Samo u tri sastojine (broj: 3, 7, 23) prelazni tip debljinske strukture je posljedica relativno veće zastupljenosti debljih stabala koja su preostala iza vrlo intenzivnih sječa prije posljednjeg rata. S obzirom na stanje podmlatka i ukoliko i dalje ne bude određenih mjera njege i obnove, u sastojinama koje po obliku debljinske strukture liče na preborne sa velikom vjerovatnoćom se može očekivati da će debljinska struktura vremenom poprimiti oblik prelaznog tipa, a zatim se približiti obliku debljinske strukture koji je karakterističan za jednodobne sastojine. Iz:

izloženog proizilazi da je za najveći dio prirodnih čistih sastojina crnog bora u Bosni karakteristična debljinska struktura slična strukturi jednodobnih sastojina, odnosno da su ove šume sastavljene iz većih ili manjih grupa stabala binomskog oblika debljinske strukture. Velika varijaciona širina prsnih prečnika stabala u većini sastojina odnosno grupa stabala upućuje na zaključak da ove šume imaju obilježja prašumskih tipova.

U pogledu visinske strukture gotovo sve ispitivane sastojine su slične jednodobnim. U većini sastojina čija se debljinska struktura približava binomskom obliku stabla se grupišu oko visina koje su neznatno veće od srednje visine sastojine, tj. linija raspodjele stabala po visinskim klasama je umjereno asimetrična na desnu stranu. U starijim nenjegovanim kulturama (broj: 9, 17, 42) najveći broj stabala je u najjačim visinskim klasama. Sastojine koje po visinskoj strukturi liče na dvospratne, sastavljene su od grupa stabala čija je visinska struktura približno binomskog oblika. U ostalim sastojinama stabla se grupišu uglavnom oko srednje sastojinske visine, češće sa umjerenom, a rjeđe sa izrazitom asimetrijom, koja je čas pozitivna, čas negativna. Varijaciona širina visina stabala u većini tretiranih sastojina, odnosno grupa stabala koje čine sastojinu, vrlo je velika. I ova okolnost upućuje na zaključak da se prirodne čiste sastojine crnog bora u Bosni mogu okarakterisati kao prašumski tipovi.

Oblik linija distribucije stabala s obzirom na debljinu i visinu nismo ovdje analizirali detaljno zbog toga što to nije bio zadatak ovog rada.

## II) ZAVISNOST BROJA STABALA OD VELIČINE DRUGIH TAKSACIONIH ELEMENATA

Za ispitivanje korelacione veze između broja stabala kao zavisne varijable i boniteta staništa, stepena sklopa te srednjeg prečnika sastojine kao nezavisnih varijabli, primijenjen je metod višestruke regresione analize. Ovaj metod primijenjen je i pri ispitivanju korelacionih veza između ostalih proučavanih taksacionih elemenata, s jedne, i istih nezavisnih varijabli, s druge strane. Ovdje ćemo izložiti suštinu primijenjenog metoda.

Oznake su sljedeće:

$Y$  — stvarni broj stabala po 1 hektaru,

$Y_s$  — broj stabala po 1 hektaru prema jednačini regresije,

$x_1$  — bonitetni razred staništa,

$x_2$  — stepen sklopa sastojine,

$x_3$  — srednji prečnik sastojine,

$n$  — broj slučajeva (broj oglednih površina),

$S$  — znak sume,

$a, b, c$ , itd. su parametri.

Bonitetni razredi staništa oglednih površina određeni su postupkom koji smo izložili u poglavlju A. Stepeni sklopa sastojina utvrđeni su na način koji ćemo izložiti kasnije (vidi poglavlje D). Srednji prečnik sastojine određen je na bazi ukupne temeljnice i broja stabala oglednih površina. Vrijednosti  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$  za svaku oglednu površinu sadržane su u tabeli II.

### 1) Prvo rješenje

Pri ispitivanju korelacionih veza kao prvi zadatak postavlja se izbor jednačine regresije. U našem primjeru pretpostavili smo da promjena boniteta staništa utiče na promjenu broja stabala linearno. Isto to pretpostavili smo i za uticaj stepena sklopa, zbog toga jer još nismo sigurni da li su navedeni uticaji linearni ili krivolinijski. Za srednji prečnik sastojine sigurno znamo da ne utiče linearno na broj stabala. Zato smo njegov uticaj, za sada, izrazili parabolom drugog reda. Na osnovu izloženog odabrali smo sljedeću jednačinu višestruke regresije:

$$Y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_3^2.$$

Ova jednačina treba da pokaže samo tendenciju prosječnog odnosa između  $Y$ , kao zavisne, i  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ , kao nezavisnih varijabli. Nju smo prilagodili podacima oglednih površina pomoću metoda najmanjih kvadrata, tj. pomoću normalnih jednačina. Normalne jednačine kod višestruke regresije nalaze se na isti način kao i kod jednostavne linearne regresije, s tim što se ovdje obuhvataju sve nezavisne varijable koje su, kao faktori, uzete u obzir. Za kontrolu izračunavanja zbirova osnovnih podataka i zbirova njihovih proizvoda koji su potrebni za sistem normalnih jednačina upotrebljavali smo Linderovu kontrolnu shemu (26). Normalne jednačine rješavali smo po Guldanovom skraćenom postupku eliminacije (18).

Rješenjem sistema normalnih jednačina dobivene su vrijednosti za parametre iz kojih proizilazi sljedeća jednačina za naš primjer:

$$Y_s = 2211,22 - 44,0165x_1 + 530,688x_2 - 96,3574x_3 + 1,03544x_3^2 \dots 1$$

Po jednačini 1 izračunat je broj stabala pojedinačno za svaku oglednu površinu na bazi njihovih stvarnih vrijednosti za  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$ , a zatim odstupanja (rezidijumi) po obrascu:  $z = Y - Y_s$ , kao i suma kvadrata ovih odstupanja, koja je: 1.211.780.

Iz ovih rezultata proizilazi sljedeća varijansa višestruke regresije:

$$\sigma_z^2 = Sz^2 : n = 1.211.780 : 56 = 21.638,92.$$

Varijansa višestruke regresije određuje mjeru odstupanja izvornih podataka ( $Y$ ) od prosječnog odnosa ( $Y_s$ ) izraženog jednačinom 1. Ova varijansa je, u stvari, pokazatelj variranja prouzrokovanih onim uticajima koji nisu obuhvaćeni jednačinom regresije, tj. svim faktorima koji utiču na broj stabala osim faktora  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$ . Kada tih drugih uticaja ne bi bilo i kada bi pretpostavke od kojih smo pošli pri izboru jednačine višestruke regresije bile tačne, onda bi varijansa ove regresije bila ravna nuli, tj. postojao bi funkcionalni odnos između zavisne varijable  $Y$  i nezavisnih varijabli  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ .

Za razliku od varijanse višestruke regresije, varijansa zavisne varijable daje mjeru ukupnih variranja  $Y$  oko  $\bar{Y}$ , tj. variranja koja su prouzrokovana i faktorima obuhvaćenim u jednačini višestruke regresije ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ) i ujedno svim ostalim (neobuhvaćenim) faktorima. Budući da

je:  $\bar{Y} = 444,09$ ;  $SY^2 = 14.692.957$ , to je izračunata sljedeća varijansa zavisne varijable:

$$\sigma_y^2 = SY^2 : n - \bar{Y}^2 = 14.692.957 : 56 - 444,09^2 = 65.158,30.$$

Kada smo ustanovili varijansu višestruke regresije (neizravnate varijacije) i varijansu zavisne varijable (ukupne varijacije), onda možemo izračunati i varijansu regresionih vrijednosti (izravnate varijacije). Ova proizilazi iz činjenice da postoji sljedeći stalan odnos  $\sigma_{ys}^2 = \sigma_x^2 + \sigma_{ys}^2$  (52), tj. varijansa regresionih vrijednosti za naš primjer iznosi:

$$\sigma_{ys}^2 = c_y^2 - \sigma_z^2 = 65.158,30 - 21.638,92 = 43.519,38.$$

Varijansa regresionih vrijednosti pokazuje onaj dio od varijanse zavisne varijable (od ukupnog variranja zavisno promjenljive) koji se objašnjava promjenama obuhvaćenih nezavisnih varijabli  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$ .

Osnovni pokazatelji pri ispitivanju vašestrukih korelacionih veza su jednačina višestruke regresije i koeficijent višestruke korelacije. Jednačina 1 izražava prosječan odnos  $Y$  prema  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$ , a koeficijent višestruke korelacije pokazuje u kojoj se mjeri stvarna variranja podataka (variranja izvornih podataka) približuju tome odnosu. Koeficijent korelacije ( $R_u$ ) dobiva se iz odnosa standardne devijacije izravnatih vrijednosti i standardne devijacije zavisne varijable, odnosno

$$R_u = \sigma_{ys} : \sigma_y = \sqrt{\sigma_{ys}^2 : c_y^2} = \sqrt{1 - \sigma_z^2 : \sigma_y^2}.$$

Ovaj odnos može da varira od 0 do 1. On je ravan nuli ako je  $\sigma_{ys} = 0$ , a tada je  $\sigma_z = \sigma_y$ , što znači da uopšte ne postoji nikakva veza između zavisne i nezavisnih varijabli.  $R_u$  će biti ravan jedinici ako je  $\sigma_{ys} = \sigma_y$  a tada je  $\sigma_z = 0$ , što znači da postoji potpun funkcionalni odnos između  $Y$ , s jedne, i  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ , s druge strane. Ukoliko je  $R$  bliži jedinici, utoliko je veće slaganje u varijacijama promjenljivih  $Y$  i  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ , i obratno.

Budući da je koeficijent višestruke korelacije ( $R$ ) dobiven iz uzorka uvijek veći od korelacionog koeficijenta mase iz koje je uzorak uzet, i da je on utoliko veći ukoliko je uzorak manji, to je Ezekiel, uvodeći faktor korekcije, dao sljedeću približnu formulu za koeficijent višestruke korelacije (8):

$$R = \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_z}{\sigma_y}\right) \cdot \frac{n-1}{n-m}} \dots \dots \dots 2$$

gdje  $m$  znači broj nepoznatih (broj parametara) u jednačini višestruke regresije.  $R$  je uvijek manji od  $R_u$  i bliži je stvarnom koeficijentu višestruke korelacije koji bi se dobio za cijelu statističku masu. Po Ezekielovoj približnoj formuli koeficijent višestruke korelacije za naš primjer je:  $R = 0,801$ .

Ovaj korelacioni koeficijent je dosta visok. On pokazuje da postoji jaka korelaciona veza između broja stabala sastojine, s jedne, i boniteta staništa, stepena sklopa te srednjeg prečnika sastojine, s druge strane. Međutim, to još ne znači da smo jednačinom 1 dobro izrazili ovu korelacionu vezu. Da bi se i to utvrdilo, izvršena je analiza uticaja pojedinog obuhvaćenog faktora na broj stabala sastojine.

Uticaj boniteta staništa. Ako u jednačini 1 za stepen sklopa i srednji prečnik sastojine uzmemo srednje vrijednosti ovih faktora za ogledne površine i izvršimo potrebno izračunavanje, dobiva se jednačina pravca koji izražava zavisnost broja stabala sastojine od boniteta staništa ( $x_1$ ) kada su ostale dvije nezavisne varijable konstantne i jednake prosječnim vrijednostima ovih varijabli za ogledne površine.

Budući da je  $\bar{x}_2 = 0,6377$  i  $\bar{x}_3 = 34,3929$ , to jednačina pravca glasi:

$$Y_s = 460,427 - 44,0165x_1 \dots \dots \dots 3$$

Pravac po jednačini 3 prikazan je na slici 2, figura a. On pokazuje da sa povećavanjem vrijednosti bonitetnog razreda, tj. ukoliko je lošiji bonitet staništa, broj stabala opada. Relacija jednačine 3 vrijedi samo u granicama varijacionih širina bonitetnih razreda oglednih površina, tj. za  $x_1 = 0,9$  do  $5,1$ , i uz navedene vrijednosti za  $\bar{x}_2$  i  $\bar{x}_3$ .

Oko pravca na slici 2, figura a, nanese su rezidijumi (z). Do ovakvog rasporeda rezidijuma oko pravca došlo se na taj način što su oni razvrstani po bonitetnim razredima oglednih površina i formirane grupe sa približno jednakim brojem slučajeva (n). Za svaku grupu oglednih površina izračunate su prosječne vrijednosti za rezidijume i prosječne vrijednosti za bonitet staništa. Prosječne vrijednosti za rezidijume, već prema tome da li su one bile kod pojedinih grupa pozitivne ili negativne, nanese su oko pravca, pri čemu su kao baza za nanošenje služile prosječne vrijednosti boniteta staništa odgovarajućih grupa oglednih površina. Iz rasporeda rezidijuma oko pravca vidi se da pravac ne izjednačava dobro rezidijume. Za to bi bolje odgovarala parabola drugog reda. To znači da uticaj boniteta staništa na broj stabala sastojine nije linearan, već krivolinijski i da se on može dosta dobro izraziti parabolom drugog reda.

Uticaj stepena sklopa. Uzimajući u jednačini 1 za bonitet staništa i srednji prečnik sastojine srednje vrijednosti ovih varijabli za ogledne površine i vršeci potrebno izračunavanje, dobiva se jednačina pravca koji izražava zavisnost broja stabala sastojine od stepena sklopa ( $x_2$ ) kada su ostale dvije nezavisne varijable konstantne i jednake prosječnim vrijednostima tih varijabli za ogledne površine. S obzirom da je  $\bar{x}_1 = 2,9768$ , a  $\bar{x}_3 = 34,3929$ , to jednačina ovog pravca glasi:

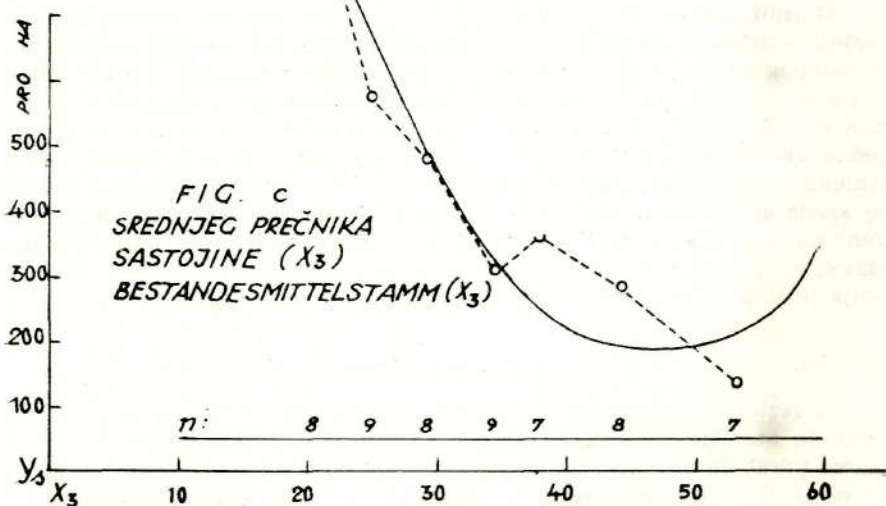
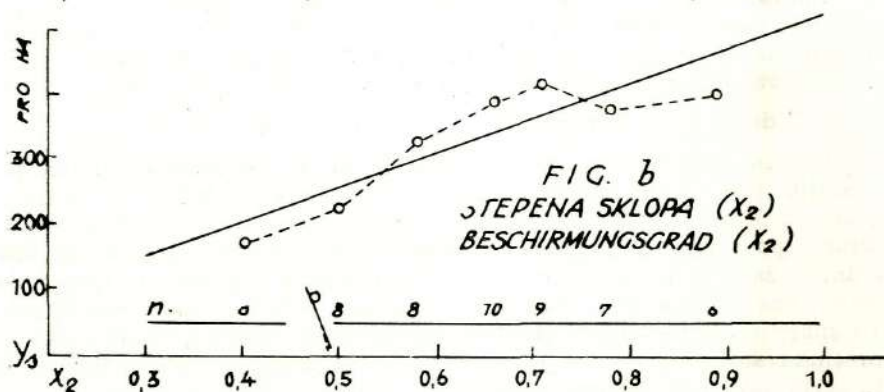
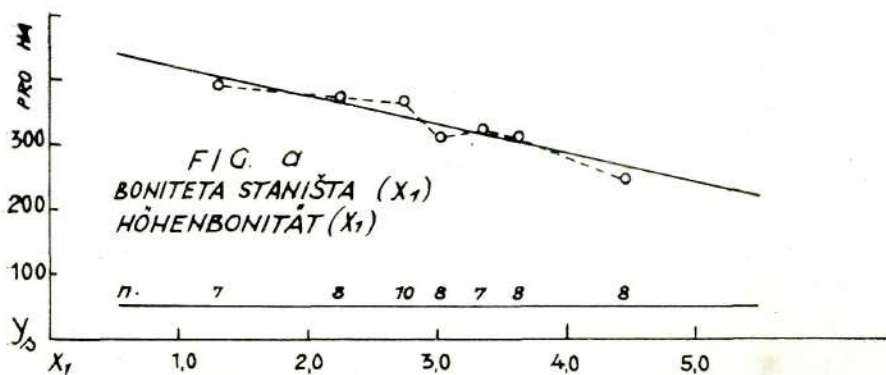
$$Y_s = - 9,02139 + 530,688x_2 \dots \dots \dots 4$$

Pravac po jednačini 4 prikazan je na slici 2, figura b. On pokazuje da povećavanjem stepena sklopa broj stabala sastojine raste. Relacija ove jednačine vrijedi samo u granicama varijacionih širina stepenova sklopa oglednih površina, tj. za  $x_2 = 0,37$  do  $0,96$ , i uz navedene vrijednosti za  $\bar{x}_1$  i  $\bar{x}_3$ .

I oko ovog pravca nanese su isti rezidijumi (z), koji su, naravno, sada razvrstani po stepenima sklopa oglednih površina, pri čemu su formirane grupe sa približno jednakim brojem slučajeva. Prosječne vrijednosti rezidijuma po grupama nanese su oko pravca na bazi prosječnih vrijednosti za stepene sklopa odgovarajućih grupa oglednih površina. Iz

PRVO RJEŠENJE - ERSTE LÖSUNG

ZAVISNOST BROJA STABALA SASTOJINE ( $Y_0$ ) OD:  
 ABHÄNGIGKEIT DER BESTANDESSTAMMZAHL ( $Y_0$ ) VON:



rasporeda rezidijuma oko ovog pravca vidi se da ni u ovom slučaju pravac ne izjednačava dobro rezidijume. Za ovo bi bolje odgovarala neka kriva linija. Možemo zaključiti da uticaj stepena sklopa na broj stabala sastojine nije linearan. Kojom bi se jednačinom ovaj uticaj najbolje mogao izraziti, vidjećemo malo kasnije.

Uticaj srednjeg prečnika sastojine. Stavljajući u jednačinu 1 za bonitet staništa i stepen sklopa prosječne vrijednosti ovih varijabli za ogledne površine i vršeći odgovarajuće izračunavanje, dobiva se jednačina parabole drugog reda, koja izražava zavisnost broja stabala od srednjeg prečnika sastojine ( $x_3$ ) kada su bonitet staništa i stepen sklopa konstantni i jednaki prosječnim vrijednostima tih varijabli za ogledne površine. S obzirom da je, kako je već navedeno,  $\bar{x}_1 = 2,9768$ , a  $\bar{x}_2 = 0,6377$ , to jednačina parabole glasi:

$$Y_s = 2418,61 - 96,3574x_3 + 1,03544x_3^2 \quad \dots \quad 5$$

Parabola po jednačini 5 prikazana je na slici 2, figura c. Ona pokazuje da povećavanjem srednjeg prečnika sastojine broj stabala opada do minimuma ove linije, a zatim raste. Relacija jednačine 5 vrijedi u granicama varijacionih širina srednjih prečnika oglednih površina, tj. za  $x_3 = 17$  do 55 cm, i uz navedene vrijednosti  $\bar{x}_1$  i  $\bar{x}_2$ .

Oko ove parabole nanese ni su rezidijumi, koji su sada razvrstani po srednjim prečnicima oglednih površina, pri čemu su, takođe, formirane grupe sa približno jednakim brojem slučajeva. Prosječne vrijednosti rezidijuma po grupama nanese ni su oko parabole na bazi prosječnih vrijednosti za srednje prečnike istih grupa oglednih površina. Iz rasporeda rezidijuma oko parabole vidi se da ona vrlo loše izravnava rezidijume. To znači da se parabolom drugog reda ne može izraziti uticaj srednjeg prečnika sastojine na broj stabala. Za naš primjer treba odabrati u tu svrhu neku prikladniju funkciju.

Iz izloženog o uticaju pojedinih nezavisnih varijabli na broj stabala sastojine proizilazi da jednačina višestruke regresije 1, i pored visokog korelacionog koeficijenta, ne izražava dobro korelacionu vezu, između Y kao zavisne i  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  kao nezavisnih varijabli. Međutim, jednačina 1, istina nakon obavljenog obimnog posla, omogućila nam je da izaberemo drugu jednačinu višestruke regresije koja treba da pokaže bolji prosječni odnos između broja stabala sastojine, s jedne, i boniteta staništa, stepena sklopa te srednjeg prečnika sastojine, s druge strane. Upravo rezultati dobiveni na bazi jednačine 1 omogućili su nam da pođemo od realnijih postavki pri izboru druge jednačine višestruke regresije koja treba da dađe bolje rezultate od onih do kojih smo došli pri prvom rješenju.

## 2) Drugo rješenje

Iz rezultata dobivenih pri prvom rješenju proizilazi da bi se uticaj boniteta staništa na broj stabala sastojine mogao bolje izraziti jednačinom parabole drugog reda. S obzirom na raspored rezidijuma oko pravca na slici 2, figura a, može se očekivati da bi vrijednosti dobivene po jednačini takve parabole bile najveće kod najboljih boniteta i najmanje

kod najlošijih. To bi, naime, odgovaralo i logici rasuđivanja. Pretpostavljajući da će tako i biti, odabrali smo u ovu svrhu sljedeću jednačinu:

$$Y_1 = a + bx_1 + cx_1^2.$$

Uticaj stepena sklopa na broj stabala sastojine takođe bi se mogao bolje izraziti jednačinom parabole drugog reda. Budući da sa povećavanjem stepena sklopa broj stabala sastojine raste, to bi pri najvećem stepenu sklopa trebalo da bude i najviše stabala, tj. ova parabola bi trebalo da kulminira najranije pri sklopu 1,0 ili kasnije. S obzirom na raspored rezidijuma oko pravca na slici 2, figura b, ne možemo očekivati da će tako biti. Vrlo je vjerovatno da bi ova parabola kulminirala pri sklopu manjem od 1,0. Takva pojava, međutim, ne bi bila logična. Zato smo jednačinu ove parabole uslovili da ona ima ekstrem kod  $x_2 = 1,0$ . Zadovoljili smo se postavljanjem uslova samo za ekstrem, zbog toga što iz konstelacije naših podataka proizilazi da taj ekstrem može biti samo maksimum. Prema tome, do jednačine kojom izražavamo uticaj stepena sklopa na broj stabala sastojine dolazimo na sljedeći način:

$$Y_2 = a + d x_2 + e x_2^2,$$

$$Y'_2 = d + 2 e x_2 = 0,$$

$$Y'_2 = d + 2 e = 0 \text{ (za } x_2 = 1,0), \text{ odakle je}$$

$$d = -2 e.$$

Zamjenom  $d$  sa  $-2 e$  dobiva se odabrana jednačina, koja glasi:

$$Y_2 = a + e (x_2^2 - 2 x_2).$$

Zavisnost broja stabala od srednjeg prečnika sastojine koju pokazuje raspored rezidijuma oko parabole na slici 2, figura c, mogla bi se izraziti nekom eksponencijalnom jednačinom. Budući da je njena primjena skopčana sa obimnim računanjima, to smo pokušali naći jednostavniju. Nakon više proba konstatovali smo za naš primjer da se uticaj srednjeg prečnika sastojine na broj stabala može dobro izraziti jednačinom opšteg oblika:

$$Y_3 = a + f x_3^{-1} + g x_3^2.$$

Iz izloženog proizilazi sljedeća jednačina višestruke regresije za izražavanje prosječnog odnosa između broja stabala sastojine, s jedne, i boniteta staništa, stepena sklopa te srednjeg prečnika sastojine, s druge strane:

$$Y = a + b x_1 + c x_1^2 + e (x_2^2 - 2 x_2) + f x_3^{-1} + g x_3^2.$$

Da li ova jednačina daje bolje rezultate od one pri prvom rješenju i u kojoj mjeri, pokazaće koeficijent višestruke korelacije i raspored rezidijuma oko linija uticaja pojedinih obuhvaćenih nezavisnih varijabli.

Iz vrijednosti parametara u prednjoj jednačini, koje su izračunate na način kako je to izloženo pri prvom rješenju, proizilazi sljedeća jednačina višestruke regresije za naš primjer:



$$Y_s = -747,219 + 13,4839 x_1 - 7,43193 x_1^2 + 1357,44 x_2 - 678,720 x_2^2 + 19985,56 x_3^{-1} + 0,00878481 x_3^2 \dots \dots \dots 6$$

Po jednačini 6 izračunat je broj stabala po hektaru ( $Y_s$ ) za svih 56 (n) oglednih površina na bazi stvarnih vrijednosti za obuhvaćene nezavisne varijable. Dobiveni su sljedeći rezultati:

$$\begin{aligned} S_z &= S(Y - Y_s) = 0, \\ S_z^2 &= S(Y - Y_s)^2 = \min = 987.108, \\ \sigma_z^2 &= S_z^2 : n = 17.626,93, \\ \sigma_y^2 &= 65.158,30 \text{ (isto kao pri prvom rješenju),} \\ \sigma_{y_s}^2 &= \sigma_y^2 - \sigma_z^2 = 47.531,37. \end{aligned}$$

S obzirom da je  $m = 7$  (broj parametara u jednačini 6), to je po formuli 2 na bazi prednjih rezultata izračunat koeficijent višestruke korelacije, koji je u ovom slučaju:  $R = 0,834$ . Budući da je ovaj korelacioni koeficijent veći od koeficijenta korelacije dobivenog pri prvom rješenju, to on pokazuje da jednačina 6 bolje nego jednačina 1 izražava korelaciju vezu između broja stabala,  $s$  jedne, i boniteta staništa, stepena sklopa te srednjeg prečnika sastojine,  $s$  druge strane. To isto pokazuje, kako ćemo kasnije vidjeti, i raspored rezidijuma oko linija uticaja pojedinih nezavisnih varijabli na broj stabala.

#### a) Uticaj boniteta staništa

Na isti način kao i pri prvom rješenju, ovdje smo iz jednačine 6 za  $x_2$  i  $x_3$  dobili jednačinu parabole drugog reda, koja izražava zavisnost broja stabala od boniteta staništa. Ona glasi:

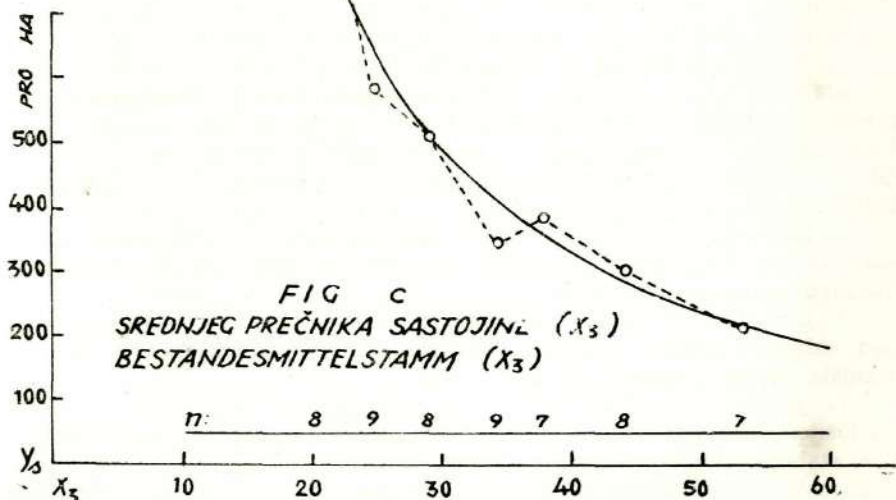
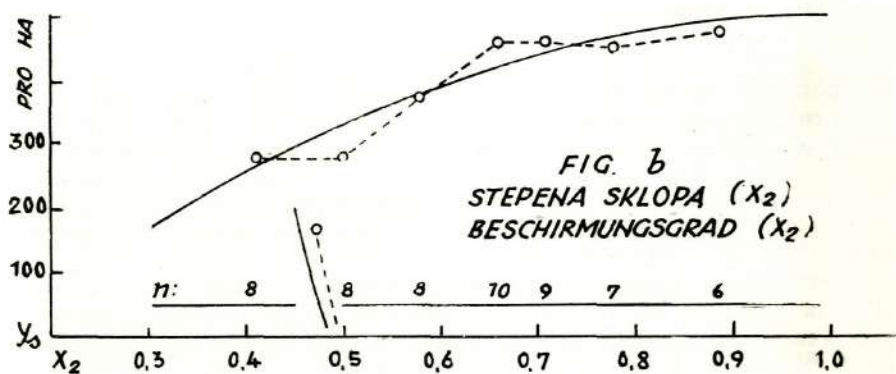
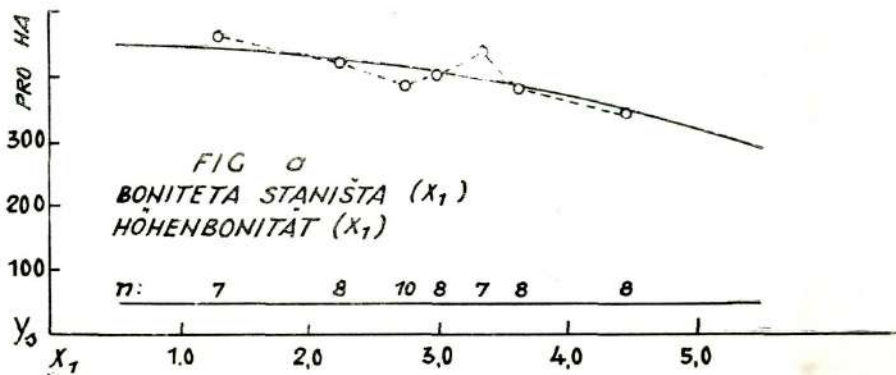
$$Y_s = 433,904 + 13,4839 x_1 - 7,43193 x_1^2 \dots \dots \dots 7$$

Ova parabola je prikazana na slici 3, figura a. Oko nje su nanoseni rezidijumi drugog rješenja. Način nanošenja rezidijuma izložili smo ranije. Kako se iz slike vidi, parabola dobro izražava rezidijume. Rezultati pokazuju da sa opadanjem boniteta staništa, od najboljih do najlošijih, broj stabala sastojine stalno opada. Ako kod trećeg bonitetnog razreda ovaj broj označimo indeksom 100, onda on kod prvog iznosi 108, a kod petog je 77. Parabolom drugog reda može se dobro izraziti ova zavisnost.

Pojava da se broj stabala sastojine smanjuje sa opadanjem boniteta staništa je sasvim logična kada se ima u vidu da su ostali faktori koji utiču na broj stabala, a koji su kao nezavisne varijable obuhvaćeni jednačinom višestruke regresije, konstantni. Logična je pojava, na primjer, da u sastojini prvog bonitetnog razreda ima više stabala po jedinici površine nego u sastojini petog bonitetnog razreda, ako su u oba ova slučaja jednaki stepenovi sklopa i srednji prečnici sastojina. To i proizilazi iz suštine višestrukih regresionih analiza.

DRUGO RJEŠENJE - ZWEITE LÖSUNG

ZAVISNOST BROJA STABALA SASTOJINE ( $Y_3$ ) OD:  
 ABHÄNGIGKEIT DER BESTANDESSTAMMZAHL ( $Y_3$ ) VON:



SLIKA 3 - ABB. 3

Ispitujući odnos broja stabala sastojine i boniteta staništa mnogi autori su konstatovali da broj stabala po jedinici površine raste sa opadanjem boniteta. Tako, Flury objavljuje podatke za 17 stalnih oglednih površina u švajcarskim šumama jele, smrče i bukve, iz kojih se vidi da broj stabala u prosjeku raste od najboljih prema najlošijim bonitetima staništa (11). Miletić je dokazao da sa povećavanjem nadmorske visine od oko 700 do 1400 m u oblasti krša, a to znači sa slabljenjem boniteta staništa, raste broj stabala po jedinici površine u bukovim sastojinama (39). Ispitivanja faktorskih elemenata u bosanskim prašumama jele, smrče i bukve pokazuju da se, u prosjeku, kod najlošijih boniteta staništa nalazi najveći broj stabala po 1 hektaru, i obratno (5, 6).

Rezultati koje smo dobili na bazi višestruke regresione analize i koji pokazuju da se broj stabala po jedinici površine smanjuje sa opadanjem boniteta staništa nisu u suprotnosti sa nalazima autora prema kojima broj stabala raste sa slabljenjem boniteta. Radi se o sljedećem:

Jednostavni odnos broja stabala i boniteta staništa po pravilu pokazuje porast broja stabala sa opadanjem boniteta. Takav jednostavni odnos pokazuju i naši podaci. Razvrstavanje broja stabala po 1 hektaru iz tabele II prema bonitetnim razredima daje sljedeće prosječne rezultate:

Bonitetni razred staništa	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Broj oglednih površina	5	9	26	13	3
Prosječan broj stabala po 1 ha	237	420	462	521	373

Ako zbog malog broja podataka izuzmemo peti bonitetni razred, onda vidimo da i ovi naši podaci pokazuju, u prosjeku, porast broja stabala sa slabljenjem boniteta staništa.

Jednostavni odnos pokazuje manji broj stabala kod boljih boniteta staništa zbog toga što su kod ovih boniteta srednji prečnici sastojina u prosjeku veći nego kod lošijih. Stabla su kod boljih boniteta deblja, pa ih zbog toga ima manje po jedinici površine nego kod lošijih. To znači da jednostavni odnos ne pokazuje pravi uticaj boniteta staništa zbog vrlo jakog uticaja srednjeg prečnika sastojine na broj stabala.

Kod složenog odnosa, pri višestrukoj regresiji, uticaj boniteta na broj stabala je očišćen od uticaja drugih obuhvaćenih faktora (stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine) od čijih veličina zavisi veličina broja stabala. Uticaj ovih faktora sveden je kod različitih bonitetnih razreda na istu mjeru, on je konstantan, zbog čega se uticaj boniteta staništa na broj stabala sastojine realno ispoljava.

Iz izloženog proizilazi da je pravilan naš zaključak o uticaju boniteta staništa na broj stabala sastojine, do kojeg smo došli na bazi rezultata višestruke regresione analize.

Pojavu da broj stabala sastojine po jedinici površine, uz jednak stepen sklopa i srednji prečnik sastojine, opada sa slabljenjem boniteta staništa objašnjavamo na sljedeći način:

Dvije sastojine jednakog srednjeg prečnika, od kojih se jedna nalazi na lošijem, a druga na boljem bonitetu staništa, te ako je u prvoj manji broj stabala po hektaru nego u drugoj, mogu, uz jednak intenzitet prekrivenosti kruna, da imaju jednak stepen sklopa samo onda ako su prosječne projekcije kruna stabala u prvoj sastojini veće nego u drugoj. Ako je i

intenzitet prekrivenosti kruna u sastojini na lošijem bonitetu veći nego u onoj na boljem, onda, za isti stepen sklopa, prosječne projekcije kruna stabala treba da budu tim prije veće u prvoj nego u drugoj sastojini.

Iz rezultata analize zavisnosti prosječne projekcije kruna stabala od obuhvaćenih nezavisnih varijabli proizilazi, kako ćemo kasnije vidjeti, da su projekcije kruna stabala jednakih debljina kod lošijih boniteta staništa veće nego kod boljih, uz jednak stepen sklopa i srednji prečnik sastojine. To je razlog zašto se, kako to pokazuju rezultati višestruke regresione analize, kod lošijih boniteta staništa javlja u prosjeku manji broj stabala po jedinici površine nego kod boljih.

### b) Uticaj stepena sklopa

Za  $\bar{x}_1$  i  $\bar{x}_3$  iz jednačine 6 proizilazi sljedeća jednačina parabole drugog reda koja izražava zavisnost broja stabala od stepena sklopa:

$$Y_s = -181,445 + 1357,44 x_2 - 678,720 x_2^2 \dots \dots \dots 8$$

Parabola sa nanesenim rezidijumima prikazana je na slici 3, figura b. Kako se vidi, ona izravnava rezidijume mnogo bolje nego što je to bio slučaj sa pravcem pri prvom rješenju. Rezultati pokazuju da sa povećavanjem stepena sklopa broj stabala raste, što je logično kada se ima u vidu da se radi o sastojinama jednakog boniteta staništa i jednakog srednjeg sastojinskog prečnika. Označimo li broj stabala pri sklopu 0,7 indeksom 100, onda on pri 0,4 iznosi 58, a pri potpunom sklopu 114. Parabolom drugog reda može se dobro izraziti ova zavisnost.

### c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine

Zamjenom  $x_1$  i  $x_2$  sa  $\bar{x}_1$  i  $\bar{x}_2$  u jednačini 6 dobiva se jednačina koja izražava zavisnost broja stabala od srednjeg prečnika sastojine. Ona glasi:

$$Y_s = -183,306 + 19985,56 x_3^{-1} + 0,00878481 x_3^2 \dots \dots \dots 9$$

Algebarska kriva ove jednačine oko koje su naneseni rezidijumi prikazana je na slici 3, figura c. Ona, u odnosu na onu pri prvom rješenju, odlično izravnava rezidijume. Rezultati pokazuju da sa povećavanjem srednjeg prečnika sastojine broj stabala opada. Ako indeksom 100 označimo broj stabala kod srednjeg sastojinskog prečnika od 35 cm, onda on kod prečnika od 20 cm iznosi 206, a kod srednjeg prečnika od 50 cm relativni broj stabala je 60. Za ovu pojavu smatramo da nije potrebno posebno objašnjenje. Ova zavisnost može se dobro izraziti jednačinom oblika 9.

Iz izloženog o uticaju pojedinih nezavisnih varijabli na broj stabala proizilazi da su rezultati drugog rješenja (slika 3) bolji od rezultata prvog rješenja (slika 2). To pokazuje, kako smo već naveli, i veći korelacioni koeficijent pri drugom rješenju.

Relacije jednačina 7, 8 i 9 vrijede u granicama varijacionih širina odgovarajućih nezavisnih varijabli oglednih površina i pod uslovom konstantnosti dviju varijabli kada se radi o ispoljavanju uticaja treće.

Na bazi rezultata dobivenih pri drugom rješenju (jednačine 6, 7, 8 i 9) izrađene su tablice broja stabala. Primijenjen je Matićev postupak (32), koji ćemo izložiti na primjeru sastavljanja ovih tablica.

### III) VELIČINA BROJA STABALA

Pomoću jednačine 6 može se dobiti realna vrijednost za broj stabala jedne sastojine ako su vrijednosti za bonitetni razred staništa, stepen sklopa i srednji prečnik te sastojine jednake prosječnim vrijednostima istih varijabli za ogledne površine. Ako vrijednosti nezavisnih varijabli sastojine za koju želimo odrediti broj stabala odstupaju od prosječnih vrijednosti tih varijabli za ogledne površine, onda se pomoću jednačine 6 ne mogu dobiti zadovoljavajući rezultati. Ukoliko je ovo odstupanje veće, utoliko jednačina 6 sve manje može da posluži za neposredno utvrđivanje broja stabala.

Pomoću jednačine 7 može se realno odrediti broj stabala sastojine za svaku vrijednost bonitetnog razreda, u granicama varijacione širine ove varijable za ogledne površine, ako su vrijednosti drugih dviju varijabli jednake prosječnim vrijednostima tih varijabli za ogledne površine. Ako one nisu jednake, onda ni jednačina 7 ne može da posluži za neposredno određivanje broja stabala.

Jednačina 8 daje realne rezultate uz svaki stepen sklopa sastojine, u granicama varijacione širine sklopa oglednih površina, ali samo za bonitetni razred staništa i srednji prečnik sastojine koji su jednaki prosječnim vrijednostima ovih varijabli za ogledne površine.

Po jednačini 9 dobivaju se realni podaci o broju stabala za sastojine čiji je srednji prečnik u granicama varijacione širine srednjeg sastojinskog prečnika oglednih površina, naravno ako su bonitet staništa i stepen sklopa jednaki prosječnim vrijednostima ovih varijabli za ogledne površine.

Iz izloženog slijedi zaključak da se po jednačini 6, odnosno po jedanačinama 7, 8 i 9, pouzdano može odrediti broj stabala samo za određeni, vrlo mali, broj kombinacija obuhvaćenih nezavisnih varijabli. To proizilazi iz suštine primijenjenog metoda analize zavisnosti broja stabala od obuhvaćenih faktora.

Budući da tablice treba da daju podatke o broju stabala uz svaku moguću kombinaciju faktora koji su obuhvaćeni, to treba odgovoriti na pitanje kako se mijenja broj stabala sastojine po jedinici površine ako se istovremeno mijenjaju vrijednosti svih obuhvaćenih nezavisnih varijabli.

Ispitujući međusobnu zavisnost taksacionih elemenata, Matić je došao do zaključka da ima osnova za pretpostavku da je uticaj boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika sastojine, kao i drugih nezavisnih faktora na pojedine taksacione elemente, veći ako su veće i veličine taksacionih elemenata kao nezavisnih varijabli. Drugim riječima, realna je pretpostavka o jednakom relativnom uticaju nezavisnih varijabli na pojedine taksacione elemente kao zavisne varijable (32). Polazeći od ove pretpostavke, pri sastavljanju tablica postupili smo na sljedeći način:

Pomoću jednačine 9 izračunat je broj stabala po hektaru kao funkcija srednjeg prečnika sastojine. Rezultati su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2

Srednji prečnik sastojine ( $x_3$ )	Broj stabala sastojine ( $Y_s$ )	Srednji prečnik sastojine ( $x_3$ )	Broj stabala sastojine ( $Y_s$ )	Srednji prečnik sastojine ( $x_3$ )	Broj stabala sastojine ( $Y_s$ )	Srednji prečnik sastojine ( $x_3$ )	Broj stabala sastojine ( $Y_s$ )
cm	kom./ha	cm	kom./ha	cm	kom./ha	cm	kom./ha
16	1068,04	26	591,31	36	383,23	46	269,75
17	994,85	27	563,30	37	368,87	47	261,33
18	929,85	28	537,35	38	355,32	48	253,30
19	871,74	29	513,24	39	342,51	49	245,66
20	819,49	30	490,79	40	330,39	50	238,37
21	772,26	31	469,83	41	318,91	51	231,42
22	729,38	32	450,24	42	308,04	52	224,79
23	690,28	33	431,88	43	297,72	53	218,46
24	654,49	34	414,66	44	287,92	54	212,41
25	621,61	35	398,47	45	278,61	55	206,64

Podaci u tabeli 2 su realni za sastojine navedenih srednjih prečnika, ali, kako je naprijed istaknuto, ako su bonitet staništa i stepen sklopa tih sastojina jednaki prosječnim vrijednostima istih varijabli za ogledne površine. To proizilazi iz načina dobivanja jednačine 9.

Pomoću jednačine 7 izračunat je broj stabala sastojine po hektaru kao funkcija boniteta staništa. Dobiveni su sljedeći podaci:

bonitetni razred staništa	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
broj stabala po 1 hektaru	439,96	431,14	407,47	368,93	315,52

Ovaj broj stabala je realan za sastojine navedenih bonitetnih razreda ako su stepenovi sklopa i srednji prečnici tih sastojina jednaki prosječnim vrijednostima istih varijabli za ogledne površine. To proizilazi iz načina dobivanja jednačine 7.

Po jednačini 6 uz prosječne vrijednosti za bonitet staništa, stepen sklopa i srednji prečnik sastojine, broj stabala po 1 hektaru je 408,19. Ako sa ovim brojem podijelimo broj stabala izračunat po jednačini 7 za različite bonitetne razrede, onda se dobivaju faktori boniteta staništa pomoću kojih se može izračunati (množenjem sa podacima u tabeli 2) broj stabala za različite bonitetne razrede i različite srednje prečnike sastojine, ali uz prosječnu vrijednost za stepen sklopa. Ovim faktorima je

izražen jednak relativan uticaj boniteta staništa na broj stabala. Oni iznose:

bonitetni razred staništa	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
faktori boniteta staništa za broj stabala sastojine	1,0778	1,0562	0,9982	0,9038	0,7730

Po jednačini 8 izračunat je broj stabala sastojine po 1 hektaru kao funkcija stepena sklopa. Dobiveni su ovi podaci:

stepen sklopa	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
broj stabala	252,94	327,60	388,68	436,19	470,13	490,49	497,27

Ovaj broj stabala je realan za sastojine navedenih stepenova sklopa ako su boniteti staništa i srednji prečnici tih sastojina jednaki prosječnim vrijednostima istih varijabli za ogledne površine. Ovo proizilazi iz načina dobivanja jednačine 8.

Ako broj stabala izračunat po jednačini 8 za različite stepenove sklopa podijelimo sa brojem stabala koji, pod navedenim uslovima, proizilazi iz jednačine 6, dobivaju se faktori stepena sklopa pomoću kojih se može izračunati (množenjem sa podacima u tabeli 2) broj stabala za različite stepenove sklopa i različite srednje prečnike sastojina, ali, u ovom slučaju, uz prosječnu vrijednost za bonitet staništa. Ovim faktorima je izražen jednak relativan uticaj stepena sklopa na broj stabala.

Oni iznose:

stepen sklopa	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
faktori stepena sklopa za broj stabala	0,6197	0,8026	0,9522	1,0686	1,1517	1,2016	1,2182

Množenjem faktora boniteta staništa sa faktorima stepena sklopa sastavljena je tablica kombinovanih faktora (boniteta staništa i stepena sklopa) za broj stabala. Kombinovani faktori sadržani su u tabeli 3.

Tabela 3

Stepen sklopa ( $x_2$ )	Bonitetni razred staništa ( $x_1$ )				
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
	Kombinovani faktori za broj stabala				
0,4	0,6679	0,6545	0,6186	0,5301	0,4790
0,5	0,8650	0,8477	0,8012	0,7254	0,6204
0,6	1,0263	1,0057	0,9505	0,8606	0,7361
0,7	1,1517	1,1287	1,0667	0,9658	0,8260
0,8	1,2413	1,2164	1,1496	1,0409	0,8903
0,9	1,2951	1,2691	1,1994	1,0860	0,9288
1,0	1,3130	1,2867	1,2160	1,1010	0,9417

Iz podataka u tabelama 2 i 3 možemo izračunati broj stabala za svaku kombinaciju bonitetnog razreda, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine do datog stepena detaljisanja. U ovu svrhu potrebno je u tabeli 2 očitati broj stabala za određeni srednji prečnik sastojine i pomnožiti ga sa kombinovanim faktorom u tabeli 3 za određeni bonitetni razred i stepen sklopa. Proizvod je broj stabala sastojine po 1 hektaru.

Na bazi podataka u tabelama 2 i 3 izloženim postupkom sastavljene su trouglaste tablice broja stabala sastojine. Ove, kao i tablice ostalih taksacionih elemenata, o kojima će biti riječi u narednim poglavljima, dali smo odvojeno (34).

Tablice daju podatke za sve moguće kombinacije nezavisnih varijabli koje su navedene u tabelama 2 i 3, tj. za:

bonitetne razrede 1,0 do 5,0;

stepenove sklopa 0,4 do 1,0 i

srednje prečnike sastojina 16 do 55 cm.

Varijacione širine ovih varijabli za ogledne površine bile su sljedeće:

bonitetni razredi 0,9 do 5,1;

stepenovi sklopa 0,37 do 0,96 i

srednji prečnici sastojina 17 do 55 cm.

Prosječne vrijednosti nezavisnih varijabli naveli smo ranije.

Ispravnost postupka primijenjenog pri sastavljanju tablica i valjanost rezultata do kojih se dolazi njihovom upotrebom pokazuje koeficijent višestruke korelacije, koji se dobiva na bazi upoređenja tabličnih i izvornih podataka. Naime, ako tablice daju dobre podatke, onda ovaj korelacioni koeficijent ne bi smio da bude manji od koeficijenta višestruke korelacije do kojeg se došlo na bazi upoređenja izvornih podataka sa rezultatima koje neposredno daje jednačina 6. Naprotiv, on bi morao da bude veći. Da bi se ovo utvrdilo, postupljeno je na sljedeći način:

Pomoću tablica određen je broj stabala za svaku oglednu površinu na bazi stvarnih vrijednosti za nezavisne varijable  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$  (ulazi u tablice). Upoređenje stvarnog ( $Y$ ) i tabličnog broja stabala ( $Y_t$ ) dalo je sljedeće rezultate.

$$S_z = S(Y - Y_t) = SY - SY_t = 24.869 - 24.528 = 341,$$

$$S_z^2 = S(Y - Y_t)^2 = 881.757,$$

$$\sigma_z^2 = S_z^2 : n = 15.745,66.$$

Budući da je varijansa zavisne varijable 65.158,30, to koeficijent višestruke korelacije na bazi tabličnih rezultata, po formuli 2, iznosi:  $R = 0,854$ .

Suma rezidijuma ovdje nije ravna nuli. Zbog ovoga trebalo je tablice korigovati tako da se i po njima dobiva ukupno onoliko stabala koliko ih za sve ogledne površine daje jednačina 6, tj. onoliko koliko ih stvarno ima, odnosno da suma rezidijuma bude ravna nuli. Dobivena suma rezidijuma (341) u odnosu na ukupan broj stabala (24.869) iznosi svega 1,37%. Ovo odstupanje tabličnih rezultata od stvarnog broja stabala smatrali smo da nije veliko, pa smo ga zanemarili. Zato nismo vršili korekciju tablica broja stabala, već smo usvojili onakve tablice kakve su dobivene iz podataka u tabelama 2 i 3.



Korelacioni koeficijent dobiven na bazi tabličnih rezultata veći je od koeficijenta korelacije koji je izračunat na bazi rezultata jednačine 6. To pokazuje da tablice daju bolje rezultate nego neposredna primjena osnovne jednačine višestruke regresije 6 i da je postupak primijenjen pri sastavljanju tablica bio ispravan. Obadva korelaciona koeficijenta su vrlo visoka, iz čega se može zaključiti da je jednačinom višestruke regresije 6, odnosno tablicama, vrlo dobro obuhvaćeno variranje broja stabala usljed promjena boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine.

Za upoređivanje rezultata koji se dobivaju upotrebom naših tablica broja stabala za čiste sastojine crnog bora, iskoristićemo odgovarajuće prosječne rezultate za čiste preborne sastojine jele odnosno smrče koje objavljuje Matić (32).

	Nezavisna varijabla		
bonitetni razred staništa	1,0	3,0	5,0
stepen sklopa sastojine	0,7	0,7	0,7
srednji prečnik sastojine — u cm	45	30	20
	Broj stabala po 1 ha		
čiste preborne sastojine jele	232	472	740
čiste preborne sastojine smrče	164	413	820
čiste sastojine crnog bora	321	524	677

Iz ovih podataka proizilazi da bi na boljim i srednjim bonitetima staništa u sastojinama crnog bora trebalo da bude više stabala po jedinici površine nego u prebornim sastojinama jele odnosno smrče. Na lošijim bonitetima pojava je u ovom pogledu obrnuta.

U Matićevim podacima koje smo naveli za jelu i smrču čiste sastojine su ekstremni slučajevi s obzirom na omjer smjese koji se javlja kao nezavisna varijabla pri analizi zavisnosti broja stabala mješovitih prebornih sastojina jele, smrče i bukve od obuhvaćenih nezavisnih faktora. Uticaj boniteta staništa na broj stabala mješovitih prebornih sastojina razlikuje se od odgovarajućeg uticaja u čistim sastojinama crnog bora, koje, kako smo ranije naveli, po obliku debljinske strukture liče na jednodobne. Uglavnom zbog ovog, a svakako i zbog drugih razloga, izvršena upoređivanja mogu da imaju samo orijentacionu vrijednost.

Wiedemannove prinostne tablice za čiste jednodobne sastojine bijelog bora, starosti 120 godina, uz umjerenu proredu, daju sljedeće podatke o broju stabala (64):

bonitetni razred staništa	1,0	3,0	5,0
prosječna visina sastojine — u m	30,0	22,0	13,4
srednji prečnik sastojine u — cm	39,9	30,6	19,4
broj stabala po 1 hektaru	267	386	834

Gehrhardtove prinostne tablice za čiste jednodobne sastojine bijelog bora, takođe uz umjerenu proredu, pokazuju sljedeći broj stabala (14):

bonitetni razred staništa	1,0	3,0	5,0
prosječna visina sastojine — u m	31,3	21,9	13,8
srednji prečnik sastojine — u cm	40,2	30,5	20,3
broj stabala po 1 hektaru	300	480	940

Kod ovih podataka, sastojine prvog i petog bonitetnog razreda imaju starost 120, a sastojine trećeg boniteta 110 godina.

Naše tablice broja stabala daju sljedeće podatke za čiste sastojine crnog bora, uz stepen sklopa 1,0:

bonitetni razred staništa ( $x_1$ )	1,0	3,0	5,0
visina stabala prečnika $x_3$ cm — u m	27,2	17,7	9,5
srednji prečnik sastojine ( $x_3$ ) — u cm	40	30	20
broj stabala po 1 hektaru ( $Y_1$ )	434	597	772

U sastojinama crnog bora nije bilo nikakvih proreda u posljednjih 10 godina, računajući do vremena kada su postavljene ogledne površine. Ove sastojine, kako ćemo vidjeti iz odgovarajućih podataka u drugom dijelu rada, znatno su starije od navedenih sastojina bijelog bora.

I iz primjera navedenih za sastojine bijelog i crnog bora proizilazi da bi na boljim i srednjim bonitetima staništa trebalo da bude više stabala po 1 hektaru u sastojinama crnog bora nego u sastojinama bijelog bora. Obratno je za lošije bonitete. S obzirom na prirodu jednih i drugih podataka, i ovo upoređivanje može da ima samo orijentacionu vrijednost.

Nismo bili u mogućnosti da naše podatke upoređujemo sa drugim odgovarajućim podacima za crni bor. Razlozi su isti koje smo naveli u poglavlju A.

### C) ZAPREMINA STABALA SASTOJINE

Za objašnjenje postupka primijenjenog pri izračunavanju zapremine stabala sastojine poslužit ćemo se primjerom. Za ovu svrhu odabrali smo oglednu površinu broj 9, gdje su stabla svrstana u manji broj debljinskih stepena (tabela 4).

Na istom primjeru izložit ćemo i način izračunavanja prirasta zapremine sastojine. Ovo ćemo učiniti zbog toga što je način izračunavanja prirasta zapremine lakše objasniti zajedno sa objašnjenjem postupka primijenjenog pri utvrđivanju zapremine nego kada bi se to radilo odvojeno. Analizu zavisnosti prirasta zapremine od veličine drugih taksacionih elemenata dali smo odvojeno.

Broj stabala po debljinskim stepenima širine 5 cm sa stanjem na kraju perioda (kolona 4) određen je postupkom koji smo ranije izložili. Pri određivanju broja stabala po istim debljinskim stepenima sa stanjem na početku perioda (kolona 3) poslužili smo se ustanovljenim debljinskim prirastom. Srednji prsni prečnik svakog stabla sa stanjem na kraju perioda umanjen je za iznos desetogodišnjeg debljinskog prirasta istog stabla. Budući da je prečnik stabla utvrđen sa tačnošću od 1 cm, a debljinski prirast sa tačnošću od 0,05 cm, to je izračunati (umanjeni) prečnik zaokružen na cijeli santimetar. Tako je dobivena raspodjela stabala po debljinskim stepenima širine 1 cm, sa stanjem na početku posljednjeg desetogodišnjeg perioda. Iz ovog, postupajući na isti način kao i za stanje na kraju perioda, dobiven je broj stabala po debljinskim stepenima širine 5 cm sa stanjem na početku perioda (kolona 3).

Tabela 4

ŠU Višegrad		Ogledna površina broj 9							
Privredna jedinica: Sjemeč		Veličina: 1,4055 ha							
Odjeljenje broj 200		Bonitetni razred: 2,1							
Lokalitet: Donja Lijeska		Stepen sklopa: 0,68							
Vrsta drveća: crni bor		Dužina perioda: 10 godina							
Debljinski stepen	Zapremina 1 stabla (tablice)	Broj stabala		Zapremina		Promjene u toku perioda		Prirast	
		Na početku	Na kraju	Na početku	Na kraju	Broja stabala	Zapremine	Broja stabala	Zapremine
cm	m <sup>3</sup>	kom.		m <sup>3</sup>		kom.	m <sup>3</sup>	kom.	m <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12,5	0,080	18	13	1,44	1,04	— 5	— 0,40	2	0,16
17,5	0,190	165	100	31,35	19,00	— 65	— 12,35	7	0,77
22,5	0,355	486	388	172,53	137,74	— 98	— 34,79	72	11,88
27,5	0,540	302	383	163,08	206,82	81	43,74	170	31,45
32,5	0,775	95	161	73,62	124,77	66	51,15	89	20,92
37,5	1,025	20	38	20,50	38,95	18	18,45	23	5,75
42,5	1,385	2	7	2,77	9,70	5	6,93	5	1,80
47,5	1,865	1	1	1,87	1,87	0	0,00	0	0,00
S	—	1.089	1.091	467,16	539,89	2	72,73	—	72,73
Razlika		2		72,73					

Sa izravnate visinske krivulje očitana je visina stabala na 1 m u sredini svakog debljinskog stepena. Na osnovu prečnika koji odgovaraju sredinama ovih stepenova i očitanih visina stabala, koristeći se Böhmerleovim zapreminskim tablicama za crni bor (3), ustanovljena je zapremina krupnog drveta za srednje stablo stepena. Dobivene vrijednosti su grafički izravnate i sastavljene jednoulazne zapreminske tablice za oglednu površinu (kolona 2). Pomoću ovih izračunata je zapremina stabala po debljinskim stepenima za oglednu površinu sa stanjem na početku i na kraju perioda (kolone 5 i 6).

Razlika između ukupnih zapremina na kraju i na početku perioda je prirast zapremine krupnog drveta stabala sastojine u proteklom periodu od 10 godina. Dijeljenjem ovog sa dužinom perioda i svođenjem na jedinicu površine dobiven je tekući (prosječni periodični) prirast zapremine po hektaru. Iz izloženog načina izračunavanja se vidi da je u ovaj prirast uključena i zapremina uralih stabala.

U tabeli 4, kolone 7—10, izračunali smo za oglednu površinu deseto-godišnji prirast zapremine po debljinskim stepenima. Ovaj prirast ovdje je stavljen »na kraj perioda« u odnosu na debljinske stepene. On nam je

potreban za analizu prirasta zapremine po jedinici projekcije kruna, o čemu će kasnije biti riječi. Način izračunavanja ovog prirasta vidi se u kolonama 7—10 tabele 4.

Zapremina stabala sastojine sa stanjem na kraju perioda svedena na jedinicu površine prikazana je pojedinačno za svaku oglednu površinu u tabeli II. Ova zapremina varira od 75 do 763 m<sup>3</sup>, a u prosjeku je 323 m<sup>3</sup> po 1 hektaru.

## I) ZAVISNOST ZAPREMINE OD VELIČINE DRUGIH TAKSACIONIH ELEMENATA

Oznake su sljedeće:

Y — stvarna zapremina u m<sup>3</sup> po 1 hektaru (tabela II),

Y<sub>s</sub> — zapremina u m<sup>3</sup>/ha prema jednačini regresije,

ostale oznake su iste kao u poglavlju B.

### 1) Prvo rješenje

Polazeći od pretpostavke da se uticaji boniteta staništa i stepena sklopa na veličinu zapremine mogu izraziti pravcem i da se uticaj srednjeg prečnika sastojine može izraziti običnom parabolom, za analizu zavisnosti zapremine od veličina obuhvaćenih faktora odabrana je sljedeća jednačina višestruke regresije:

$$Y = a + b x_1 + c x_2 + d x_3 + e x_3^2$$

Kada se u ovu jednačinu uvrste vrijednosti za parametre, koje smo dobili rješenjem odgovarajućeg sistema normalnih jednačina, onda ona glasi:

$$Y_s = 14,2710 - 69,9697 x_1 + 306,184 x_2 + 11,4632 x_3 - 0,0561014 x_3^2 \quad 10$$

Nakon izračunavanja zapremine po jednačini 10 pojedinačno za svaku oglednu površinu, utvrđivanja rezidijuma i sume njihovih kvadrata te nanošenja rezidijuma oko linija koje izražavaju zavisnost zapremine od veličina x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub> i x<sub>3</sub>, što je učinjeno na već izloženi način, konstatovali smo sljedeće:

sa povećavanjem vrijednosti bonitetnog razreda (lošiji bonitet staništa) zapremina se smanjuje. Pravac dobro izražava ovu zavisnost;

sa povećavanjem stepena sklopa zapremina se povećava. Pravcem se ne može dobro izraziti ova zavisnost. U tu svrhu, vjerovatno, bolje bi odgovarala parabola drugog reda, i to ona koja ima ekstrem (u ovom slučaju kulminaciju) kod x<sub>2</sub> = 1,06;

parabolom drugog reda može se izraziti zavisnost zapremine od srednjeg prečnika sastojine, sa čijim povećavanjem se povećava i zapremina.

Koeficijent višestruke korelacije, izračunat na bazi rezultata koje daje jednačina 10, iznosi 0,708.

## 2) Drugo rješenje

Na osnovu konstatacija do kojih smo došli pri prvom rješenju, za izračunavanje zavisnosti zapremine od boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine odabrana je jednačina višestruke regresije opšteg oblika:

$$Y = a + b x_1 + d (x_2^2 - 2 x_2) + e x_3 + f x_3^2.$$

Sa određenim vrijednostima za parametre ova jednačina glasi:

$$Y_s = -160,733 - 70,0090 x_1 + 892,672 x_2 - 446,336 x_2^2 + 10,8106 x_3 - 0,0447835 x_3^2. \quad 11$$

Izračunavanjem zapremine po jednačini 11, za svaku oglednu površinu došlo se do sljedećih rezultata:

$$S_z = S(Y - Y_s) = 0,$$

$$S_z^2 = S(Y - Y_s)^2 = \min = 438,737,$$

$$\sigma_s^2 = S_z^2 : n = 7834,57.$$

Budući da je varijansa zavisne varijable 20.998,59, to je po formuli 2 izračunat sljedeći koeficijent višestruke korelacije:  $R = 0,768$ . Ovaj koeficijent pokazuje da jednačina 11 bolje nego jednačina 10 izražava zavisnost zapremine stabala sastojine od obuhvaćenih nezavisnih varijabli. Isto to, kako ćemo uskoro vidjeti, pokazuje i raspored rezidijuma oko linija uticaja pojedinih nezavisnih varijabli na veličinu zapremine.

### a) Uticaj boniteta staništa

Iz jednačine 11 dobivena je, na poznati način, jednačina pravca koja izražava zavisnost zapremine od boniteta staništa. Ona glasi:

$$Y_s = 545,852 - 70,0090 x_1 \quad 12$$

Pravac je predstavljen na slici 4, figura a. Oko njega su nanoseni rezidijumi. Rezultati pokazuju da se sa opadanjem boniteta staništa zapremina smanjuje. Pravac dobro izražava ovu zavisnost. Uticaj boniteta je znatan. Ako kod trećeg bonitetnog razreda zapreminu označimo indeksom 100, onda ona, pod jednakim ostalim uslovima, iznosi kod prvog bonitetnog razreda 142, a kod petog 58.

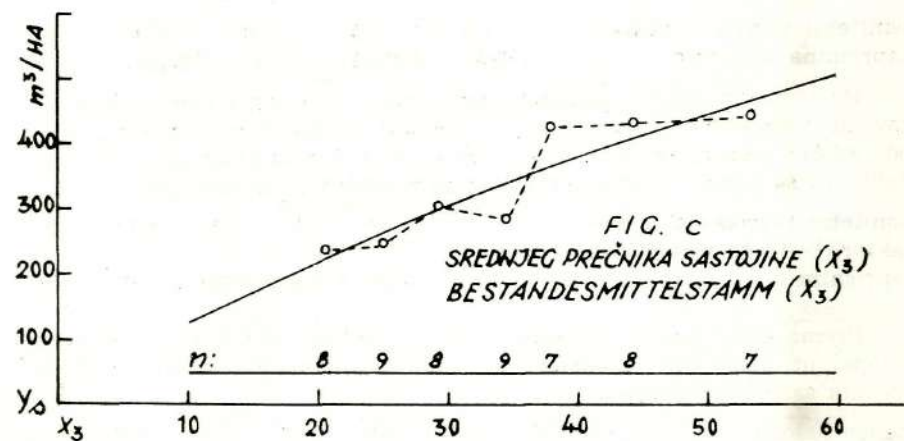
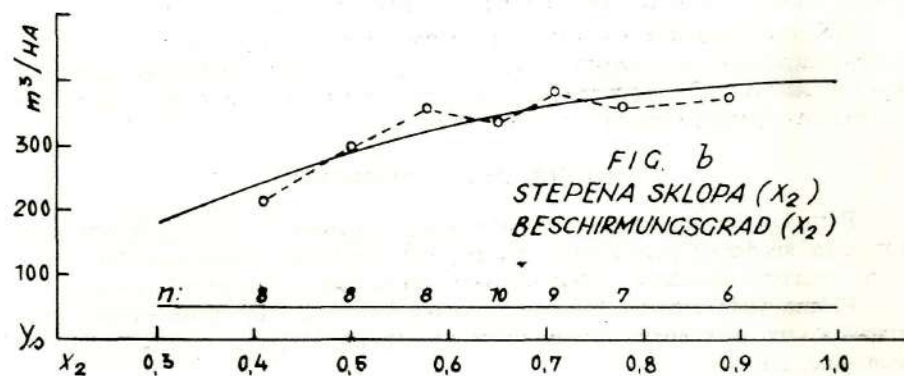
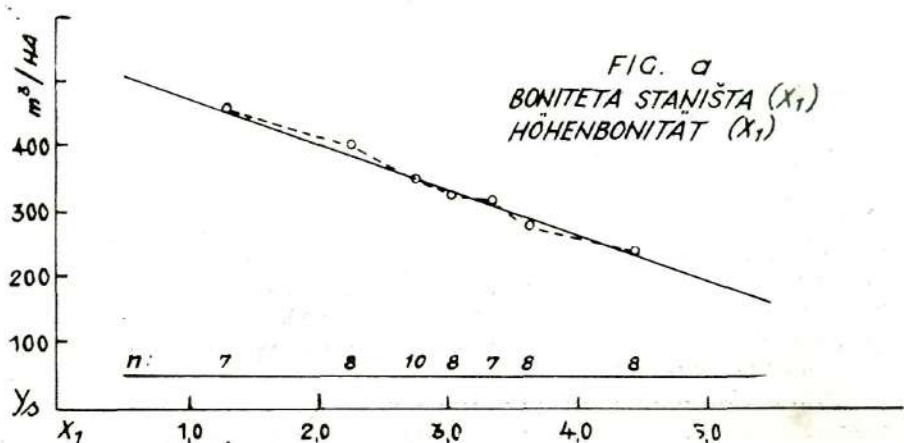
### b) Uticaj stepena sklopa

Iz osnovne jednačine 11 proizilazi sljedeća jednačina parabole koja izražava zavisnost zapremine od stepena sklopa:

$$Y_s = -50,3008 + 892,672 x_2 - 446,336 x_2^2 \quad 13$$

Ova parabola sa rezidijumima koji su oko nje nanoseni prikazana je takođe na slici 4, u figuri b. Rezultati pokazuju da sa povećavanjem stepena sklopa zapremina raste. Intenzitet porasta zapremine veći je u intervalu nižih stepenova sklopa. Parabola drugog reda, u kojoj je po-

ZAVISNOST ZAPREMINE SASTOJINE ( $Y_0$ ) OD:  
 ABHÄNGIGKEIT DER BESTANDESMASSE ( $Y_0$ ) VON:



SLIKA 4 — ABB. 4

stavljjen uslov za ekstrem (kulminaciju) pri potpunom sklopu, dobro izražava zavisnost zapremine od stepena sklopa pod jednakim ostalim uslovima. Ako za sklop 0,7 zapreminu označimo indeksom 100, onda ona iznosi za 0,4 oko 66, a za sklop 1,0 — oko 111.

### c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine

Jednačina koja izražava zavisnost zapremine od srednjeg prečnika sastojine, a koju smo takođe dobili iz osnovne jednačine 11, glasi:

$$Y_s = 18,6144 + 10,8106 x_3 - 0,0447835 x_3^2 \dots \dots \dots 14$$

Ova parabola je grafički predstavljena na slici 4, figura c. I oko nje su naneseni isti rezidijumi na poznati način. Ovi rezultati pokazuju da se sa povećavanjem srednjeg prečnika sastojine povećava i zapremina. Običnom parabolom može se dosta dobro izraziti ova zavisnost. Ako za zapreminu sastojine srednjeg prečnika 35 cm označimo indeksom 100, onda ona, pod jednakim ostalim uslovima, za srednji prečnik 20 cm iznosi 63, a za prečnik 50 cm ona je 131.

Izloženi rezultati o uticaju boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine na veličinu zapremine ukazuju na pojave koje su toliko logične da im nisu potrebna i posebna objašnjenja.

Na bazi rezultata dobivenih drugim rješenjem (jednačine 11, 12, 13 i 14) sastavljene su tablice zapremine krupnog drveta stabala sastojine po 1 hektaru. Pri njihovom sastavljanju postupilo se na isti način kao i pri sastavljanju tablica broja stabala.

## II) VELIČINA ZAPREMINE

Pomoću jednačine 14 izračunata je zapremina po 1 hektaru kao funkcija srednjeg prečnika sastojine, uz prosječne vrijednosti za bonitetni razred staništa i stepen sklopa. Rezultati su sadržani u tabeli 5.

Prema jednačini 12, zapremina po 1 hektaru kao funkcija boniteta staništa, uz prosječne vrijednosti za stepen sklopa i srednji prečnik sastojine, iznosi:

bonitetni razred staništa	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
zapremina u m <sup>3</sup> /ha	475,84	405,83	335,82	265,81	195,80

Po jednačini 11, uz prosječne vrijednosti za sve tri obuhvaćene nezavisne varijable, zapremina po 1 hektaru je 337,45 m<sup>3</sup>. Ako sa ovom podijelimo zapreminu koje su izračunate kao funkcija boniteta staništa, dobivaju se faktori boniteta staništa za veličinu zapremine. Oni su:

bonitetni razred staništa	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
faktori boniteta staništa za veličinu zapremine	1,4101	1,2026	0,9952	0,7877	0,5802

Prema jednačini 13, zapremina po 1 hektaru kao funkcija stepena sklopa, uz prosječne vrijednosti za bonitetni razred staništa i srednji prečnik sastojine, iznosi:

stepen sklopa	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
zapremina u m <sup>3</sup> /ha	235,35	284,45	324,62	355,86	378,18	391,57	396,04

Tabela 5

Srednji prečnik	Zapremina	Srednji prečnik	Zapremina	Srednji prečnik	Zapremina	Srednji prečnik	Zapremina
cm	m <sup>3</sup> /ha	cm	m <sup>3</sup> /ha	cm	m <sup>3</sup> /ha	cm	m <sup>3</sup> /ha
16	180,12	26	269,42	36	349,76	46	421,14
17	189,45	27	277,85	37	357,30	47	427,79
18	198,70	28	286,20	38	364,75	48	434,34
19	207,85	29	294,46	39	372,11	49	440,81
20	216,91	30	302,63	40	379,38	50	447,19
21	225,89	31	310,71	41	386,57	51	453,47
22	234,77	32	318,70	42	393,66	52	459,67
23	243,57	33	326,59	43	400,67	53	465,78
24	252,27	34	334,41	44	407,58	54	471,80
25	260,89	35	342,13	45	414,40	55	477,73

Odnos ovih zapremina i zapremine koja proizilazi iz jednačine 11, pod navedenim uslovima, daje faktore stepena sklopa za veličinu zapremine. Ovi su:

stepen sklopa	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
faktori stepena sklopa za veličinu zapremine	0,6974	0,8429	0,9620	1,0546	1,1207	1,1604	1,1736

Množenjem faktora boniteta staništa sa faktorima stepena sklopa dobiveni su kombinovani faktori za veličinu zapremine, koji su izloženi u tabeli 6.

Tabela 6

Stepen sklopa ( $x_2$ )	Bonitetni razred staništa ( $x_1$ )				
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
	Kombinovani faktori za veličinu zapremine				
0,4	0,9334	0,8387	0,6941	0,5493	0,4046
0,5	1,1886	1,0137	0,8389	0,6640	0,4891
0,6	1,3565	1,1569	0,9574	0,7578	0,5582
0,7	1,4871	1,2683	1,0495	0,8307	0,6119
0,8	1,5803	1,3478	1,1153	0,8828	0,6502
0,9	1,6363	1,3955	1,1548	0,9140	0,6733
1,0	1,6549	1,4114	1,1680	0,9244	0,6809



Iz podataka u tabelama 5 i 6 može se izračunati veličina zapremine za svaku kombinaciju obuhvaćenih nezavisnih varijabli do datog stepena detaljisanja. Način izračunavanja izložili smo ranije. Na isti način kao i za broj stabala, sastavljene su i tablice zapremine na bazi podataka u tabelama 5 i 6. Ove tablice dali smo zajedno sa tablicama ostalih taksacionih elemenata (34). Kontrola ovih tablica, na način kako je to ranije izloženo, dala je sljedeće rezultate:

$$S_z = S(Y - Y_t) = SY - SY_t = 18.083 - 18.018 = 65,$$

$$S_z^2 = S(Y - Y_t)^2 = 421.579,$$

$$\sigma_z^2 = S_z^2 : n = 7528,20,$$

Kako je  $\sigma_y^2 = 20.998,59$ , to je, po formuli 2,  $R_t = 0,778$ .

Tablični rezultati odstupaju od izvornih podataka za svega 0,36% u sumi. Budući da je ova greška vrlo malena, to smo je zanemarili i nismo vršili korekciju tablica.

Koeficijent korelacije dobiven na bazi tabličnih rezultata veći je, istina ne mnogo, od koeficijenta koji proizilazi iz rezultata dobivenih na bazi jednačine višestruke regresije 11, što znači da tablice daju nešto bolje podatke od onih koji bi se dobili neposredno iz navedene jednačine. I ovdje su korelacioni koeficijenti dosta visoki, što znači da je odabranom jednačinom višestruke regresije, odnosno tablicama, dobro obuhvaćeno variranje zapremine u zavisnosti od boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine.

Za upoređivanje zapremina koje daju naše tablice sa zapreminama za druge vrste drveća uzećemo iste one primjere koje smo naveli pri odgovarajućim upoređivanjima broja stabala.

Uz stepen sklopa 0,7; zapremine, prema Matičevim podacima za jelu i smrču (32) i našim za crni bor, su sljedeće:

bonitetni razred staništa	1,0	3,0	5,0
srednji prečnik sastojine, u cm	45	30	20
jela, m <sup>3</sup> /ha	820	385	203
smrča, m <sup>3</sup> /ha	998	374	132
crni bor, m <sup>3</sup> /ha	616	318	133

Zapremine stabala sastojina bijelog bora iz prinosnih tablica i crnog bora iz naših tablica su:

bonitetni razred staništa	1,0	3,0	5,0
Wiedemann, bijeli bor, m <sup>3</sup> /ha	451	288	160
Gehrhardt, bijeli bor, m <sup>3</sup> /ha	515	332	177
Drinić, crni bor, m <sup>3</sup> /ha	628	353	148

U pogledu starosti, vrsta proreda, stepenova sklopa, prosječnih visina sastojina, odnosno stabala i srednjih prečnika sastojina, za ove primjere vrijedi sve ono što je navedeno za iste primjere pri upoređivanju broja stabala.

Iz izloženih podataka proizilazi da bi sastojine crnog bora boljih i srednjih boniteta trebalo da imaju manju zapreminu nego sastojine jele i smrče. Zapremine sastojina crnog bora i smrče lošijih boniteta su jed-

nake, a manje su od zapremine jelovih sastojina. U odnosu na bijeli bor, sastojine crnog bora imaju veću zapreminu na boljim i srednjim bonitetima, a manju na lošijim. Zbog istih razloga koje smo ranije naveli, i ova upoređivanja mogu da posluže samo za orijentaciju.

Feistmantelove Opšte tablice šumskih sastojina (9) daju podatke o veličini zapremine, tekućeg i prosječnog zapreminskog prirasta za visoke pravilne šume crnog bora (i drugih važnijih vrsta drveća). Podaci su dati za devet bonitetnih razreda (prinosnih potklasa), ali samo na bazi starosti sastojina i obrasta. Nema podataka za ostale taksacione elemente. Po ovim tablicama sastojine crnog bora uz obrast 0,7 i starost od 120 godina imaju sljedeće zapremine.

bonitetni razred (prinosna potklasa)	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0
zapremina stabala sastojine, u m <sup>3</sup> /ha	442	342	258	196	119

Ako uzmemo da navedenim prinosnim potklasama 1—9 odgovaraju naši bonitetni razredi 1—5, onda, uz stepen sklopa 0,7, približno jednake zapremine imaju naše sastojine crnog bora čiji je srednji prečnik sljedeći:

bonitetni razred staništa	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
srednji prečnik sastojine — u cm	29	26	23	22	18
zapremina sastojine — u m <sup>3</sup> /ha	438	342	256	195	122

I ova upoređivanja mogu da imaju samo opštu orijentacionu vrijednost.

#### D) POVRŠINA HORIZONTALNE PROJEKCIJE KRUNA

##### I) UKUPNA POVRŠINA HORIZONTALNE PROJEKCIJE KRUNA

Krone stabala crnog bora su u većini slučajeva pravilnog oblika, naročito u mladim sastojinama. Za utvrđivanje površine horizontalne projekcije kruna zadovoljili smo se mjerenjem dva unakrsna njihova prečnika. Prečnici kruna stabala iznad taksacione granice mjereni su pantljkikom koju su dva radnika horizontalno zategnula neposredno uz stablo. Vođa radne grupe je, na odstojanju oko 10—20 m, već prema visini stabla, pomoću viska »spuštao« vertikalne vizure sa ivice krune na pantljiku. Za krune nepravilnog oblika mjerena su tri, a nekada i četiri prečnika. Prečnici kruna mjereni su sa tačnošću od 0,5 m. Iz mjerenih prečnika izračunat je srednji, na osnovu koga je izračunata površina horizontalne projekcije krune kao površina kruga. Prečnici jako deformisanih kruna nisu mjereni, nego je površina krune ocjenjivana u m<sup>2</sup> neposredno na terenu. Ovako dobivena ukupna površina horizontalne projekcije kruna za ogledne površine prikazana je u tabeli II. Ona se kreće od oko 3.930 do 11.100, a u prosjeku je približno 7.070 m<sup>2</sup>/ha.

Pri mjerenju prečnika ujedno je ocjenjivan i intenzitet međusobnog prekrivanja kruna. Pod intenzitetom međusobnog prekrivanja podrazumijevamo, u procentima izražen, odnos između prekrivenog dijela površine i ukupne površine horizontalne projekcije krune. Da bi se do ovog došlo, bilo je potrebno za krunu svakog stabla ocijeniti onaj dio njene

površine koji je prekriven drugim krunama koje se nalaze iznad tretirane, kao i to koliko je od prekrivenog dijela svake krune jednostruko, dvostruko ili višestruko prekriveno. Ove ocjene su vršene okularno i izražavane u relativnim brojevima sa tačnošću od 10%. Pri izračunavanju površine svake krune posebno je iskazivan i onaj njen dio koji je prekriven krunama drugih stabala. Pri ovom smo konstatovali da se krune crnog bora međusobno prekrivaju, skoro uvijek, samo jednostruko, a da dvostrukog i višestrukog prekrivanja praktično i nema. Zbog ovog smo prekrivenost i iskazivali uvijek samo kao jednostruku.

Odnos prekrivenog dijela svih kruna i ukupne površine njihovih horizontalnih projekcija pomnožen sa 100 predstavlja intenzitet međusobnog prekrivanja kruna za sastojinu kao cjelinu. I ovi podaci su prikazani u tabeli II. Intenzitet međusobnog prekrivanja kruna na oglednim površinama varira od 3 do 22, a u prosjeku je oko 11%.

Ukupna površina horizontalne projekcije kruna i intenzitet njihovog međusobnog prekrivanja poslužili su za utvrđivanje stepena sklopa sastojine ( $x_2$ ). Ovaj je izračunat po obrascu:

$$x_2 = (K - 0,0p \cdot K) : F, \text{ gdje znači}$$

K — ukupna površina horizontalne projekcije kruna u  $m^2$ ,

p — intenzitet međusobnog prekrivanja kruna u procentima i

F — veličina ogledne površine u  $m^2$ .

## II) POVRŠINA PROJEKCIJE KRUNE STABLA

Površinu horizontalne projekcije krune stabla u ovom radu nazivaćemo veličina krune stabla. Ona se dobiva iz odnosa ukupne površine horizontalne projekcije kruna i broja stabala sastojine. To bi bila veličina krune srednjeg stabla sastojine.

Budući da bonitet staništa, stepen sklopa i srednji prečnik sastojine imaju različit intenzitet uticaja na veličinu kruna slabala različitih debljina, to je i debljinu stabla trebalo obuhvatiti kao posebnu, četvrtu, nezavisnu varijablu. Nju smo obuhvatili na taj način što smo analizu zavisnosti veličine kruna stabala od prvih triju nezavisnih varijabli vršili po debljinskim klasama, a zatim povezali dobivene rezultate postupkom koji ćemo kasnije izložiti.

Osnovni podaci za analizu zavisnosti veličine krune stabla od boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika sastojine i debljine stabla dobiveni su na sljedeći način:

Veličine kruna stabala, za svaku oglednu površinu, razvrstane su po debljinskim stepenima širine 5 cm. Dijeljenjem ovih sa brojem stabala istih debljinskih stepena dobivene su prosječne veličine kruna po debljinskim stepenima. Prosječne vrijednosti su grafički izravnate i utvrđena krivulja veličine kruna kao funkcija prsnih prečnika stabala. Očitane vrijednosti sa krivulje za određene prsne prečnike su izvorni podaci sa kojima smo ušli u analizu. Ovi podaci za svaku oglednu površinu prikazani su u tabeli VI.

Analiza je izvršena po debljinskim klasama, čije su sredine 15, 25, 35, 45, 55 i 65 cm. Budući da sve ogledne površine nemaju stabala u svim ovim debljinskim klasama, to je broj slučajeva različit po klasama. Zbog ovog bi se pri analizi ionako prevelik obim posla još više povećao.

Zato smo za ogledne površine koje nemaju stabala u svim debljinskim klasama izvršili odgovarajuće produžavanje izravnatih krivulja veličine kruna do sredine prve, odnosno posljednje debljinske klase. Produžavanje krivulja do klase 65 cm izvršeno je: za jednu oglednu površinu — od klase 35, za pet — od klase 45 i za jedanaest — od klase 55 cm. Za tri ogledne površine produžene su krivulje od klase 25 prema klasi 15 cm. Ovo se vidi iz odgovarajućih podataka u tabeli VI. Sa produženog dijela, koji je crtan na osnovu logičnog toka krivulje, očitane su vrijednosti koje su zajedno sa postojećim upotrijebljene kao izvorni podaci. Ovim se postiglo da kod svake debljinske klase bude isti broj slučajeva, čime se znatno pojednostavio posao, a nije, po našoj ocjeni, išlo na uštrb tačnosti dobivenih rezultata.

### 1) Zavisnost veličine kruna stabla od veličine drugih taksacionih elemenata

Oznake su iste kao u poglavlju B, s tim što Y ovdje označava veličinu kruna stabla u m<sup>2</sup>. Za analizu zavisnosti veličine kruna stabla od boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine odabrana je sljedeća jednačina višestruke regresije:

$$Y = a + b x_1 + c x_1^2 + d x_2 + e x_2^2 + f x_3 + g x_3^2.$$

Ova jednačina u opštem obliku upotrijebljena je za izražavanje navedenog odnosa u svim odabranim debljinskim klasama. Rješenjem odgovarajućih sistema normalnih jednačina na bazi izvornih podataka za pojedine debljinske klase dobivene su sljedeće jednačine višestruke regresije:

$$Y_{s\ 15} = 3,71865 + 1,02369 x_1 - 0,148692 x_1^2 + 4,30173 x_2 - 3,03179 x_2^2 - 0,0644786 x_3 + 0,000660675 x_3^2 \quad . \quad . \quad . \quad 15$$

$$Y_{s\ 25} = 23,5693 - 0,733723 x_1 + 0,247375 x_1^2 - 12,6515 x_2 + 12,9086 x_2^2 - 0,470852 x_3 + 0,00493978 x_3^2 \quad . \quad . \quad . \quad 16$$

$$Y_{s\ 35} = 49,1206 - 3,24893 x_1 + 0,883290 x_1^2 - 25,2632 x_2 + 25,5373 x_2^2 - 1,04550 x_3 + 0,0104249 x_3^2 \quad . \quad . \quad . \quad 17$$

$$Y_{s\ 45} = 73,9298 - 5,86263 x_1 + 1,62468 x_1^2 - 39,2119 x_2 + 39,6429 x_2^2 - 1,43155 x_3 + 0,0129094 x_3^2 \quad . \quad . \quad . \quad 18$$

$$Y_{s\ 55} = 108,207 - 8,91326 x_1 + 2,46207 x_1^2 - 92,3641 x_2 + 88,6562 x_2^2 - 1,56798 x_3 + 0,0116761 x_3^2 \quad . \quad . \quad . \quad 19$$

$$Y_{s\ 65} = 127,632 - 11,0627 x_1 + 3,16267 x_1^2 - 99,4463 x_2 + 104,604 x_2^2 - 1,67809 x_3 + 0,0101545 x_3^2 \quad . \quad . \quad . \quad 20$$

Po jednačinama 15—20 izračunate su veličine kruna po debljinskim klasama za sve ogledne površine na bazi stvarnih vrijednosti za nezavisne varijable. Upoređujući izračunate vrijednosti ( $Y_s$ ) sa izvornim podacima (Y) u okviru svake debljinske klase, dobiveni su sljedeći sumarni rezultati:

$$SSz = SS (Y - Y_s) = SSY - SSY_s = 9918 - 9918 = 0,$$

$$SSz^2 = SS (Y - Y_s)^2 = \min = 21.342.$$

Da bi se dobivena suma kvadrata odstupanja (21.342) mogla upotrijebiti za izračunavanje zajedničkog koeficijenta višestruke korelacije (za sve debljinske klase), potrebno je utvrditi kolika bi ona bila kada bi se izjednačenje veličina kruna vršilo pomoću jedne regresione jednačine za sve debljinske klase. Za isti slučaj treba odrediti i veličinu faktora  $m$  potrebnog za izračunavanje korelacionog koeficijenta po Ezekielovoj približnoj formuli. Za ovo smo izvršili sljedeće približne ocjene:

Po jednačinama 15—20 izračunate su veličine kruna stabala po debljinskim klasama za srednje vrijednosti nezavisnih varijabli. One su:

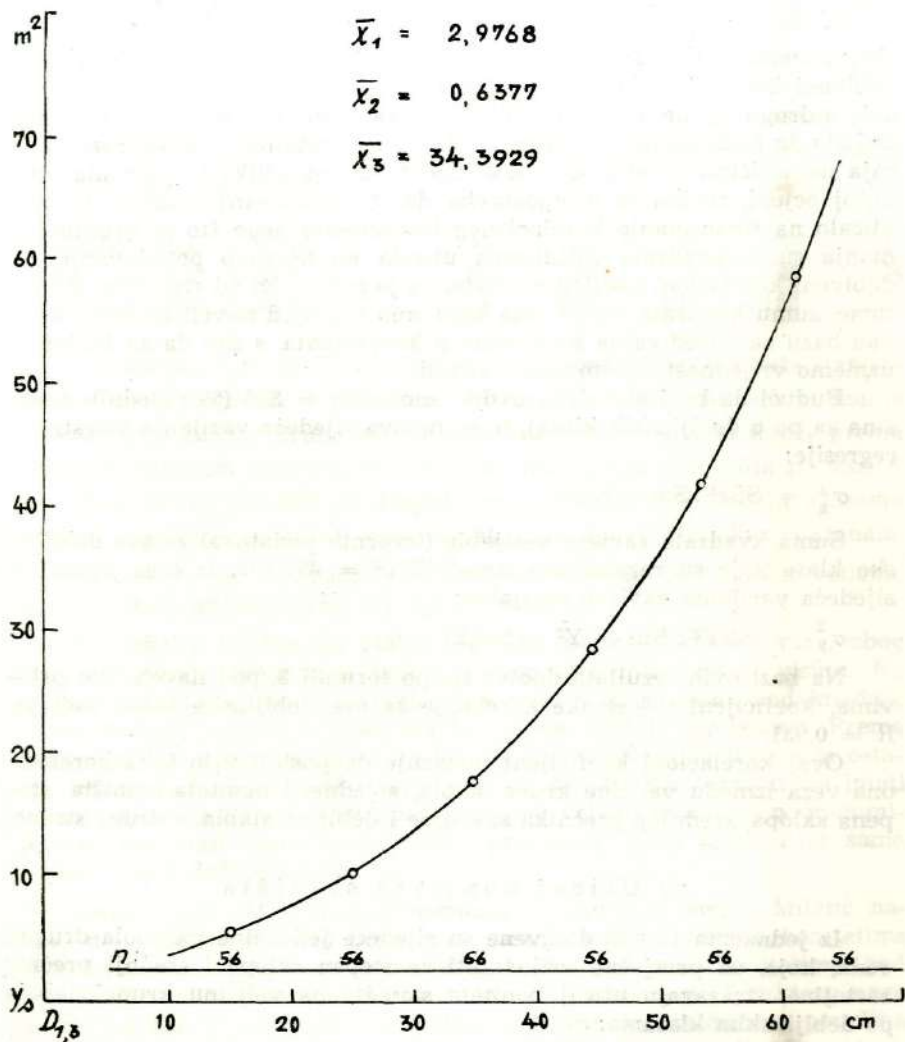
debljinska klasa u cm	15	25	35	45	55	65
veličina krune u m <sup>2</sup>	5,52	10,41	17,92	28,03	40,53	56,19

Ove vrijednosti predstavljene su kružićima na slici 5. Iz slike se vidi da se nanese veličine kruna po debljinskim klasama mogu lako grafički izjednačiti krivom linijom koja bi, vjerovatno, odgovarala paraboli drugog reda. Međutim, ove veličine, kao rezultat prosječnih vrijednosti nezavisnih varijabli, imaju najveću težinu, zbog čega kriva linija kojom su one grafički izjednačene (spojene) izražava prosječan uticaj debljinske klase (debljina stabla) na veličinu krune. Kada bi u jednačinama 15—20 bile uzete druge kombinacije navedenih nezavisnih varijabli, u najgorom slučaju njihove ekstremne vrijednosti, onda bi se dobile veličine kruna za čije bi izjednačenje po debljinskim klasama svakako bila potrebna neka fleksibilnija linija nego što je to parabola drugog reda. Mi unaprijed ne možemo znati koja bi jednačina toj liniji najbolje odgovarala. Ali možemo pretpostaviti da bi se parabolom četvrtog reda, koja je veoma fleksibilna, sigurno mogle dobro izjednačiti veličine kruna po debljinskim klasama, koje proizilaze iz jednačina 15—20, uz svaku moguću kombinaciju varijabli  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$ , i da pri tome ne bi bilo znatnijih odstupanja. Ako bi se takva odstupanja ipak javila, onda bi za ispravno određivanje korelacionog koeficijenta bilo potrebno da se apsolutne veličine rezidijuma, koji su dobiveni po debljinskim klasama na bazi jednačina 15—20, povećaju za onoliki apsolutni iznos kolika su odstupanja od parabole četvrtog reda i da se izračuna druga suma kvadrata rezidijuma. Ova bi bila nešto veća od one koju smo već dobili na bazi rezultata jednačina 15—20. Budući da nismo vršili takvu korekciju rezidijuma odnosno sume njihovih kvadrata, to bi se moglo zaključiti da je dobiveni korelacioni koeficijent veći od stvarnog (zbog upotrijebljene manje sume kvadrata rezidijuma). To se, kako ćemo odmah vidjeti, ipak nije desilo.

Mi smo posebno za svaku debljinsku klasu uticaj boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine na veličinu krune stabla izrazili parabolama drugog reda, iz čega je proizišla, kako je navedeno, opšta jednačina višestruke regresije sa sedam parametara. Da smo jednom regresionom jednačinom obuhvatili i uticaj debljine stabla kao četvrte nezavisne varijable, onda bi se odabranoj jednačini višestruke regresije pridružila još i jednačina parabole četvrtog reda koju smo pretpostavili za izjednačenje veličina kruna po debljinskim klasama. Pri formiranju jedne regresione jednačine iz ovih dviju sigurno bi došlo do množenja nekih ili svih članova jedne sa nekim ili svim članovima druge jednačine. Ako pretpostavimo da bi se međusobno množili svi članovi jedne i druge jednačine (najsloženiji slučaj), onda bi se za obuhvatanje uticaja sve

VELIČINE KRUNA ( $Y_0$ ) PO JEDNAČINAMA 15-20

KRONENGRÖSSE ( $Y_0$ ) NACH DER GLEICHUNGEN 15-20



SLIKA 5 - ABB. 5

četiri nezavisne varijable na veličinu krune stabla dobila jedna jednačina višestruke regresije sa 35 parametara. Ovo bi se dobilo zbog toga što upotrijebljena regresiona jednačina ima 7, a jednačina parabole četvrtog reda 5 parametara. Iz izloženog proizilazi da bi faktor  $m$  u formuli koeficijenta korelacije mogao da iznosi najviše 35. Uzimajući za faktor  $m$  njegovu najveću moguću vrijednost, dobiva se korelacioni koeficijent za najslabiji slučaj uticaja četiri nezavisne varijable na veličinu krune. Tako dobiveni korelacioni koeficijent manji je od stvarnog, jer sigurno ne bi došlo do međusobnog množenja svih članova navedenih dviju jednačina, tj. ne bi se dobila ona sa 35 parametara.

Iz svega izloženog o ovim ocjenama proizilazi da bi, s jedne strane, zbog zanemarivanja eventualnog povećavanja sume kvadrata rezidijuma dobiveni korelacioni koeficijent trebalo da bude nešto veći od stvarnog, dok, s druge strane, zbog prevelikog iznosa faktora  $m$  ovaj bi koeficijent trebalo da bude manji od stvarnog. Od intenziteta ova dva suprotna uticaja na veličinu korelacionog koeficijenta zavisi koliko je on realan. Po našoj ocjeni, realna je pretpostavka da je povećavanje faktora  $m$  više uticalo na smanjivanje korelacionog koeficijenta nego što je eventualno manja suma kvadrata rezidijuma uticala na njegovo povećavanje, tj. dobiveni korelacioni koeficijent treba da je nešto niži od stvarnog. Prema tome, sumu kvadrata rezidijuma koju smo naprijed naveli možemo uzeti kao bazu za određivanje korelacionog koeficijenta, s tim da za faktor  $m$  uzmemo vrijednost 35, što smo i učinili.

Budući da broj slučajeva ovdje iznosi:  $S_n = 336$  (56 oglednih površina sa po 6 debljinskih klasa), to se dobiva sljedeća varijansa višestruke regresije:

$$\sigma_z^2 = SSz^2 : S_n = 63,52.$$

Suma kvadrata zavisne varijable (izvornih podataka) za sve debljinske klase koje su razmatrane iznosi  $SSY^2 = 472.180$ , iz čega proizilazi sljedeća varijansa zavisne varijable:

$$\sigma_y^2 = (SSY^2 : S_n) - \bar{Y}^2 = 533,87.$$

Na bazi ovih rezultata dobiva se, po formuli 2, pod navedenim uslovima, koeficijent višestruke korelacije za sve debljinske klase, koji je:  $R = 0,931$ .

Ovaj korelacioni koeficijent pokazuje da postoji vrlo jaka korelaciona veza između veličine krune stabla, s jedne, i boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika sastojine i debljine stabla, s druge strane.

#### a) Uticaj boniteta staništa

Iz jednačina 15—20 dobivene su sljedeće jednačine parabola drugog reda, koje, uz prosječne vrijednosti za stepen sklopa i srednji prečnik sastojine, izražavaju uticaj boniteta staništa na veličinu krune stabala po debljinskim klasama:

$$\begin{aligned} Y_{s\ 15} &= 3,79285 + 1,02369 x_1 - 0,148692 x_1^2 \dots \dots \dots 21 \\ Y_{s\ 25} &= 10,4001 - 0,733723 x_1 + 0,247375 x_1^2 \dots \dots \dots 22 \\ Y_{s\ 35} &= 19,7690 - 3,24893 x_1 + 0,883290 x_1^2 \dots \dots \dots 23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{s\ 45} &= 31,0807 - 5,86263 x_1 + 1,62468 x_1^2 && 24 \\
 Y_{s\ 55} &= 45,2438 - 8,91326 x_1 + 2,46207 x_1^2 && 25 \\
 Y_{s\ 65} &= 61,0999 - 11,0627 x_1 + 3,16267 x_1^2 && 26
 \end{aligned}$$

Parabole prednjih jednačina prikazane su na slici 6. Oko njih su nanoseni rezidijumi koji su dobiveni za odgovarajuće debljinske klase. Rezultati pokazuju da su krune stabala prve debljinske klase uglavnom jednake kod svih bonitetnih razreda, tj. bonitet staništa nema većeg uticaja na veličinu kruna najtanjih stabala. U svim ostalim debljinskim klasama sa opadanjem boniteta staništa povećavaju se veličine kruna stabala. Ako zbog manjih nepravilnosti izuzmemo prvu debljinsku klasu, pa veličinu kruna za treći bonitetni razred u svakoj debljinskoj klasi označimo indeksom 100, onda one za prvi i peti bonitetni razred imaju sljedeću relativnu veličinu:

debljinska klasa — u cm	25	35	45	55	65
za prvi bonitetni razred	95	97	95	95	94
za peti bonitetni razred	124	143	151	153	151

Intenzitet povećavanja veličine kruna sa opadanjem boniteta staništa najveći je u najjačim debljinskim klasama, i obratno. Mnogo je manje povećavanje veličine kruna od prvog prema trećem nego od trećeg prema petom bonitetnom razredu. Iz rasporeda rezidijuma oko linija na slici 6 proizilazi da se parabolom drugog reda u svim debljinskim klasama odlično može izraziti uticaj boniteta staništa na veličinu kruna stabala.

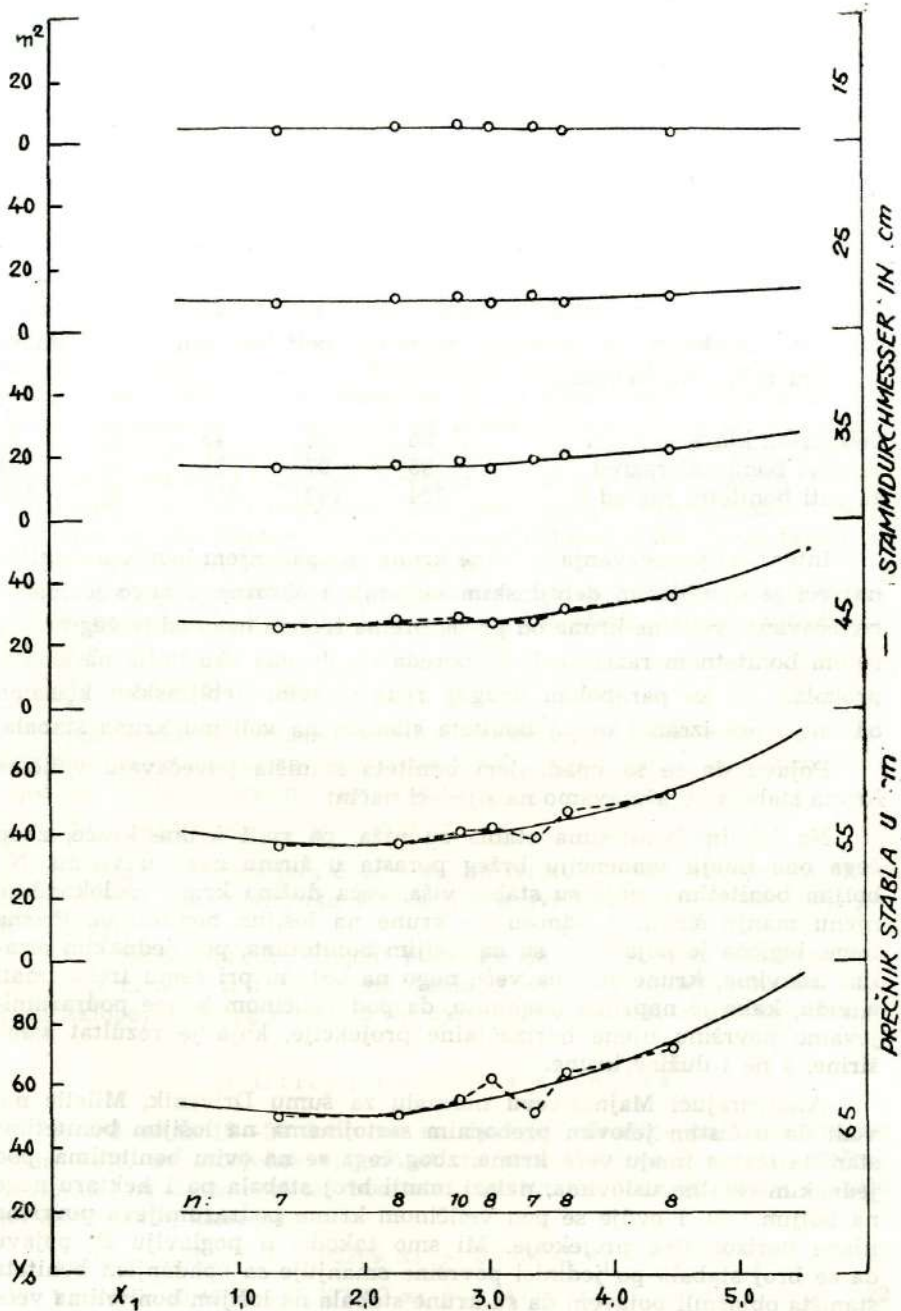
Pojavu da se sa opadanjem boniteta staništa povećavaju veličine kruna stabala objašnjavamo na sljedeći način:

Na lošijim bonitetima stabla su niža, pa su i krune kraće, zbog čega one imaju tendenciju bržeg porasta u širinu nego u visinu. Na boljim bonitetima, gdje su stabla viša, veća dužina krune nadoknađuje njenu manju širinu u odnosu na krune na lošijim bonitetima. Prema tome, logična je pojava da su na lošijim bonitetima, pod jednakim ostalim uslovima, krune stalaba veće nego na boljim, pri čemu treba imati u vidu, kako je naprijed istaknuto, da pod veličinom krune podrazumijevamo površinu njene horizontalne projekcije, koja je rezultat samo širine, a ne i dužine krune.

Analizirajući Majnarićevu normalu za šumu Drivenik, Miletić navodi da u čistim jelovim prebornim sastojinama na lošijim bonitetima staništa stabla imaju veće krune, zbog čega se na ovim bonitetima, pod jednakim ostalim uslovima, nalazi manji broj stabala po 1 hektaru nego na boljim (48). I ovdje se pod veličinom krune podrazumijeva površina njene horizontalne projekcije. Mi smo takođe, u poglavlju B, pojavu da se broj stabala po jedinici površine smanjuje sa opadanjem boniteta staništa objasnili pojavom da su krune stabala na lošijim bonitetima veće nego na boljim.



ZAVISNOST VELIČINE KRUNE ŠTABLA ( $Y_0$ ) OD BONITETA STANIŠTA ( $X_1$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DER KRONENGRÖSSE ( $Y_0$ ) VON DER HÖHENBONITÄT ( $X_1$ )



SLIKA 6 - ABB 6

## b) Uticaj stepena sklopa

Uz prosječne vrijednosti za bonitet staništa i srednji prečnik sastojine, iz jednačina 15—20 dobivene su sljedeće jednačine koje izražavaju uticaj stepena sklopa na veličinu kruna stabala po debljinskim klasama:

$Y_s \ 15 = 4,01226 + 4,30173 x_2 - 3,03179 x_2^2$	27
$Y_s \ 25 = 13,2264 - 12,6515 x_2 + 12,9086 x_2^2$	28
$Y_s \ 35 = 23,6500 - 25,2632 x_2 + 25,5373 x_2^2$	29
$Y_s \ 45 = 36,9099 - 39,2119 x_2 + 39,6429 x_2^2$	30
$Y_s \ 55 = 63,3758 - 92,3641 x_2 + 88,6562 x_2^2$	31
$Y_s \ 65 = 77,0726 - 99,4463 x_2 + 104,604 x_2^2$	32

Parabole ovih jednačina sa rezidijumima za odgovarajuće debljinske klase predstavljene su na slici 7. Rezultati pokazuju da u prvoj debljinskoj klasi stepen sklopa nema uticaja na veličinu kruna. Stabla u ovoj klasi inače imaju vrlo malenu krunu; njena se veličina sa promjenom stepena sklopa gotovo i ne mijenja. Razlog je jednostavan. Promjena stepena sklopa ne izaziva odgovarajuće promjene u stepenu osvijetljenosti kruna najtanjih stabala.

U drugoj i ostalim višim debljinskim klasama sa povećavanjem stepena sklopa povećavaju se i veličine kruna. Najjači intenzitet ovog povećavanja je u najjačim debljinskim klasama, i obratno. Ako veličine kruna za svaku debljinsku klasu, izuzev prve, pri stepenu sklopa 0,7 označimo indeksom 100, onda one pri stepenu sklopa 0,4 i 1,0 imaju sljedeće relativne veličine:

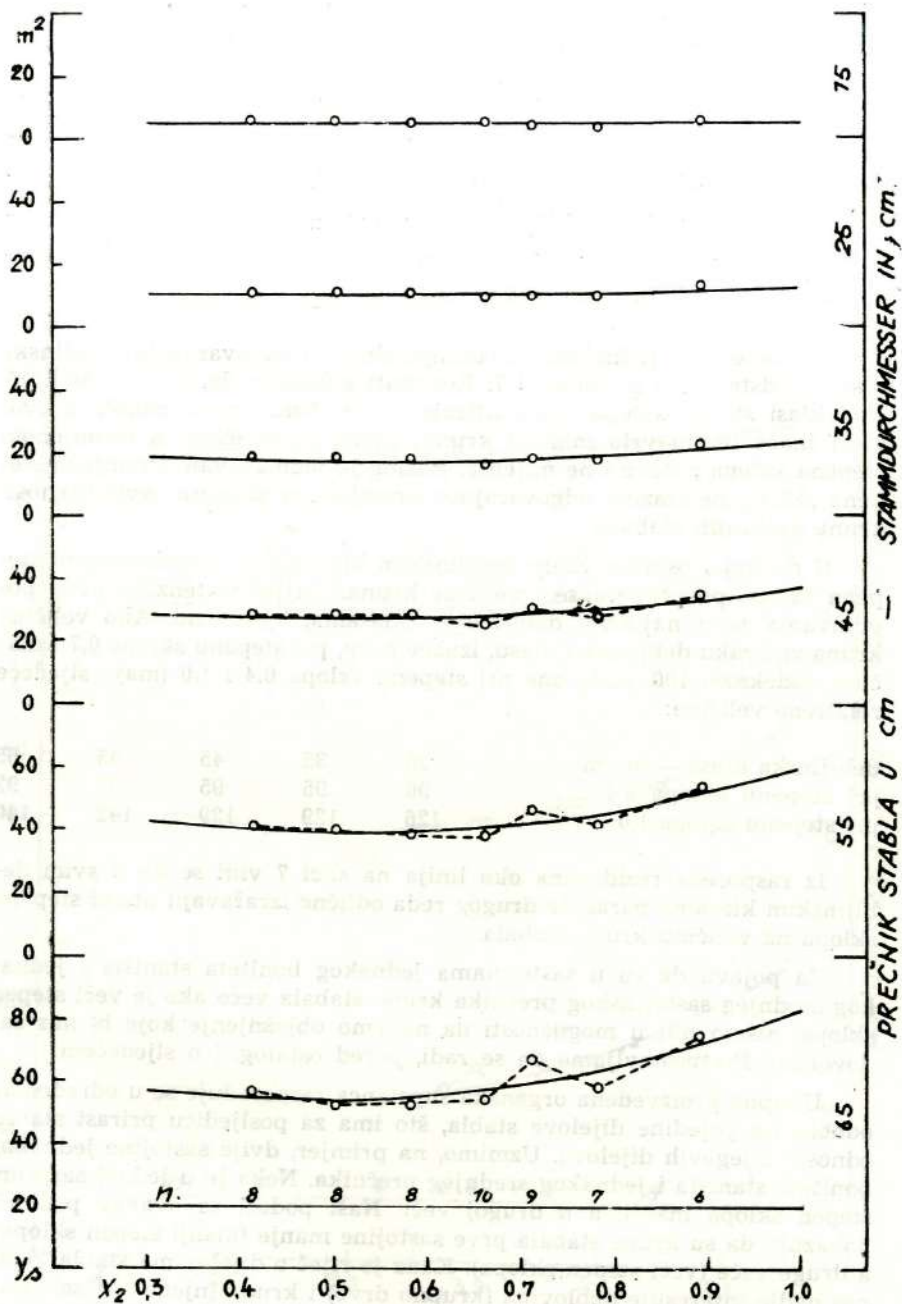
debljinska klasa — u cm	25	35	45	55	65
pri stepenu sklopa 0,4	96	95	95	96	92
pri stepenu sklopa 1,0	126	129	129	142	140

Iz rasporeda rezidijuma oko linija na slici 7 vidi se da u svim debljinskim klasama parabole drugog reda odlično izražavaju uticaj stepena sklopa na veličinu kruna stabala.

Za pojavu da su u sastojinama jednakog boniteta staništa i jednakog srednjeg sastojinskog prečnika krune stabala veće ako je veći stepen sklopa, nismo bili u mogućnosti da nađemo objašnjenje koje bi nas zadovoljilo. Pretpostavljamo da se radi, pored ostalog, i o sljedećem:

Ukupno proizvedena organska supstanca raspoređuje se u određenom odnosu na pojedine dijelove stabla, što ima za posledicu prirast stabla, odnosno njegovih dijelova. Uzmimo, na primjer, dvije sastojine jednakog boniteta staništa i jednakog srednjeg prečnika. Neka je u jednoj sastojini stepen sklopa manji, a u drugoj veći. Naši podaci za ovakav primjer pokazuju da su krune stabala prve sastojine manje (manji stepen sklopa), a druge veće (veći stepen sklopa). Kada je riječ o dijelovima stabla, onda nas ovdje interesuje deblovina (krupno drvo) i kruna (njena horizontalna projekcija). Crni bor gotovo i nema grana debljih od 7 cm, tako da je

ZAVISNOST VELIČINE KRUNE STABLA ( $Y_0$ ) OD STEPENA SKLOPA ( $X_2$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DER KRONENGROSSE ( $Y_0$ ) VOM BESCHIRMGSGRADE ( $X_2$ )



SLIKA 7 - ABB 7

deblovina samo deblo (vreteno stabla), pa je ovakvo izdvajanje dijelova stabla dosta realno. Budući da dva stabla jednake visine i debljine imaju istu zapreminu krupnog drveta, a različite veličine kruna, ako se jedno nalazi u prvoj, a drugo u drugoj sastojini, to se može zaključiti da je proizvedena zapremina krupnog drveta po 1 m<sup>2</sup> veličine (projekcije) krune kod stabla sa manjom krunom veća, a kod stabla sa većom krunom manja. Iz ovog proizilazi da je raspodjela ukupno proizvedene organske supstance na krupno drvo i krunu pomjerena kod stabla sa manjom krunom u korist krupnog drveta, a kod stabla sa većom krunom — u korist krune. Uzrok ovom pomjeranju može da bude različit stepen osvjetljenosti kruna pri različitim stepenovima sklopa. Vjerovatno je da uz veći stepen osvjetljenosti (rjeđi sklop i manja kruna) relativno više organske supstance otpada na krupno drvo, a uz manji stepen osvjetljenosti (gušći sklop i veća kruna) na krunu. Jedna od osnova za ovakav zaključak je dokaz da je tekući prirast zapremine (krupnog drveta) po 1 m<sup>2</sup> projekcije kruna veći u sastojinama sa manjim stepenom sklopa, o čemu će kasnije biti riječi. Naravno da za pojavu koju smo pokušali objasniti postoje i drugi uzroci koje mi nismo ovom analizom obuhvatili.

### c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine

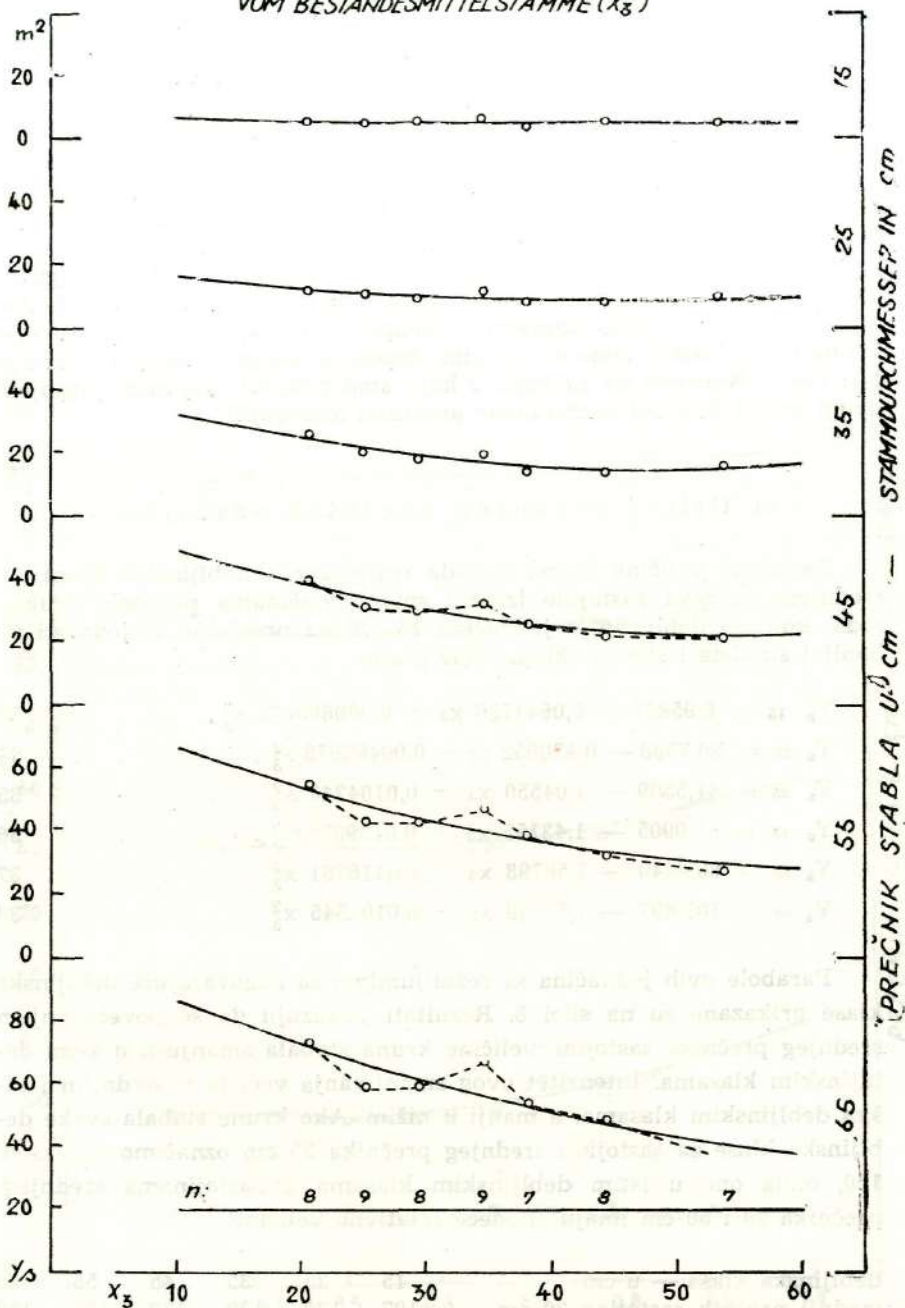
Zavisnost veličine kruna stabala razmatranih debljinskih klasa od srednjeg prečnika sastojine izrazili smo jednačinama parabole drugog reda, koje su dobivene iz jednačina 15—20 uz prosječne vrijednosti za bonitet staništa i stepen sklopa. One glase:

$Y_s 15 = 6,95867 - 0,0644786 x_3 + 0,000660675 x_3^2$	33
$Y_s 25 = 20,7588 - 0,470852 x_3 + 0,00493978 x_3^2$	34
$Y_s 35 = 41,5509 - 1,04550 x_3 + 0,0104249 x_3^2$	35
$Y_s 45 = 61,9905 - 1,43155 x_3 + 0,0129094 x_3^2$	36
$Y_s 55 = 80,6440 - 1,56798 x_3 + 0,0116761 x_3^2$	37
$Y_s 65 = 101,897 - 1,67809 x_3 + 0,0101545 x_3^2$	38

Parabole ovih jednačina sa rezidijumima za odgovarajuće debljinske klase prikazane su na slici 8. Rezultati pokazuju da se povećavanjem srednjeg prečnika sastojine veličine kruna stabala smanjuju u svim debljinskim klasama. Intenzitet ovog smanjivanja veći je u srednjim i višim debljinskim klasama, a manji u nižim. Ako krune stabala svake debljinske klase za sastojinu srednjeg prečnika 35 cm označimo indeksom 100, onda one u čistim debljinskim klasama u sastojinama srednjeg prečnika 20 i 50 cm imaju sljedeće relativne veličine:

debljinska klasa — u cm	15	25	35	45	55	65
srednji prečnik sastojine 20 cm	107	129	140	139	135	130
srednji prečnik sastojine 50 cm	98	93	86	82	78	78

ZAVISNOST VELIČINE KRUNE STABLA ( $\gamma_0$ ) OD SREDNJEG  
 PREČNIKA SASTOJINE ( $x_3$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DER KRONENGRÖSSE ( $\gamma_0$ )  
 VOM BESTANDESMITTELSTAMME ( $x_3$ )



SLIKA 8 - ABB. 8

Raspored rezidijuma oko linija na slici 8 pokazuje da se parabolom drugog reda u svim debljinskim klasama može vrlo dobro izraziti zavisnost veličine krune stabla od srednjeg prečnika sastojine.

Pojava da su krune stabala u sastojinama većeg srednjeg prečnika manje nego u sastojinama nižeg srednjeg prečnika može se, po našem mišljenju, objasniti na sljedeći način:

U sastojinama većeg srednjeg prečnika relativno je više debelih stabala nego u sastojinama čija su stabla u prosjeku tanja. Deblja stabla, uz jednak bonitet staništa i stepen sklopa, imaju veće visine nego tanja, što ima za posljedicu veće diferenciranje visina svih stabala. Pri većem diferenciranju visina stabala krune imaju tendenciju većeg porasta u visinu na račun širine. Pri ovom treba imati u vidu, kako je istaknuto, da je stepen sklopa konstantan.

#### d) Uticaj debljine stabla

Za analizu zavisnosti veličine krune stabla od njegove debljine podaci su dobiveni na sljedeći način:

Po jednačinama 21—26 izračunate su veličine krune po debljinskim klasama za bonitetne razrede ( $x_1$ ) 1, 2, 3, 4 i 5. Kada se dobivene vrijednosti, pojedinačno za svaki bonitetni razred, grafički predstavljaju tako da po apscisi nanosimo debljinske klase, a po ordinati veličinu krune za odgovarajuće klase, i kada se izvrše potrebna (vrlo mala) izravnavanja, dobiva se linija koja izražava zavisnost veličine krune stabla od njegove debljine za određeni bonitetni razred. Ove linije za bonitetne razrede prvi, treći i peti predstavljene su na slici 9, figura a (linija za prvi i drugi bonitetni razred je zajednička, jer, praktično, nema razlike u veličini krune za ova dva bonitetna razreda). Iz načina dobivanja podataka proizilazi da su linijama realno predstavljene veličine krune po debljinskim klasama za prosječne prilike u pogledu stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine.

Pomoću jednačina 27—32 izračunate su veličine krune po debljinskim klasama za stepenove sklopa 0,4 do 1,0. Kada se dobivene vrijednosti grafički predstavljaju, na isti način kako je to učinjeno za bonitetne razrede, dobivaju se linije koje izražavaju zavisnost veličine krune od debljine stabla za određene stepenove sklopa, uz prosječne vrijednosti u pogledu boniteta staništa i srednjeg prečnika sastojine. Takve linije za stepenove sklopa 0,4—0,6; 0,8 i 1,0 predstavljene su na slici 9, figura b. Jednom linijom predstavljene su veličine krune za stepenove sklopa 0,4 do 0,6 zbog toga što u intervalu ovih stepenova sklopa praktično nema razlika u veličinama krune stabala.

Po jednačinama 33—38 izračunate su veličine krune po debljinskim klasama za sastojine srednjeg prečnika 20, 30, 40 i 50 cm. Ove su nanesene po debljinskim klasama na isti način kao i u prva dva slučaja. Dobivene su linije koje izražavaju zavisnost veličine krune stabla od njegove debljine za sastojine navedenih srednjih prečnika, uz prosječne vrijednosti u pogledu boniteta staništa i stepena sklopa. Takve linije su predstavljene na slici 9, figura c.

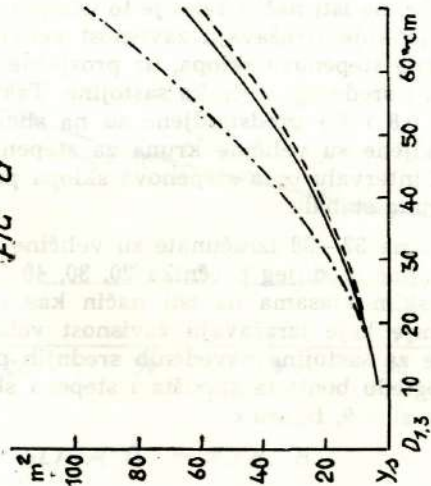
ZAVISNOST VELIČINE KRUNE STABLA ( $\gamma_0$ ) OD NJEGOVE DEBLJINE ( $D_{1,3}$ ) I OD  
 ABHÄNGIGKEIT DER KRONENGRÖSSE ( $\gamma_0$ ) VOM STAMMDURCHMESSER ( $D_{1,3}$ ) UND VON:

BONITETA STANIŠTA ( $X_1$ )  
 HÖHENBONITÄT ( $X_1$ )

STEPENA SKLOPA ( $X_2$ )  
 BESCHIRMUNGSGRAD ( $X_2$ )

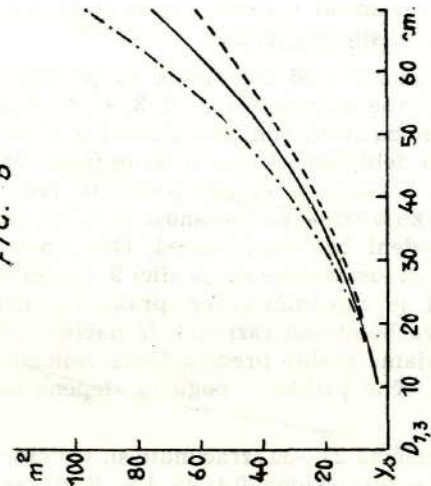
SREDNJEJ PREČNIKA SASTOJINE ( $X_3$ )  
 BESTANDESMITTELSTÄMME ( $X_3$ )

FIG. a



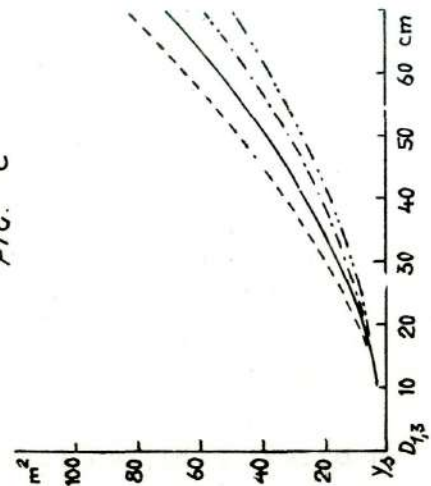
--- 1,0-2,0 BONITET STANIŠTA  
 — 3,0 HÖHENBONITÄT  
 - - - 5,0

FIG. b



--- 0,4-0,6 STEPEN SKLOPA  
 — 0,8 BESCHIRMUNGSGRAD  
 - - - 1,0

FIG. c



--- 20 SREDNJI PREČNIK  
 — 30 SASTOJINE U CM  
 - - - 40 BESTANDESMITTELSTÄMME  
 - - - 50

SLIKA 9 - ABB 9

Iz rezultata ove analize proizilazi, kako pokazuju grafički prikazi na slici 9, da se sa povećavanjem debljine stabla veličina projekcije krune stalno povećava po jednoj krivulji koja je veoma zakrivljena, i to uvijek naviše. Najsigurniji su oni podaci koji se odnose na prosječne prilike u pogledu nezavisnih varijabli  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$ . Oni su, kako je ranije navedeno, prikazani na slici 5. Međutim, i za kombinacije ekstremnih vrijednosti ovih varijabli važi isto pravilo, što pokazuje slika 9.

Matić je utvrdio da se u prebornim šumama jele, smrče i bukve, krune jele povećavaju po krivulji koja se za tanja stabla povija prema gore, a za deblja prema dolje, tj. ova krivulja ima oblik izduženog slova S. Za smrču, u istim šumama, sa porastom debljine stabla krune se povećavaju po položenoj krivulji koja se povija prema dolje (32). Iz izloženog proizilazi da se crni bor u ovom pogledu razlikuje i od jele i od smrče.

## 2) Veličina krune stabla

Na bazi rezultata analize zavisnosti veličine krune od boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika sastojine i debljine stabla, izrađene su tablice za određivanje površine projekcije kruna stabala. Pri ovom je postupljeno slično kao pri sastavljanju tablica broja stabala.

Površine projekcije kruna stabala prsnih prečnika 15, 25, 35, 45, 55 i 65 cm, kao funkcije srednjeg prečnika sastojine, izračunate su po jednačinama 33—38.

Faktori boniteta staništa za površinu projekcije kruna stabala po debljinskim klasama dobiveni su kao odnos projekcija kruna koje proizilaze iz jednačina 21—26 za  $x_1 = 1$  do 5 i projekcija kruna po jednačinama 15—20 za  $\bar{x}_1$ ,  $\bar{x}_2$  i  $\bar{x}_3$ . Ovi faktori sadržani su u tabeli 7.

Tabela 7

Bonitetni razred ( $x_1$ )	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,s}$ ) u cm					
	15	25	35	45	55	65
	Faktori boniteta staništa za površinu projekcije krune					
1,0—2,0	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	0,94
3,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4,0	1,00	1,10	1,17	1,20	1,20	1,20
5,0	1,00	1,24	1,43	1,51	1,51	1,51

Faktori stepenova sklopa za površinu projekcije kruna dobiveni su kao odnos projekcije kruna koje proizilaze iz jednačina 27—32 za  $x_2 = 0,4$  do 1,0 i projekcija kruna po jednačinama 15—20 za  $\bar{x}_1$ ,  $\bar{x}_2$  i  $\bar{x}_3$ . Ovi su faktori sadržani u tabeli 8.



Tabela 8

Stepen sklopa ( $x_2$ )	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,3}$ ) u cm					
	15	25	35	45	55	65
	Faktori stepena sklopa za površinu projekcije krune					
0,4-0,5	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
0,6	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
0,7	1,00	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04
0,8	1,00	1,08	1,10	1,12	1,14	1,15
0,9	1,00	1,15	1,21	1,25	1,28	1,30
1,0	1,00	1,25	1,34	1,39	1,43	1,46

Pomoću podataka u tabelama 7 i 8 i podataka o veličini kruna kao funkciji srednjeg prečnika sastojine, koja funkcija proizilazi iz jednačina 33—38, izračunata je površina projekcije kruna stabala po debljinskim klasama za svaku ogleđnu površinu na bazi stvarnih vrijednosti za nezavisne varijable  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$ . Upoređenje ovako izračunate projekcije kruna, nazovimo je privremena ( $Y_p$ ), sa izvornim podacima ( $Y$ ) u okviru svake debljinske klase, dalo je sljedeći sumarni rezultat:

$$SS_z = SS(Y - Y_p) = SSY - SSY_p = 9918 - 10159 = -241.$$

Ovaj rezultat pokazuje da suma rezidijuma nije ravna nuli. Ona nije bila ravna nuli ni u jednoj debljinskoj klasi. Površina projekcije kruna izračunata za ogleđne površine na izloženi način ( $Y_p$ ) u prosjeku je veća od izvornih podataka ( $Y$ ) za oko 1—3% (manje je odstupanje bilo u nižim, a veće u višim debljinskim klasama). Zato je izvršena korekcija, tako da suma izračunatih površina projekcije kruna bude jednaka sumi izvornih podataka u okviru svake debljinske klase, tj. da suma rezidijuma kod svake debljinske klase bude ravna nuli. Korigovane površine projekcije kruna koje su funkcija srednjeg prečnika sastojine (korigovane rezultate jednačina 33—38) sadrži tabela 9.

Tabela 9

Srednji prečnik sastojine ( $x_1$ ) u cm	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,3}$ ) u cm					
	15	25	35	45	55	65
	Površina projekcije krune ( $Y_t$ ) u m <sup>2</sup>					
16	6,1	14,5	27,0	41,2	57,3	75,1
17	6,1	14,2	26,3	40,3	56,2	73,9
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
34	5,4	9,6	15,0	21,7	29,4	39,6
55	5,4	9,6	15,0	21,7	29,1	39,0

Podaci u tabeli 9 su jedan od ulaza u tablice površine projekcije krune stabla. Drugi i treći ulaz su kombinovani faktori boniteta staništa i stepena sklopa, koji su dobiveni množenjem podataka u tabeli 7 sa podacima u tabeli 8, naravno po debljinskim klasama. Tabelarno sredene kombinovane faktore i podatke u tabeli 9 dali smo kao tablice površine projekcije kruna stabala zajedno sa tablicama za ostale taksacione elemente (34), gdje je dato i uputstvo za njihovu upotrebu.

Valjanost tablica površine projekcija kruna stabala ispitana je na sljedeći način:

Po tablicama je izračunata površina projekcije kruna stabala razmatranih debljinskih klasa za svaku oglednu površinu na bazi konkretnih vrijednosti za varijable  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$ . Upoređenjem dobivenih podataka ( $Y_t$ ) sa izvornim podacima ( $Y$ ) došlo se do sljedećeg sumarnog rezultata:

$$SS_z = SS(Y - Y_t) = SSY - SSY_t = 9918 - 9918 = 0,$$

$$SSz^2 = SS(Y - Y_t)^2 = 20.962.$$

Suma rezidijuma ovdje je ravna nuli. Ona je bila ravna nuli i u okviru svake debljinske klase. To je posljedica korekcije rezultata koji proizilaze iz jednačina 33—38, o čemu je bilo riječi (tabela 9). Suma kvadrata rezidijuma ovdje je manja, iako ne mnogo, od one koja proizilazi iz rezultata dobivenih direktnom upotrebom jednačina 15—20. To znači da je koeficijent višestruke korelacije veći ako se izračunavanje površine projekcije kruna vrši po tablicama. On je u ovom slučaju:  $R_4 = 0,933$ .

Vrlo visoki korelacioni koeficijenti i rezultati prikazani na slikama 5—9 pokazuju da su odabranim jednačinama višestruke regresije 15—20, odnosno tablicama, odlično obuhvaćena variranja površine projekcije kruna stabala koja se javljaju kao posljedica variranja boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika sastojine i debljine stabala.

Bilo bi interesantno uporediti veličine površine projekcije kruna stabala koje proizilaze iz naših tablica sa drugim podacima za krune crnog bora. Koliko je nama poznato, takvih podataka nema, pa nismo mogli da izvršimo ova upoređivanja. Uporedili smo naše prosječne podatke za krune crnog bora sa prosječnim podacima za krune jele i smrče koji proizilaze iz Matičevih i Badouxovih ispitivanja. U prebornim šumama jele, smrče i bukve u Bosni Matić je vršio ispitivanja zavisnosti površine projekcije kruna stabala ovih vrsta drveća od veličine drugih taksacionih elemenata, na osnovu čega je došao do odgovarajućih regresionih jednačina (32). Badoux objavljuje podatke o površini projekcije kruna jelovih i smrčevih stabala za 8 stalnih oglednih parcela u švajcarskim prebornim šumama (2). Pomoću Matičevih regresionih jednačina izračunali smo projekcije kruna jelovih i smrčevih stabala za prosječne prilike u pogledu onih taksacionih elemenata koji su obuhvaćeni navedenim jednačinama. Iz Badouxovih podataka izračunali smo prosječne projekcije kruna jelovih i smrčevih stabala kao aritmetičku sredinu. Pomoću naših tablica izračunali smo projekcije kruna stabala crnog bora za prosječne prilike u pogledu boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine. Ako veličinu projekcije kruna stabala jele

odnosno smrče, po Matiću, odnosno Badouxu, označimo indeksom 100, onda relativna veličina projekcije kruna stabala crnog bora po našim tablicama iznosi kako je prikazano u tabeli 10.

Tabela 10

U odnosu na projekciju kruna	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,3}$ ) u cm					
	15	25	35	45	55	65
	Relativna veličina projekcije kruna crnog bora					
jele, po Badouxu	38	49	63	76	89	100
jele po Matiću	50	69	88	105	121	137
smrče, po Badouxu	66	73	90	103	108	112
smrče, po Matiću	71	77	98	128	167	207

Pri ovom upoređivanju vršeno je neznatno grafičko izravnavanje Matićevih i Badouxovih podataka, tako da je navedeni odnos samo približan.

Iz rezultata upoređivanja proizilazi da su kruna stabala crnog bora do 35 cm prsnog prečnika manje od kruna jele i smrče. Kod viših prsnih prečnika one se približavaju krunama prvo smrče pa zatim jele u švajcarskim šumama. U odnosu na naše preborne šume, kruna stabala crnog bora iznad 35 cm prsnog prečnika nešto su veće od kruna jele, a mnogo veće od kruna smrče.

### III) INTENZITET PREKRIVENOSTI KRUNE STABLA

Budući da su kruna najtanjih stabala najviše prekrivene, i obratno, i da u ovom pogledu postoje vrlo velike razlike između kruna stabala različitih debljina, to smo analizu zavisnosti intenziteta međusobnog prekrivanja kruna od boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine vršili po debljinskim klasama. Intenzitet prekrivanja kruna stabala pojedinih debljinskih klasa izračunat je na isti način kao i intenzitet prekrivanja kruna cijele sastojine. Ovi osnovni podaci za razmatrane debljinske klase prikazani su u tabeli VII. Analiza je provedena po debljinskim klasama čije su sredine 15, 25, 35, 45 i 55 cm. Kruna stabala prsnog prečnika od 60 i više cm praktično su uvijek i u cijelosti osvijetljene, zbog čega analiza za debljinske klase jače od navedenih ne bi imala svrhe. Pri analizi je pretpostavljen jednak broj slučajeva u svim debljinskim klasama, tj. ako na ogleđnoj površini u nekoj debljinskoj klasi nema prekrivanja kruna ili nema stabala u toj debljinskoj klasi, onda je pretpostavljeno da je prekrivenost u tom slučaju ravna nuli. Ova je pretpostavka realna ako se radi o jačim debljinskim klasama, gdje intenzitet prekrivenosti naglo opada. Kod prve debljinske klase navedena pretpostavka nije realna jer se ovdje, po pravilu, radi o velikom intenzitetu prekrivenosti. Zato je kod ove klase za tri slučaja uzeta prosječna prekrivenost za sve ogleđne površine. Izloženo je učinjeno radi pojednostavljenja posla.

1) Zavisnost intenziteta pokrivenosti krune stabla od veličine drugih taksacionih elemenata

Polazeći od pretpostavke da se uticaji obuhvaćenih nezavisnih faktora na intenzitet pokrivenosti krune stabla u svakoj debljinskoj klasi mogu izraziti pravicima, za ovu analizu je odabrana sljedeća opšta jednačina višestruke regresije:

$$Y = a + b x_1 + c x_2 + d x_3.$$

Odabrana jednačina prilagođena izvornim podacima za pojedine debljinske klase glasi:

$Y_{15}$	$= 1,32698 + 0,447737 x_1 + 12,7871 x_2 + 1,03968 x_3$	. . .	39
$Y_{s25}$	$= -21,7842 + 2,71550 x_1 + 6,34370 x_2 + 0,943256 x_3$	. . .	40
$Y_{s35}$	$= -22,3076 + 3,34478 x_1 - 5,87271 x_2 + 0,784719 x_3$	. . .	41
$Y_{s45}$	$= -3,75385 + 0,206437 x_1 - 0,305593 x_2 + 0,235055 x_3$	. . .	42
$Y_{s55}$	$= -1,61805 + 0,246006 x_1 - 0,0743794 x_2 + 0,0650351 x_3$	. . .	43

Nakon izračunavanja intenziteta pokrivenosti kruna stabala po jedinačinama 39—43 za ogledne površine i upoređenja dobivenih vrijednosti sa izvornim podacima, dobio se sljedeći rezultat:

$$SSz = SS (Y - Y_s) = SSY - SSY_s = 4833 - 4833 = 0,$$

$$SSz^2 = SS (Y - Y_s)^2 = 28.186.$$

Da se dobivena suma kvadrata rezidijuma može upotrijebiti za utvrđivanje zajedničkog koeficijenta korelacije za sve debljinske klase, konstatovano je na način kako je to izloženo pri analizi veličine krune stabla. Prema tome, ovdje imamo sljedeće dalje rezultate:

$$S_n = 280 \text{ (56 oglednih površina sa po 5 debljinskih klasa),}$$

$$\sigma_z^2 = SSz^2 : S_n = 100,66,$$

$$SSY^2 = 200.003,$$

$$\sigma_y = (SSY^2 : S_n) - \bar{Y}^2 = 416,39,$$

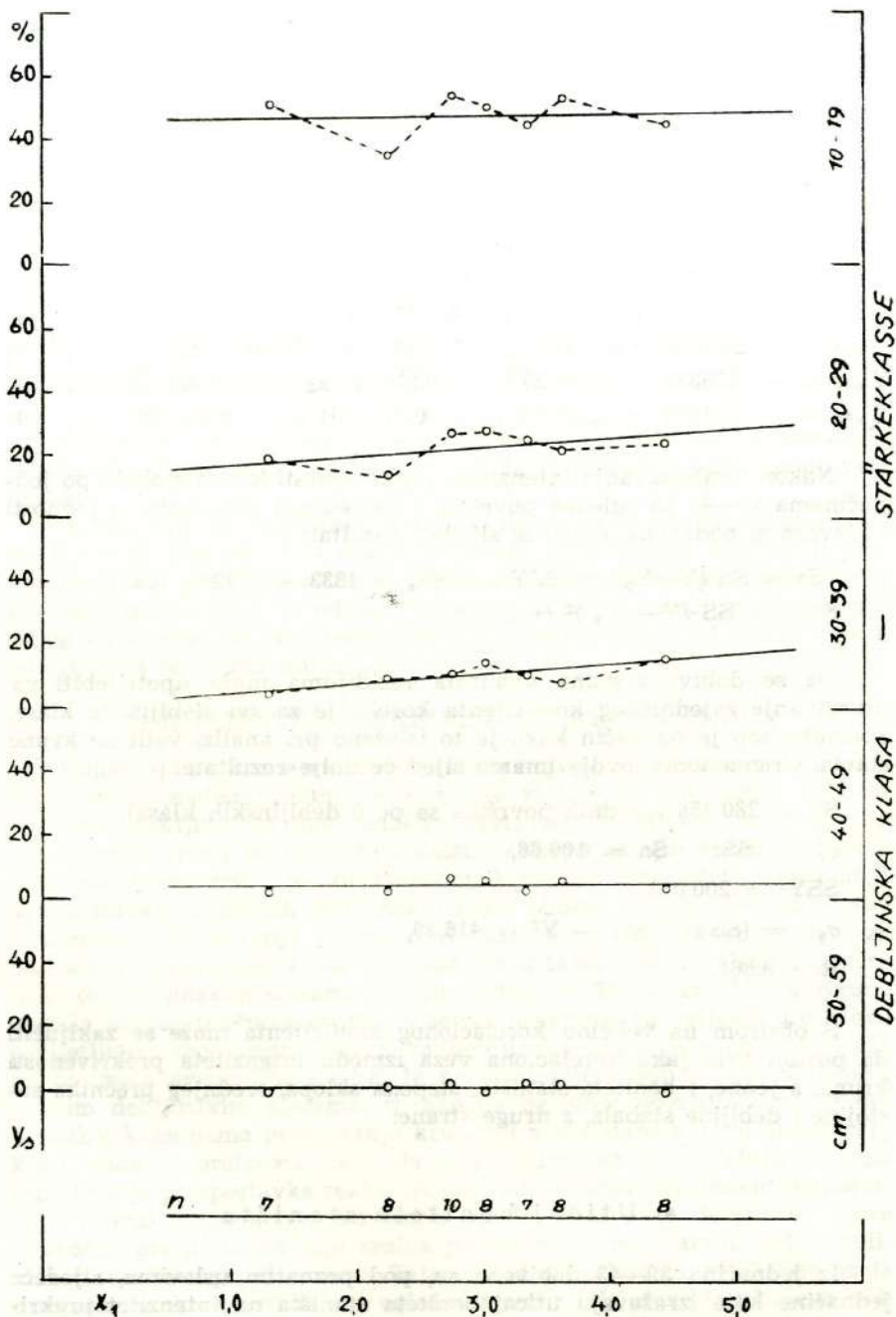
$$R = 0,861.$$

S obzirom na veličinu korelacionog koeficijenta može se zaključiti da postoji vrlo jaka korelaciona veza između intenziteta pokrivenosti kruna, s jedne, i boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika sastojine i debljine stabala, s druge strane.

a) Uticaj boniteta staništa

Iz jednačina 39—43 dobivene su, pod poznatim uslovima, sljedeće jednačine koje izražavaju uticaj boniteta staništa na intenzitet pokrivenosti kruna stabala pojedinih debljinskih klasa:

ZAVISNOST INTENZITETA PREKRIVENOSTI KRUNE ( $y_2$ ) OD BONITETA STAHISTA ( $x_1$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DER KRONENÜBERSCHIRMUNGSINTENSITÄT ( $y_2$ ) VON DER  
 HÖHENBONITÄT ( $x_1$ )



SLIKA 10 - ABB 10

$Y_{s 15} = 45,4989 + 0,447737 x_1$	44
$Y_{s 25} = 14,7024 + 2,71550 x_1$	45
$Y_{s 35} = 0,936082 + 3,34478 x_1$	46
$Y_{s 45} = 4,13548 + 0,206437 x_1$	47
$Y_{s 55} = 0,571266 + 0,246006 x_1$	48

Pravce prednjih jednačina prikazuje slika 10. Raspored rezidijuma oko linija na ovoj slici pokazuje da se pravcima dosta dobro može izraziti zavisnost intenziteta prekrivenosti krune stabla od boniteta staništa. Rezultati pokazuju da sa opadanjem boniteta staništa raste intenzitet prekrivenosti krune stabala. Ako ovaj intenzitet za treći bonitetni razred označimo indeksom 100, onda on za prvi i peti bonitetni razred u pojedinim debljinskim klasama iznosi:

debljinska klasa — u cm	15	25	35	45	55
za prvi bonitetni razred	98	76	39	91	63
za peti bonitetni razred	102	124	161	109	137

Variranje boniteta staništa nema uticaja na intenzitet prekrivenosti krune stabala prve debljinske klase. Krune ovih stabala su na svim bonitetima staništa dosta prekrivene. Intenzitet prekrivenosti iznosi 46 za prvi, 47 za treći i 48 procenata za peti bonitetni razred, što je praktično jednako kako u apsolutnom, tako i u relativnom iznosu. Ovo se vidi i iz prednjeg upoređenja za debljinsku klasu 15 cm.

U debljinskim klasama 45 i 55 cm uticaj boniteta staništa je takođe bez značaja, zbog toga što je intenzitet prekrivenosti krune u ovim klasama vrlo malen u apsolutnom iznosu.

U debljinskim klasama 25 i 35 cm sa opadanjem boniteta staništa povećava se intenzitet prekrivenosti krune, uz jednake prosječne uslove u pogledu stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine. Za ovu pojavu nismo mogli da nađemo objašnjenje koje bi nas zadovoljilo.

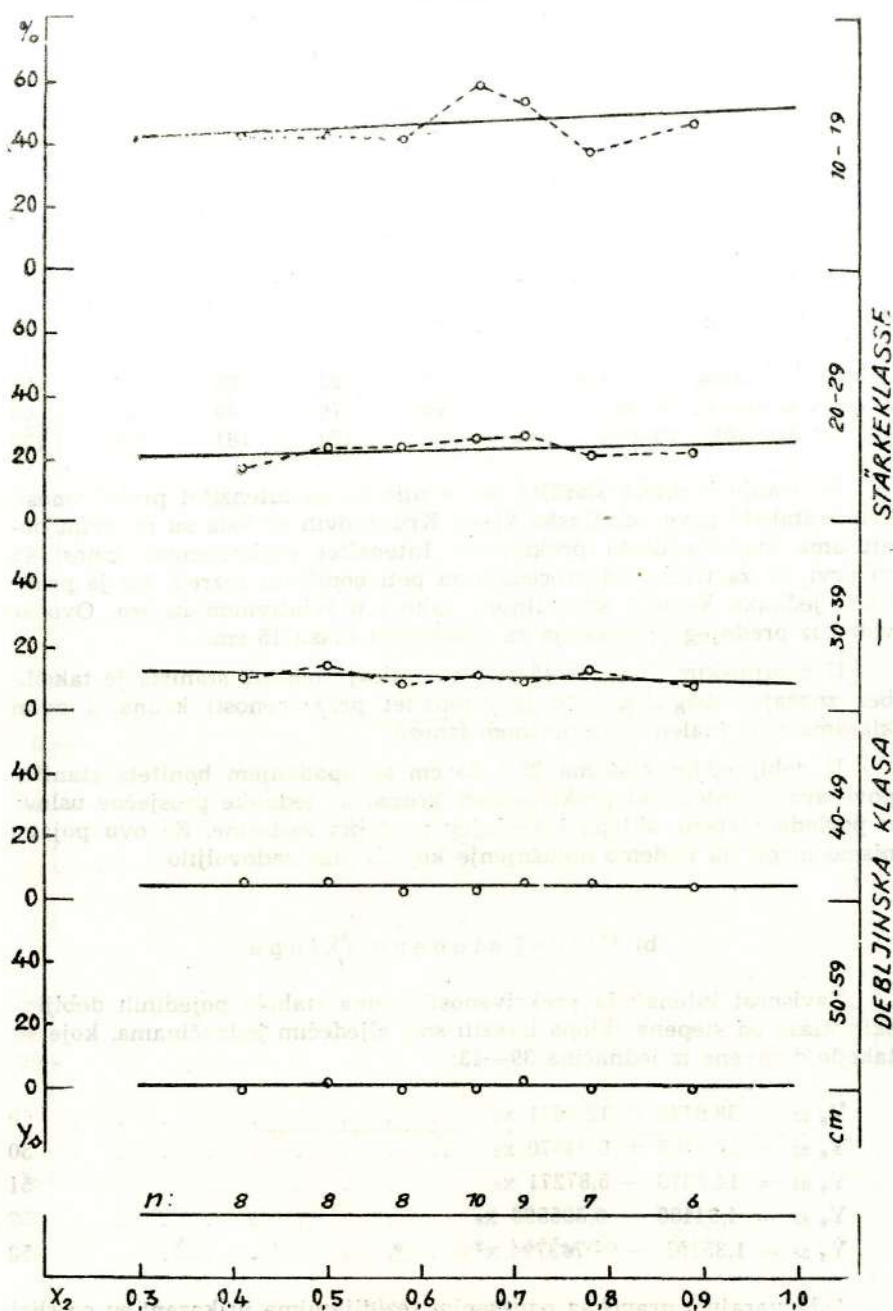
#### b) Uticaj stepena sklopa

Zavisnost intenziteta prekrivenosti krune stabala pojedinih debljinskih klasa od stepena sklopa izrazili smo sljedećim jednačinama, koje su takođe dobivene iz jednačina 39—43:

$Y_{s 15} = 38,6773 + 12,7871 x_2$	49
$Y_{s 25} = 18,7406 + 6,34370 x_2$	50
$Y_{s 35} = 14,6378 - 5,87271 x_2$	51
$Y_{s 45} = 4,94488 - 0,305593 x_2$	52
$Y_{s 55} = 1,35101 - 0,0743794 x_2^2$	53

Odgovarajući pravci sa nanesenim rezidijumima prikazani su na slici 11. Raspored rezidijuma pokazuje da se u svim debljinskim klasama može pravcima izraziti uticaj stepena sklopa na intenzitet prekrivenosti krune.

ZAVISNOST INTENZITETA PREKRIVENOSTI KRUNE ( $Y_3$ ) OD STEPENA SKLOPA ( $X_2$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DER KRONENÜBERSCHIRMUNGSINTENSITÄT ( $Y_3$ ) VOM  
 BESCHÜRMUNGSGRADE ( $X_2$ )



SLIKA 11 - ABB. 11

Rezultati upućuju na zaključak da je u različitim debljinskim klasama različit uticaj stepena sklopa na intenzitet prekrivenosti kruna. Ako ovaj intenzitet za stepen sklopa 0,7 označimo indeksom 100, onda on za stepenove sklopa 0,4 i 1,0 u pojedinim debljinskim klasama iznosi:

debljinska klasa — u cm	15	25	35	45	55
za stepen sklopa 0,4	92	92	117	102	102
za stepen sklopa 1,0	108	108	83	98	98

Sa povećavanjem stepena sklopa povećava se intenzitet prekrivenosti kruna stabala prvih dviju debljinskih klasa. U ovim klasama, u odnosu na ostale, intenzitet prekrivanja kruna je i najveći, usljed čega konstatovana pojava ima i naročiti značaj. Logičnost pojave je očevidna, pa nije potrebno i posebno objašnjenje.

U debljinskoj klasi 35 cm sa povećavanjem stepena sklopa smanjuje se intenzitet prekrivanja kruna. Ova pojava nije logična. Isto tako, nije logična maloprije konstatovana pojava za ovu debljinsku klasu da sa opadanjem boniteta staništa raste intenzitet prekrivanja kruna. Trebalo bi da bude upravo obratno nego što je konstatovano u oba ova slučaja, tj. da sa povećavanjem stepena sklopa intenzitet prekrivanja kruna raste, a sa opadanjem boniteta staništa — opada. Stoga ni ovdje ne možemo da damo zadovoljavajuće objašnjenje.

Stepen sklopa gotovo i nema uticaja na intenzitet prekrivanja kruna stabala u debljinskim klasama 45 i 55 cm. Krune ovih stabala skoro potpuno su slobodne, ili je intenzitet prekrivenosti neznan, zbog čega njegove promjene, ni apsolutne ni relativne, nisu od značaja.

### c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine

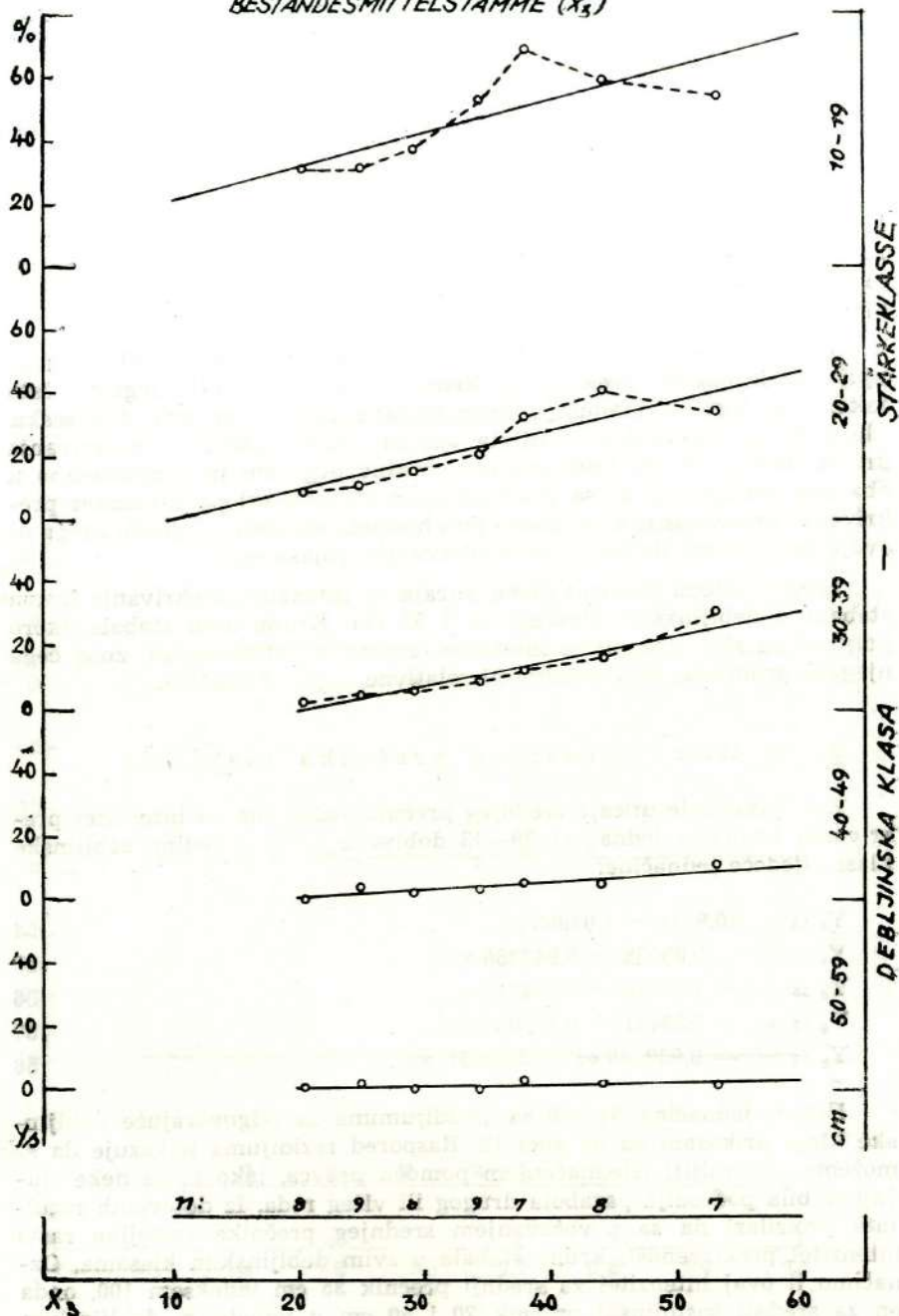
Za izražavanje uticaja srednjeg prečnika sastojine na intenzitet prekrivanja kruna iz jednačina 39—43 dobivene su za pojedine debljinske klase sljedeće jednačine:

$Y_{s 15} = 10,8141 + 1,03968 x_3$	54
$Y_{s 25} = - 9,65538 + 0,943256 x_3$	55
$Y_{s 35} = - 16,0959 + 0,784719 x_3$	56
$Y_{s 45} = - 3,33421 + 0,235055 x_3$	57
$Y_{s 55} = - 0,933169 + 0,0650351 x_3$	58

Pravci jednačina 54—58 sa rezidijumima za odgovarajuće debljinske klase prikazani su na slici 12. Raspored rezidijuma pokazuje da se možemo zadovoljiti izjednačenjem pomoću pravca, iako bi za neke slučajeve bila podesnija parabola drugog ili višeg reda. Iz dobivenih rezultata proizilazi da sa povećavanjem srednjeg prečnika sastojine raste intenzitet prekrivenosti kruna stabala u svim debljinskim klasama. Označimo li ovaj intenzitet za srednji prečnik 35 cm indeksom 100, onda on za srednji sastojinski prečnik 20 i 50 cm u pojedinim debljinskim klasama iznosi:



ZAVISNOST INTENZITETA PREKRIVENOSTI KRUNE ( $\gamma_0$ ) OD SREDNJEJ  
 PRECNIKA, SASTOJINE ( $X_3$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DER KRONENÜBERSCHIRMUNGSINTENSITÄT ( $\gamma_0$ ) VOM  
 BESTANDESMITTELSTAMME ( $X_3$ )



SLIKA 12 - ABB. 12

debljinska klasa — u cm	15	25	35	45	55
srednji prečnik sastojine 20 cm	67	39	—	—	—
srednji prečnik sastojine 50 cm	133	161	200	172	172

U odnosu na sastojine čiji je srednji prečnik manji, sastojine većeg srednjeg prečnika imaju više debljih stabala čije krune više prekrivaju krune tanjih stabala nego što je to slučaj kod prvih. U sastojinama srednjeg prečnika, na primjer 20 cm, vrlo su rijetka stabla iznad 30 cm prsnog prečnika čije su krune prekrivene, jer su ova stabla dominantna. U sastojinama srednjeg prečnika 50 cm znatan je broj stabala prsnog prečnika 60 i više cm, usljed čega su krune tanjih stabala znatno prekrivene. To pokazuju kako navedena upoređenja, tako i rezultati na slici 12.

#### d) Uticaj debljine stabla

Do podataka za analizu uticaja debljine stabla na intenzitet prekrivenosti njegove krune došli smo na isti način kao i do odgovarajućih podataka za analizu uticaja debljine stabla na veličinu njegove krune, naravno sada pomoću jednačina 44—58. Ovi podaci predstavljeni su na slici 13. Oni pokazuju: kako opada intenzitet prekrivenosti krune stabla sa povećavanjem njegove debljine, na različitim bonitetima staništa, uz prosječne vrijednosti za stepen sklopa i srednji prečnik sastojine (figura a), kako ovaj intenzitet opada sa povećavanjem debljine stabla pri različitim stepenima sklopa, uz prosječne vrijednosti za bonitet staništa i srednji prečnik sastojine (figura b) i kako opada intenzitet prekrivenosti krune sa povećavanjem debljine stabla u sastojinama različitih srednjih prečnika, uz prosječne vrijednosti za bonitet staništa i stepen sklopa (figura c). Svi ovi podaci pokazuju da sa povećavanjem prsnog prečnika stabla intenzitet prekrivenosti njegove krune opada, u početku vrlo brzo, a kasnije postepenije, što je i logično.

#### 2) Veličina intenziteta prekrivenosti krune stabla

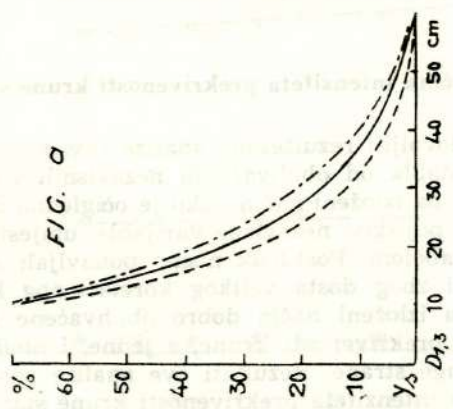
Mi smo se zadovoljili rezultatima analize zavisnosti intenziteta prekrivenosti krune stabla od obuhvaćenih nezavisnih varijabli, do kojih smo rezultata došli na izloženi način, iako je očigledno da bi se, u nekim slučajevima, uticaj pojedine nezavisne varijable, umjesto pravcem, bolje mogao izraziti parabolom. Postupak nismo ponavljali kako zbog obimnosti posla, tako i zbog dosta velikog korelacionog koeficijenta, koji pokazuje da su na izloženi način dobro obuhvaćene korelacione veze između intenziteta prekrivenosti krune, s jedne, i obuhvaćenih nezavisnih faktora, s druge strane. Rezultati ove analize poslužili su nam za sastavljanje tablica intenziteta prekrivenosti krune stabla. Pri njihovom sastavljanju postupljeno je na isti način kao i pri sastavljanju tablica površine projekcije kruna stabala. Stoga ćemo ovdje iznijeti samo rezultate.

ZAVISNOST INTENZITETA PREKRIVENOSTI KRUNE ( $\gamma_0$ ) OD DEBLJINE STABLA ( $D_{1,3}$ ) I OD  
 ABHÄNGIGKEIT DER KRONENÜBERSCHIRMUNGSINTENSITÄT ( $\gamma_0$ ) VOM STAMMDURCHMESSER ( $D_{1,3}$ ) UND VON:

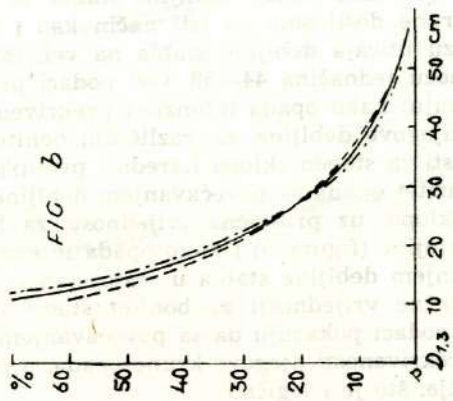
BONITETA STANIŠTA ( $x_1$ )  
 HÖHENBONITÄT ( $x_1$ )

STEPENA SKLOPA ( $x_2$ )  
 BESCHIRMUNGSORAD ( $x_2$ )

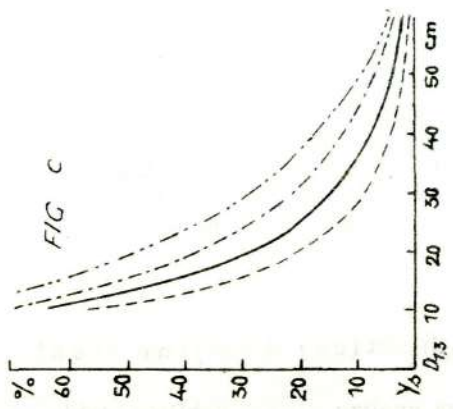
SREDNJEZ PREČNIKA SASTOJINE ( $x_3$ )  
 BESTANDESMITTELSTAMM ( $x_3$ )



--- 1.0 BONITET STANIŠTA  
 — 3.0 HÖHENBONITÄT  
 - - - 5.0



--- 0.4 STEPEN SKLOPA  
 — 0.6 BESCHIRMUNGSORAD  
 - - - 0.8



--- 20 SREDNJI PREČNIK  
 — 30 SASTOJINE U CM  
 - - - 40 BESTANDESMITTELSTAMM  
 - - - - 50

SLIKA 13. — ABB. 13

Tabela 11

Bonitetni razred ( $x_1$ )	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,s}$ ) u cm				
	15	25	35		55
	Faktori boniteta staništa za intenzitet pokrivenosti krune stabla				
1,0	0,98	0,76	0,39	0,91	0,63
2,0	0,99	0,88	0,70	0,96	0,82
3,0	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01
4,0	1,01	1,12	1,32	1,04	1,20
5,0	1,02	1,24	1,62	1,09	1,38

Tabela 12

Stepen sklopa ( $x_2$ )	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,s}$ ) u cm				
	15	25	35	45	55
	Faktori stepena sklopa za intenzitet pokrivenosti krune stabla				
0,4	0,93	0,93	1,13	1,01	1,02
0,5	0,96	0,96	1,07	1,01	1,01
0,6	0,99	0,99	1,02	1,00	1,01
0,7	1,01	1,02	0,97	1,00	1,00
0,8	1,04	1,05	0,91	0,99	0,99
0,9	1,07	1,07	0,86	0,98	0,98
1,0	1,10	1,10	0,80	0,98	0,98

Tabela 13

Srednji prečnik sastojine ( $x_3$ ) u cm	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,s}$ ) u cm				
	15	25	35	45	55
	Intenzitet pokrivenosti krune stabla ( $Y_3$ ) u procentima				
16	28	5	—	—	—
18	30	7	—	—	—
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
52	65	40	25	9	3
54	67	42	26	10	3

Međusobnim množenjem faktora iz tabela 11 i 12 za istu debljinsku klasu dobiveni su kombinovani faktori boniteta staništa i stepena sklopa za intenzitet prekrivenosti krune stabla. Tabelarno sređeni, ovi faktori i podaci u tabeli 13 (rezultati jednačina 54—58) dati su kao tablice intenziteta prekrivenosti krune stabla (34), gdje je dato i uputstvo za njihovu upotrebu.

Pomoću navedenih tablica izračunat je intenzitet prekrivenosti kruna stabala oglednih površina ( $Y$ ) i upoređen sa izvornim podacima ( $Y$ ). Rezultat je bio sljedeći:

$$SSz = SS(Y - Y_t) = SSY - SSY_t = 4833 - 4809 = 24,$$

$$SSz^2 = SS(Y - Y_t)^2 = 27.682,$$

$$R_t = 0,863.$$

Iako dobivena suma rezidijuma nije ravna nuli, korekciju tablica, odnosno podataka u tabeli 13, nismo vršili zbog toga što je odstupanje tabličnih rezultata od izvornih podataka toliko maleno da bi i korigovani podaci u tabeli 13, s obzirom na stepen detaljisanja, bili isti kao i oni koje smo dobili po jednačinama 54—58 i koje smo usvojili.

S obzirom na veličinu korelacionog koeficijenta možemo zaključiti da su tablicama, kao i jednačinama višestruke regresije 39—43, dobro obuhvaćena variranja intenziteta prekrivenosti kruna stabala koja nastaju usljed variranja boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika sastojine i debljine stabla.

Nismo imali mogućnosti da upoređujemo podatke naših tablica sa drugim odgovarajućim podacima, jer sa takvim nismo raspolagali.

## E) PRIRAST

U ovom poglavlju obrađeni su sljedeći taksacioni elementi: tekući debljinski prirast stabala po debljinskim klasama, prirast zapremine stabala po jedinici projekcije kruna u različitim debljinskim klasama, prirast zapremine sastojine i procent prirasta zapremine sastojine.

### I) DEBLJINSKI PRIRAST

Presslerovim svrdlom ustanovljen je desetogodišnji debljinski prirast svih stabala iznad taksacione granice na oglednim površinama. Dobiveni podaci razvrstani su i izračunate srednje vrijednosti po debljinskim stepenima širine 5 cm. Grafičkim izravnavanjem srednjih vrijednosti konstruisane su krivulje desetogodišnjeg debljinskog prirasta stabala pojedinačno za svaku oglednu površinu. Očitane vrijednosti sa krivulje podijeljene sa dužinom perioda predstavljaju tekući (prosječni periodični) debljinski prirast stabala određenih prsnih prečnika. Ovaj prirast za sve ogledne površine prikazan je u tabeli VIII.

Razvrstavanje debljinskog prirasta vršeno je na bazi prsnih prečnika stabala sa stanjem na kraju perioda, usljed čega je dobiveni tekući

debljinski prirast djelimično netačan. U intervalu prsnih prečnika do kulminacije debljinskog prirasta dobivene su nešto niže, a iza kulminacije nešto više vrijednosti. Drugim riječima, krivulje debljinskog prirasta trebalo je da budu neznatno pomjerene ulijevo, naročito kada je stepen njihovog penjanja odnosno opadanja veći, jer je tada i greška veća, i obratno. Ova greška mogla se otkloniti razvrstavanjem debljinskog prirasta na bazi prsnih prečnika koje su stabla imala u sredini perioda. Budući da ovakvo razvrstavanje predstavlja vrlo obiman posao i da se njime otklanja greška koja je kako s obzirom na tačnost mjerenja debljinskog prirasta tako i s obzirom na njegovu veličinu (ovaj je prirast crnog bora u odnosu na druge vrste drveća veoma malen), gotovo neznatna, to smo ovu grešku zanemarili.

### 1) Zavisnost debljinskog prirasta od veličine drugih taksacionih elemenata

Analizu zavisnosti debljinskog prirasta od boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine vršili smo po debljinskim stepenima odnosno klasama. Odabrani su debljinski stepeni i klase čije su sredine: 12,5, 17,5, 25, 35, 45, 55 i 65 cm. Radi pojednostavljenja, sve ove debljinske intervale nazivaćemo u daljem tekstu debljinskim klasama.

Polazeći od pretpostavke da se uticaji boniteta staništa i stepena sklopa na debljinski prirast mogu izraziti pravicima i da se uticaj srednjeg prečnika sastojine može izraziti parabolom drugog reda, za ovu analizu je odabrana jednačina višestruke regresije koja ima sljedeći opšti oblik:

$$Y = a + b x_1 + c x_2 + d x_3 + e x_3^2.$$

Prilagođena izvornim podacima, prednja jednačina za pojedine debljinske klase glasi:

$$Y_{s 12,5} = 3,71165 - 0,0933577 x_1 - 0,667114 x_2 - 0,105265 x_3 + 0,0012046 x_3^2 \quad 59$$

$$Y_{s 17,5} = 4,40980 - 0,158104 x_1 - 0,508456 x_2 - 0,118850 x_3 + 0,0012571 x_3^2 \quad 60$$

$$Y_{s 25} = 5,33795 - 0,186182 x_1 - 0,333636 x_2 - 0,136850 x_3 + 0,0012299 x_3^2 \quad 61$$

$$Y_{s 35} = 5,07648 - 0,216783 x_1 - 0,343808 x_2 - 0,0908193 x_3 + 0,0004921 x_3^2 \quad 62$$

$$Y_{s 45} = 4,23930 - 0,242319 x_1 - 0,534245 x_2 - 0,0359814 x_3 - 0,0001688 x_3^2 \quad 63$$

$$Y_{s 55} = 3,54937 - 0,271067 x_1 - 0,728936 x_2 + 0,0022484 x_3 - 0,0005629 x_3^2 \quad 64$$

$$Y_{s 65} = 2,83951 - 0,292133 x_1 - 0,621218 x_2 + 0,0072861 x_3 - 0,0007714 x_3^2 \quad 65$$

Po jednačinama 59—65 izračunat je debljinski prirast po debljinskim klasama za ogledne površine, koji je upoređen sa izvornim podacima za isti prirast. Rezultati su sljedeći:

$$S_n = 384 \text{ (prve dvije klase po 52, a ostalih pet po 56 slučajeva),}$$

$$SS_z = SS(Y - Y_s) = S_{SY} - S_{SY_s} = 559,5 - 559,5 = 0,$$

$$SS_z^2 = SS(Y - Y_s)^2 = 225,20,$$

$$\sigma_z^2 = SS_z^2 : S_n = 0,5865,$$

$$SS_{Y^2} = 1132,79,$$

$$\sigma_y^2 = (SS_{Y^2} : S_n) - \bar{Y}^2 = 0,8271,$$

$$R = 0,493.$$

Ovaj korelacioni koeficijent je veoma malen. To može da bude posljedica ili neprikladnosti odabrane jednačine višestruke regresije ili slabe korelacione veze između debljinskog prirasta i obuhvaćenih nezavisnih varijabli (svih ili samo nekih) ili i jednog i drugog. Ovo će pokazati analiza zavisnosti debljinskog prirasta od pojedinih nezavisnih varijabli.

#### a) Uticaj boniteta staništa

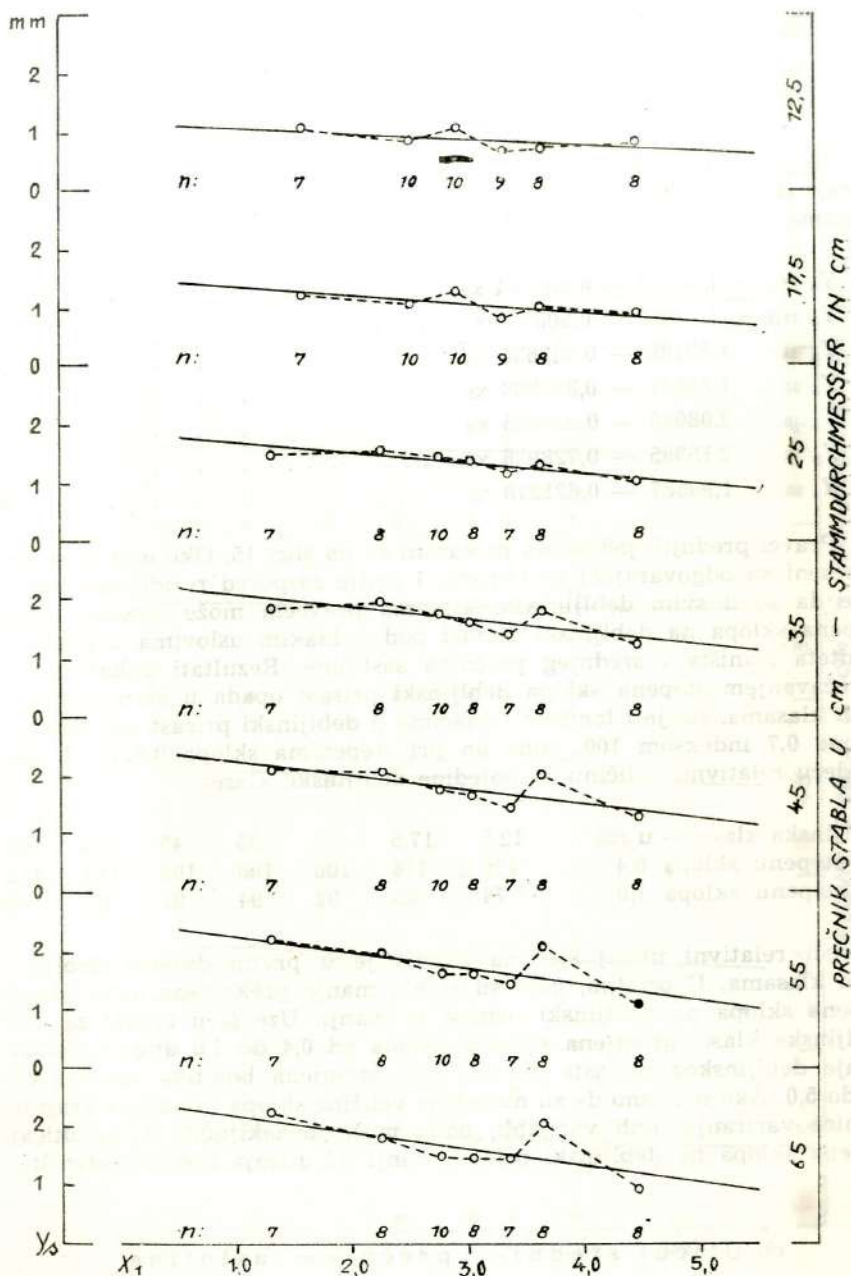
Iz jednačina 59—65 dobivene su jednačine koje izražavaju zavisnost debljinskog prirasta od boniteta staništa po debljinskim klasama, a koje glase:

$Y_{s \ 12,5} = 1,10309 - 0,0933577 x_1$	66
$Y_{s \ 17,5} = 1,50586 - 0,158104 x_1$	67
$Y_{s \ 25} = 1,87334 - 0,186182 x_1$	68
$Y_{s \ 35} = 2,31579 - 0,216783 x_1$	69
$Y_{s \ 45} = 2,46144 - 0,242319 x_1$	70
$Y_{s \ 55} = 2,49602 - 0,271067 x_1$	71
$Y_{s \ 65} = 2,46934 - 0,292133 x_1$	72

Pravci prednjih jednačina prikazani su na slici 14. Oko njih su naneseni rezidijumi. Raspored rezidijuma pokazuje da se u svim debljinskim klasama može pravcem dosta dobro izraziti uticaj boniteta staništa na debljinski prirast. Rezultati pokazuju da sa povećavanjem vrijednosti bonitetnog razreda (lošiji bonitet staništa) debljinski prirast opada u svim debljinskim klasama. Ako za treći bonitetni razred debljinski prirast označimo indeksom 100, onda on u pojedinim debljinskim klasama za prvi i peti bonitetni razred ima sljedeću relativnu veličinu:

debljinska klasa — u cm	12,5	17,5	25	35	45	55	65
prvi bonitetni razred	123	131	129	126	128	132	137
peti bonitetni razred	78	70	72	74	72	68	64

ZAVISNOST TEKUCEG DEBLJINSKOG PRIRASTA STABLA ( $Y_0$ ) OD BONITETA STANIŠTA ( $X_1$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DES STÄRKEZUWACHSES ( $Y_0$ ) VON DER HÖHENBONITÄT ( $X_1$ )



SLIKA 14. - ABB. 14



Izuzmemo li prvu i posljednju debljinsku klasu, možemo zaključiti da je relativni uticaj boniteta staništa na debljinski prirast približno jednak u svim debljinskim klasama. Pojava da se debljinski prirast smanjuje sa opadanjem boniteta staništa je logična.

### b) Uticaj stepena sklopa

Iz jednačina 59—65 proizilaze sljedeće jednačine koje izražavaju uticaj stepena sklopa na debljinski prirast u pojedinih debljinskim klasama:

$Y_{s 12,5} = 1,24684 - 0,667114 x_2$	73
$Y_{s 17,5} = 1,34856 - 0,508456 x_2$	74
$Y_{s 25} = 1,53188 - 0,333636 x_2$	75
$Y_{s 35} = 1,88971 - 0,343808 x_2$	76
$Y_{s 45} = 2,08080 - 0,534245 x_2$	77
$Y_{s 55} = 2,15395 - 0,728936 x_2$	78
$Y_{s 65} = 1,99587 - 0,621218 x_2$	79

Pravci prednjih jednačina prikazani su na slici 15. Oko ovih pravaca nanoseni su odgovarajući rezidijumi. I ovdje raspored rezidijuma pokazuje da se u svim debljinskim klasama pravcem može izraziti uticaj stepena sklopa na debljinski prirast pod jednakim uslovima u pogledu boniteta staništa i srednjeg prečnika sastojine. Rezultati pokazuju da povećavanjem stepena sklopa debljinski prirast opada u svim debljinskim klasama, što je i logično. Označimo li debljinski prirast pri stepenu sklopa 0,7 indeksom 100, onda on pri stepenima sklopa 0,4 i 1,0 ima sljedeću relativnu veličinu za pojedine debljinske klase:

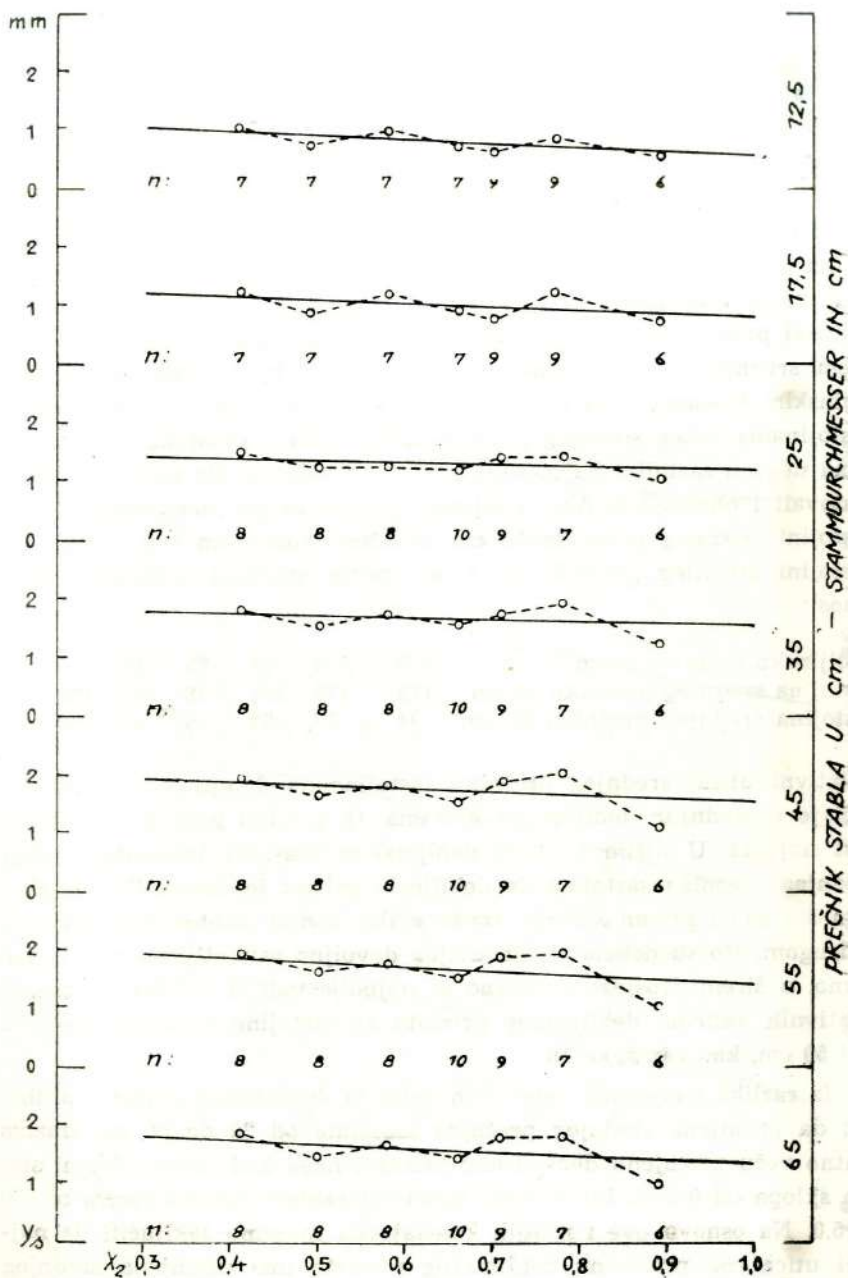
debljinska klasa — u cm	12,5	17,5	25	35	45	55	65
pri stepenu sklopa 0,4	126	116	108	106	109	113	112
pri stepenu sklopa 1,0	74	85	92	94	91	87	88

Najveći relativni uticaj stepena sklopa je u prvim dvjema debljinskim klasama. U ostalim, gdje su stabla manje prekrivena, ovaj uticaj stepena sklopa na debljinski prirast je manji. Uzevši u cjelini za sve debljinske klase, promjena stepena sklopa od 0,4 do 1,0 utiče na smanjenje debljinskog prirasta manje nego promjena boniteta staništa od 1,0 do 5,0. Ako uzmemo da su navedene veličine sklopa i boniteta krajnje granice variranja ovih varijabli, onda možemo zaključiti da je uticaj stepena sklopa na debljinski prirast manji od uticaja boniteta staništa.

### c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine

Zavisnost debljinskog prirasta po debljinskim klasama od srednjeg prečnika sastojine izražavaju jednačine 80—86.

ZAVISNOST TEKUĆEG DEBLJINSKOG PRIRASTA STABLA ( $y_3$ ) OD STEPENA SKLOPA ( $x_2$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DES STÄRKEZUWACHSES ( $y_3$ ) VOM BESCHIRMGUNGSORADE ( $x_2$ )



SLIKA 15 - ABB. 15

$Y_s$ 12,5	= 2,99483 — 0,105265 $x_3$ + 0,0012046 $x_3^2$	80
$Y_s$ 17,5	= 3,59659 — 0,118850 $x_3$ + 0,0012571 $x_3^2$	81
$Y_s$ 25	= 4,57096 — 0,136850 $x_3$ + 0,0012299 $x_3^2$	82
$Y_s$ 35	= 4,21192 — 0,0908193 $x_3$ + 0,0004921 $x_3^2$	83
$Y_s$ 45	= 3,17728 — 0,0359814 $x_3$ — 0,0001688 $x_3^2$	84
$Y_s$ 55	= 2,27762 + 0,0022484 $x_3$ — 0,0005629 $x_3^2$	85
$Y_s$ 65	= 1,57374 + 0,0272861 $x_3$ — 0,0007714 $x_3^2$	86

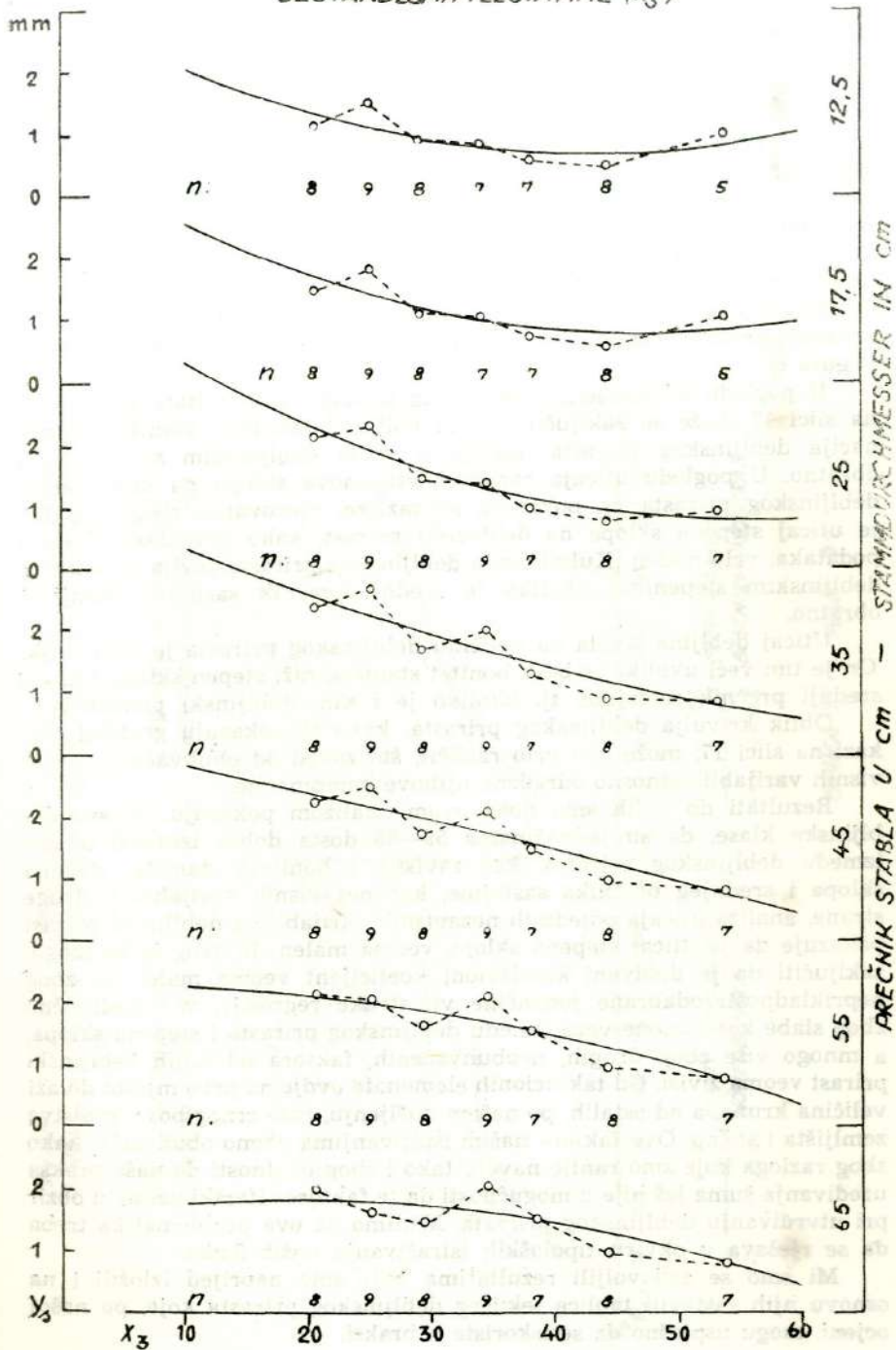
Parabole ovih jednačina sa odgovarajućim rezidijumima prikazane su na slici 16. Raspored rezidijuma pokazuje da se parabolama drugog reda može vrlo dobro izraziti uticaj srednjeg prečnika sastojine na debljinski prirast svih debljinskih klasa. Rezultati pokazuju da povećavanjem srednjeg prečnika sastojine debljinski prirast opada u svim debljinskim klasama. Ova pojava je logična kada se ima u vidu da su u sastojinama većeg srednjeg prečnika sva stabla u prosjeku više prekrivena nego u sastojinama manjeg srednjeg prečnika, što smo ranije konstatovali i obrazložili. Ako debljinski prirast za sve debljinske klase u sastojini srednjeg prečnika 35 cm označimo indeksom 100, onda on u sastojini srednjeg prečnika 20 i 50 cm za pojedine debljinske klase iznosi:

debljinska klasa — u cm	12,5	17,5	25	35	45	55	65
sastojina srednjeg prečnika 20 cm	173	176	181	158	140	126	115
sastojina srednjeg prečnika 50 cm	94	82	62	55	56	59	63

Relativni uticaj srednjeg prečnika sastojine na debljinski prirast najveći je u srednjim debljinskim klasama, tj. u onim gdje je i ovaj prirast najveći. U nižim i višim debljinskim klasama intenzitet uticaja srednjeg prečnika sastojine na debljinski prirast je manji. Ovo je zbog toga što su, u prvom slučaju, tanka stabla uvijek znatno prekrivena, a u drugom, što su debela stabla uvijek dovoljno osvijetljena, uzevši, naravno, u širem prosjeku. Izloženo se najbolje vidi iz razlika navedenih relativnih veličina debljinskog prirasta za sastojine srednjeg prečnika 20 i 50 cm, kao i iz slike 16.

Iz razlika navedenih relativnih veličina debljinskog prirasta proizilazi da promjena srednjeg prečnika sastojine od 20 do 50 cm izaziva znatno veću promjenu debljinskog prirasta nego kada se promijeni stepen sklopa od 0,4 do 1,0 ili kada bonitetni razred staništa varira od 1,0 do 5,0. Na osnovu ove i ranijih konstatacija možemo zaključiti da najveći uticaj na promjenu debljinskog prirasta ima promjena srednjeg prečnika sastojine, manji — promjena boniteta staništa, a najmanji — promjena stepena sklopa.

ZAVISNOST TEKUĆEG DEBLJINSKOG PRIRASTA STABLA ( $y_0$ )  
 OD SREDNJEG PREČNIKA SASTOJINE ( $x_3$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DES STÄRKEZUWACHSES ( $y_0$ ) VOM  
 BESTANDESMITTELSTAMME ( $x_3$ )



SLIKA 16 - ABB. 16

#### d) Uticaj debljine stabla

Pomoću jednačina 66—86, na poznati način izračunat je debljinski prirast stabala po debljinskim klasama (stabala onih prsnih prečnika koji odgovaraju sredinama razmatranih debljinskih klasa). Taj debljinski prirast, koji je funkcija prsnog prečnika stabla za određene kombinacije boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine, prikazan je na slici 17. Grafički prikazi na ovoj slici pokazuju: kako se mijenja debljinski prirast sa promjenom debljine stabala pojedinih bonitetnih razreda uz prosječne prilike u pogledu stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine (figura a), kako varira debljinski prirast sa porastom stabala u debljinu u različitim stepenima sklopa uz prosječne prilike u pogledu boniteta staništa i srednjeg prečnika sastojine (figura b) i kako varira debljinski prirast sa porastom stabala u debljinu u sastojinama različitih srednjih prečnika uz prosječne prilike za bonitet staništa i stepen sklopa (figura c).

U pogledu kulminacije debljinskog prirasta, iz rezultata prikazanih na slici 17 može se zaključiti da na boljim bonitetima staništa kulminacija debljinskog prirasta nastaje u višim debljinskim stepenima, i obratno. U pogledu uticaja različitih stepenova sklopa na kulminaciju debljinskog prirasta ne pokazuju se razlike, vjerovatno zbog toga što je uticaj stepena sklopa na debljinski prirast, kako proizilazi iz naših podataka, vrlo malen. Kulminacija debljinskog prirasta javlja se u nižim debljinskim stepenima ukoliko je srednji prečnik sastojine manji, i obratno.

Uticaj debljine stabla na veličinu debljinskog prirasta je vrlo velik. On je tim veći ukoliko je bolji bonitet staništa, niži stepen sklopa i manji srednji prečnik sastojine, tj. ukoliko je i sam debljinski prirast veći.

Oblik krivulja debljinskog prirasta, kako to pokazuju grafički prikazi na slici 17, može biti vrlo različit, što zavisi od obuhvaćenih nezavisnih varijabli, odnosno određene njihove kombinacije.

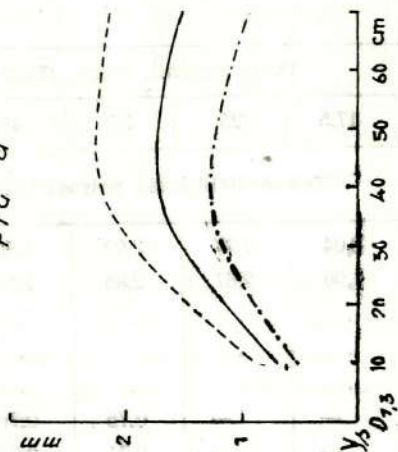
Rezultati do kojih smo došli ovom analizom pokazuju, za sve debljinske klase, da su jednačinama 59—65 dosta dobro izraženi odnosi između debljinskog prirasta, kao zavisne, i boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine, kao nezavisnih varijabli. S druge strane, analiza uticaja pojedinih nezavisnih varijabli na debljinski prirast pokazuje da je uticaj stepena sklopa veoma malen. Iz ovog bi se moglo zaključiti da je dobiveni korelacioni koeficijent veoma malen ne zbog neprikladnosti odabrane jednačine višestruke regresije, već djelimično zbog slabe korelacione veze između debljinskog prirasta i stepena sklopa, a mnogo više zbog drugih, neobuhvaćenih, faktora od kojih debljinski prirast veoma zavisi. Od taksacionih elemenata ovdje na prvo mjesto dolazi veličina kruna, a od ostalih, po našem mišljenju, rase crnog bora, svojstva zemljišta i slično. Ove faktore našim ispitivanjima nismo obuhvatili, kako zbog razloga koje smo ranije naveli, tako i zbog okolnosti da naša praksa uređivanja šuma još nije u mogućnosti da te faktore cifarski uzima u obzir pri utvrđivanju debljinskog prirasta. Mislimo da ova problematika treba da se rješava u okviru tipoloških istraživanja naših šuma.

Mi smo se zadovoljili rezultatima koje smo naprijed izložili i na osnovu njih sastavili tablice tekućeg debljinskog prirasta koje, po našoj ocjeni, mogu uspješno da se iskoriste u praksi.

ZAVISNOST TEKUCE DEBLJINSKOC PRIRASTA STABLA ( $Y_3$ ) OD NJEGOVE DEBLJINE ( $D_{1,3}$ ) I OD:  
 ABHÄNGIGKEIT DES STÄRKEZUWACHSES ( $Y_3$ ) VOM STAMMDURCHMESSER ( $D_{1,3}$ ) UND VON:

BONITETA STANIŠTA ( $X_1$ )  
 HÖHENBONITÄT ( $X_1$ )

FIG a

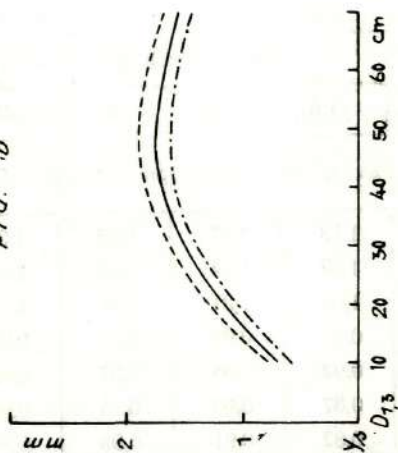


--- 1.0  
 — 3.0  
 - · - 5.0

BONITET STANIŠTA  
 HÖHENBONITÄT

STEPENA SKLOPA ( $X_2$ )  
 BESCHIRMUNGSGRAD ( $X_2$ )

FIG. b

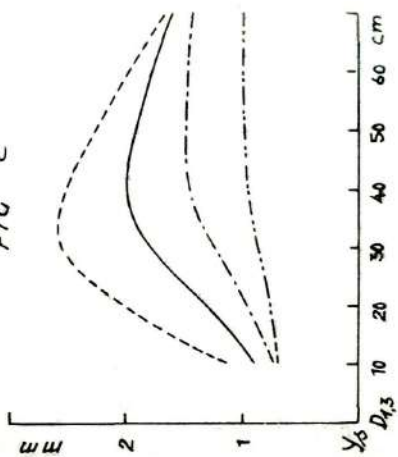


--- 0.4  
 — 0.6  
 - · - 0.8

STEPEN SKLOPA  
 BESCHIRMUNGSGRAD

SREDNJE PREČNIKA SASTOJINE ( $X_3$ )  
 BESTANDESMITTELSTAMM ( $X_3$ )

FIG c



--- 20  
 — 50  
 - · - 40  
 - · - · - 50

SREDNJI PREČNIK  
 SASTOJINE U CM  
 BESTANDESMIT-  
 TELSTAMM IN CM

SLIKA 17 - ABB 17

## 2) Veličina debljinskog prirasta

Tablice debljinskog prirasta sastavljene su na isti način kao i tablice površine projekcije kruna. Stoga ćemo iznijeti samo rezultate.

Tabela 14

Bonitetni razred ( $x_1$ )	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,s}$ ) u cm						
	12,5	17,5	25	35	45	55	65
	Faktori boniteta staništa za tekući debljinski prirast						
1,0	1,23	1,32	1,28	1,26	1,28	1,31	1,36
2,0	1,12	1,17	1,14	1,13	1,14	1,15	1,18
3,0	1,00	1,01	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99
4,0	0,89	0,86	0,85	0,87	0,86	0,83	0,81
5,0	0,78	0,71	0,71	0,74	0,72	0,67	0,63

Tabela 15

Stepen sklopa ( $x_2$ )	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,s}$ ) u cm						
	12,5	17,5	25	35	45	55	65
	Faktori stepena sklopa za tekući debljinski prirast						
0,4	1,20	1,13	1,07	1,05	1,07	1,10	1,09
0,5	1,12	1,07	1,04	1,03	1,04	1,06	1,05
0,6	1,04	1,02	1,01	1,01	1,01	1,02	1,01
0,7	0,95	0,97	0,98	0,99	0,98	0,97	0,97
0,8	0,87	0,92	0,95	0,97	0,95	0,93	0,94
0,9	0,79	0,87	0,93	0,95	0,92	0,89	0,90
1,0	0,71	0,82	0,91	0,93	0,89	0,85	0,86

Tabela 16

Srećnji prečnik sastojine ( $x_3$ ) u cm	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,s}$ ) u cm						
	12,5	17,5	25	35	45	55	65
	Tekući debljinski prirast ( $Y_t$ ) u mm						
16	1,64	2,04	2,77	2,92	2,60	—	—
17	1,57	1,96	2,67	2,85	2,56	—	—
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
54	—	—	—	0,75	0,76	0,78	0,82
55	—	—	—	0,71	0,71	0,72	0,76

Podaci u tabeli 16 su korigovani rezultati jednačina 80—86.

Kada je pomoću podataka u tabelama 14—16 izračunat debljinski prirast za ogledne površine i upoređen sa izvornim podacima, dobila se suma rezidijuma koja je bila ravna nuli, a suma kvadrata rezidijuma 220,72. Na osnovu ovog izračunat je korelacioni koeficijent, koji iznosi:  $R_t = 0,509$ .

Ovaj korelacioni koeficijent pokazuje da tablice (tabele 14, 15 i 16) daju nešto bolje rezultate od onih koji bi se dobili neposrednim izračunavanjem debljinskog prirasta po jednačinama 59—65.

Od interesa je upoređenje debljinskog prirasta stabala crnog bora sa debljinskim prirastom drugih vrsta drveća. I ovdje smo uporedili naše rezultate sa odgovarajućim rezultatima Matičevih i Badouxovih ispitivanja. Za prosječne prilike u pogledu boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika sastojine i omjera smjese u prebornim šumama jele, smrče i bukve u Bosni izračunali smo debljinski prirast za jelu i smrču po jednačinama višestruke regresije do kojih je za ove vrste drveća došao Matić (32). Iz Badouxovih podataka za debljinski prirast jele i smrče na stalnim oglednim parcelama u švajcarskim prebornim šumama izračunali smo prosječne vrijednosti (2). Ako debljinski prirast jele i smrče u našim, odnosno švajcarskim prebornim šumama označimo indeksom 100, onda debljinski prirast crnog bora po našim tablicama, za prosječne prilike u pogledu obuhvaćenih faktora, ima relativnu veličinu, kako je prikazano u tabeli 17.

Tabela 17

U odnosu na debljinski prirast	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,8}$ ) u cm						
	12,5	17,5	25	35	45	55	65
	Relativna veličina debljinskog prirasta crnog bora						
jele, po Badouxu	41	38	36	38	36	34	33
jele, po Matiću	43	43	44	48	45	41	40
smrče, po Badouxu	58	52	49	49	45	41	39
smrče, po Matiću	60	57	53	53	49	47	45

Odnosi navedeni u tabeli 17 su samo približni, jer je pri izračunavanju debljinskog prirasta jele i smrče vršeno neznatno grafičko izravnavanje po debljinskim klasama.

U odnosu na jelu i smrču debljinski prirast crnog bora je veoma malen. U ovom pogledu crni bor je nešto bliži smrči nego jeli. Uzevši slobodnije, možemo zaključiti da je debljinski prirast crnog bora u čistim sastojinama dvostruko manji od debljinskog prirasta smrče, a više nego dvostruko manji od debljinskog prirasta jele u prebornim šumama jele, smrče i bukve.



## II) PRIRAST ZAPREMINE STABALA PO JEDINICI PROJEKCIJE KRUNA

Kretanje godišnjeg prirasta zapremine stabala u toku rastenja, svedeno na jedinicu površine njegove projekcije krune, može dosta sigurno da posluži kao baza za procjenu prečnika sječive zrelosti. U tu svrhu izvršili smo analizu zavisnosti toga prirasta od veličine drugih taksacionih elemenata. Način korišćenja rezultata analize izložili smo u drugom dijelu rada.

Do osnovnih podataka došlo se na sljedeći način: Pri izračunavanju zapremine stabala sastojine izračunat je i desetogodišnji zapreminski prirast po debljinskim stepenima sa stanjem na kraju perioda. Postupak koji je primijenjen pri utvrđivanju ovog prirasta za ogledne površine vidi se iz tabele 4, kolona 10. Tekući prirast zapremine krupnog drveta stabala pojedinih debljinskih klasa podijeljen je sa površinom projekcije kruna istih stabala. Rezultat je tekući prirast zapremine stabala po jedinici projekcije kruna za pojedine debljinske klase. On je izražen jedinicom mjere:  $\text{dm}^3 / 100 \text{ m}^2 / \text{godišnje}$ . U daljem tekstu ovaj prirast ćemo nazivati prirastom po jedinici projekcije kruna. Odgovarajući osnovni podaci za sve ogledne površine sadržani su u tabeli IX.

### 1) Zavisnost prirasta zapremine po jedinici projekcije kruna od veličine drugih taksacionih elemenata

Za izražavanje zavisnosti prirasta po jedinici projekcije kruna od obuhvaćenih faktora odabrana je sljedeća jednačina višestruke regresije:

$$Y = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_2 + ex_2^2 + fx_3 + gx_3^2.$$

Prilagodavanjem prednje jednačine osnovnim podacima dobivene su za pojedine debljinske klase sljedeće jednačine:

$$\begin{aligned}
 Y_{s\ 15} &= 97,8559 + 4,35365 x_1 - 1,65710 x_1^2 - 31,2111 x_2 - \\
 &- 1,40400 x_2^2 - 2,23044 x_3 + 0,0272334 x_3^2 \dots \dots \dots 87 \\
 Y_{s\ 25} &= 31,1685 + 10,2111 x_1 - 3,33045 x_1^2 + 294,694 x_2 - \\
 &- 242,252 x_2^2 - 3,12132 x_3 + 0,0293638 x_3^2 \dots \dots \dots 88 \\
 Y_{s\ 35} &= 118,477 - 11,8859 x_1 - 0,688581 x_1^2 + 148,346 x_2 - \\
 &- 142,143 x_2^2 - 2,09274 x_3 + 0,0101659 x_3^2 \dots \dots \dots 89 \\
 Y_{s\ 45} &= 64,1534 - 19,9348 x_1 + 0,305530 x_1^2 + 156,297 x_2 - \\
 &- 140,770 x_2^2 + 0,974577 x_3 - 0,0241804 x_3^2 \dots \dots \dots 90 \\
 Y_{s\ 55} &= 44,9126 - 10,4468 x_1 - 0,615634 x_1^2 + 80,0703 x_2 - \\
 &- 82,2649 x_2^2 + 1,38763 x_3 - 0,0245574 x_3^2 \dots \dots \dots 91
 \end{aligned}$$

Po jednačinama 87—91 izračunat je prirast po jedinici projekcije kruna za ogledne površine i upoređen sa izvornim podacima, pa su dobiveni sljedeći rezultati:

$S_n = 269$  (prva debljinska klasa sa 45, a ostale četiri klase sa po 56 slučajeva),

$$SS_z = SSY - SSY_s = 11.757 - 11.757 = 0,$$

$$SS_z^2 = SS(Y - Y_s)^2 = 96.978 + 324 = 97.302,$$

$$c_z^2 = SS_z^2 : S_n = 361,72,$$

$$SSY^2 = 682.447,$$

$$\sigma_y^2 = (SSY^2 : S_n) - \bar{Y}^2 = 626,41,$$

$$R = 0,582.$$

Suma kvadrata rezidijuma povećana je za 324 zato što je procije-njeno (grafičkim upoređenjem rezultata jednačina 87—91) da bi ona bila za toliko veća kada bi se odabranom jednačinom višestruke regresije obuhvatila i debljina stabala kao četvrta nezavisna varijabla.

Dobiveni koeficijent korelacije je dosta malen. Uzrok ovome je, pored ostalog, i slaba korelaciona veza između prirasta po jedinici projekcije kruna i stepena sklopa, kako ćemo to kasnije vidjeti.

#### a) Uticaj boniteta staništa

Zavisnost prirasta po jedinici projekcije kruna od boniteta staništa izražavaju jednačine 92—96, koje proizilaze iz jednačina 87—91.

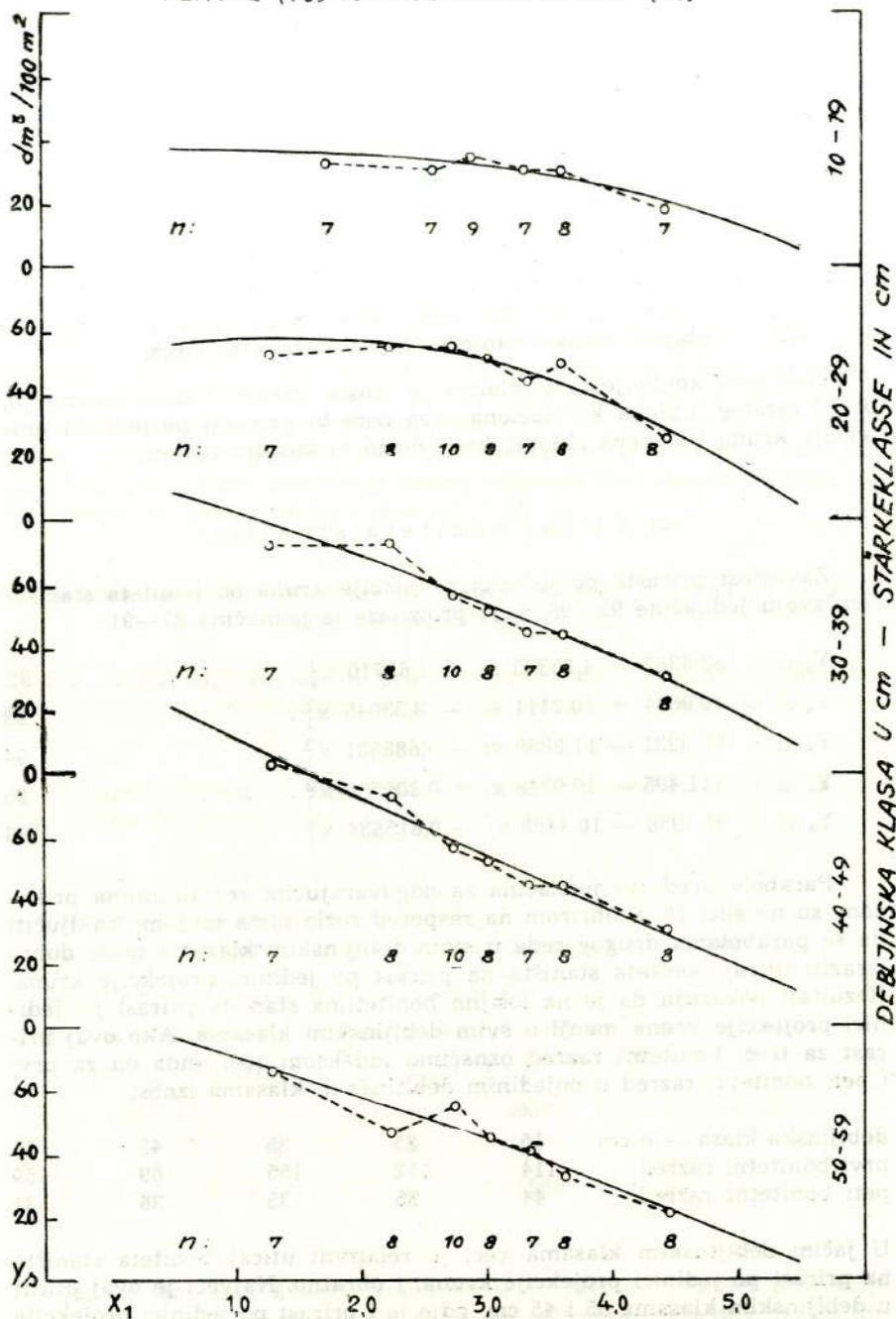
$Y_{s\ 15} = 33,6382 + 4,35365 x_1 - 1,65710 x_1^2$	92
$Y_{s\ 25} = 49,9634 + 10,2111 x_1 - 3,33045 x_1^2$	93
$Y_{s\ 35} = 95,3231 - 11,8859 x_1 - 0,688581 x_1^2$	94
$Y_{s\ 45} = 111,495 - 19,9348 x_1 + 0,305530 x_1^2$	95
$Y_{s\ 55} = 81,1958 - 10,4468 x_1 - 0,615634 x_1^2$	96

Parabole prednjih jednačina sa odgovarajućim rezidijumima prikazane su na slici 18. S obzirom na raspored rezidijuma možemo zaključiti da se parabolama drugog reda u svim debljinskim klasama može dobro izraziti uticaj boniteta staništa na prirast po jedinici projekcije kruna. Rezultati pokazuju da je na lošijim bonitetima staništa prirast po jedinici projekcije kruna manji u svim debljinskim klasama. Ako ovaj prirast za treći bonitetni razred označimo indeksom 100, onda on za prvi i peti bonitetni razred u pojedinim debljinskim klasama iznosi:

debljinska klasa — u cm	15	25	35	45	55
prvi bonitetni razred	114	112	155	169	159
peti bonitetni razred	44	35	35	36	31

U jačim debljinskim klasama veći je relativni uticaj boniteta staništa na prirast po jedinici projekcije kruna, i obratno. Najveći je ovaj uticaj u debljinskim klasama 35 i 45 cm, gdje je i prirast po jedinici projekcije kruna u apsolutnom iznosu najveći.

ZAVISNOST TEKUCEG PRIRASTA ZAPREMINE PO  $m^2$  PROJEKCIJE  
 KRUNA ( $Y_3$ ) OD BONITETA STANIŠTA ( $X_1$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DES MASSENZUWACHSES PRO  $m^2$  DER SCHIRM  
 FLÄCHE ( $Y_3$ ) VON DER HOHENBONITÄT ( $X_1$ )



SLIKA 18 - ABB 18

## b) Uticaj stepena sklopa

Iz jednačina 87—91 proizilaze sljedeće jednačine koje izražavaju uticaj stepena sklopa na prirast po jedinici projekcije kruna:

$$\begin{aligned}
 Y_{s\ 15} &= 52,2821 - 31,2111 x_2 - 1,40400 x_2^2 . . . . . 97 \\
 Y_{s\ 25} &= - 40,5649 + 294,694 x_2 - 242,252 x_2^2 . . . . . 98 \\
 Y_{s\ 35} &= 17,0433 + 148,346 x_2 - 142,143 x_2^2 . . . . . 99 \\
 Y_{s\ 45} &= 12,4350 + 156,297 x_2 - 140,770 x_2^2 . . . . . 100 \\
 Y_{s\ 55} &= 27,0356 + 80,0703 x_2 - 82,2649 x_2^2 . . . . . 101
 \end{aligned}$$

Parabole ovih jednačina, oko kojih su nanoseni rezidijumi, prikazane su na slici 19. S obzirom na raspored rezidijuma, parabole dobro izražavaju uticaj stepena sklopa na prirast po jedinici projekcije kruna u svim debljinskim klasama. Iz slike se vidi da povećavanjem stepena sklopa prirast po jedinici projekcije kruna uglavnom opada u svim debljinskim klasama. Promjena ovog prirasta povećavanjem stepena sklopa do 0,7 gotovo je neznatna, a od 0,7 do 1,0 intenzitet smanjivanja prirasta se povećava. Ako prirast po jedinici projekcije kruna pri stepenu sklopa 0,7 označimo indeksom 100, onda on pri sklopu 0,4 i 1,0 za pojedine debljinske klase iznosi:

debljinska klasa — u cm	15	25	35	45	55
stepen sklopa 0,4	133	82	105	99	107
stepen sklopa 1,0	66	25	45	53	58

Možemo zaključiti, uzevši slobodnije, da smanjivanje stepena sklopa ispod 0,7 nema uticaja na prirast po jedinici projekcije kruna, dok njegovo povećavanje iznad 0,7 znatno utiče na smanjivanje ovog prirasta.

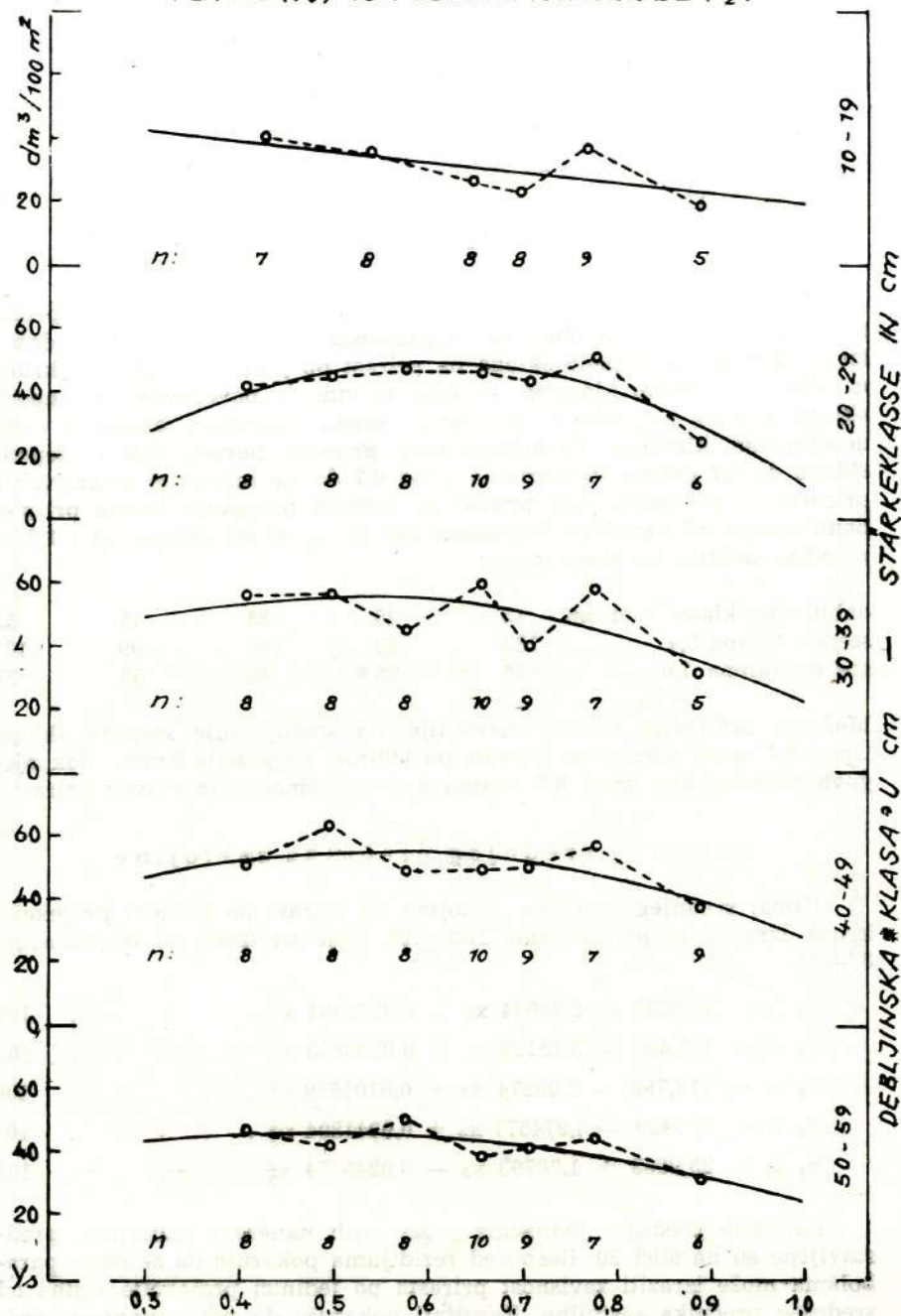
## c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine

Uticaj srednjeg prečnika sastojine na prirast po jedinici projekcije kruna izražen je jednačinama 102—106, koje su izvedene iz jednačina 87—91.

$$\begin{aligned}
 Y_{s\ 15} &= 74,2235 - 2,23044 x_3 + 0,0272334 x_3^2 . . . . . 102 \\
 Y_{s\ 25} &= 123,465 - 3,12132 x_3 + 0,0293638 x_3^2 . . . . . 103 \\
 Y_{s\ 35} &= 113,790 - 2,09274 x_3 + 0,0101659 x_3^2 . . . . . 104 \\
 Y_{s\ 45} &= 49,9439 - 0,974577 x_3 + 0,0241804 x_3^2 . . . . . 105 \\
 Y_{s\ 55} &= 25,9663 + 1,38763 x_3 - 0,0245574 x_3^2 . . . . . 106
 \end{aligned}$$

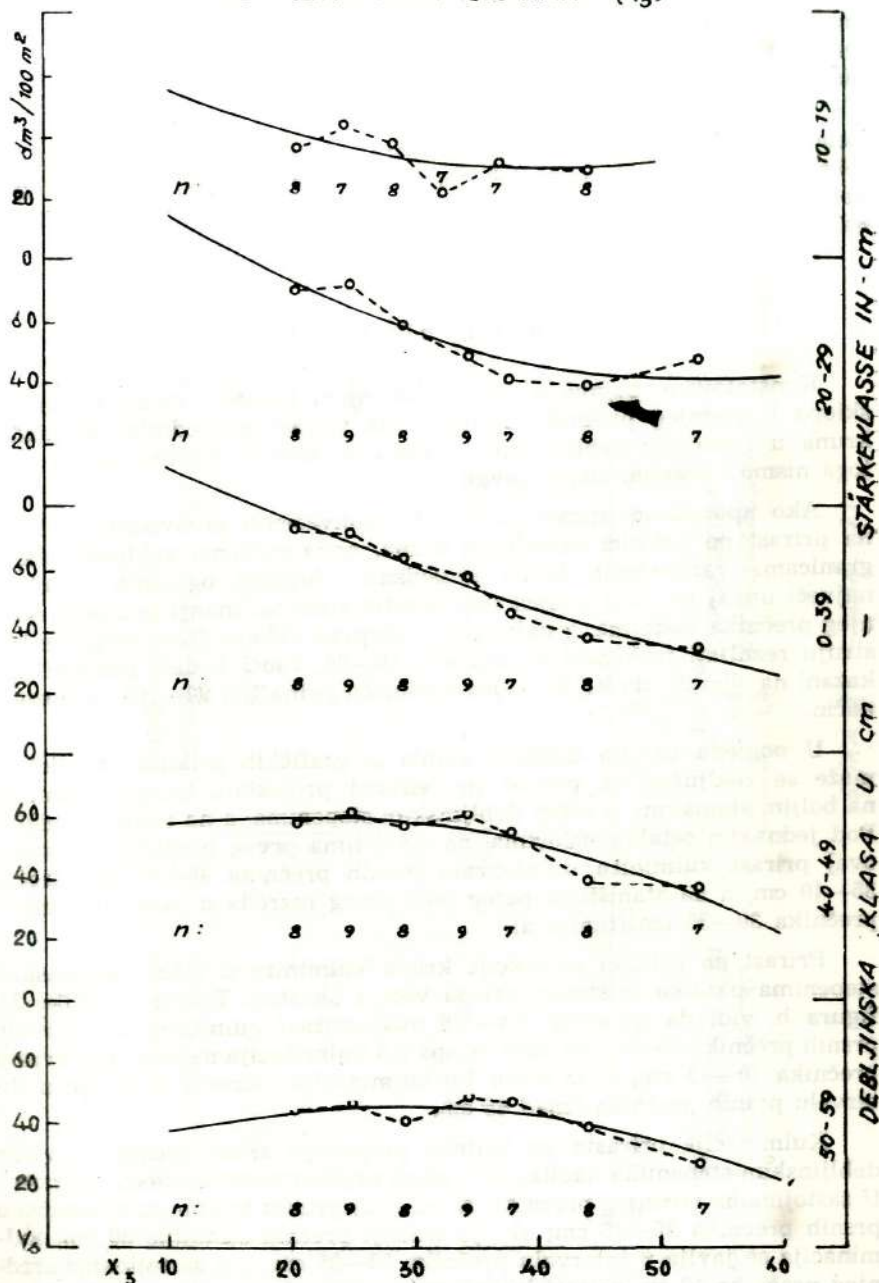
Parabole prednjih jednačina i oko njih nanoseni rezidijumi predstavljene su na slici 20. Raspored rezidijuma pokazuje da se ovim parabolama može izraziti zavisnost prirasta po jedinici projekcije kruna od srednjeg prečnika sastojine. Rezultati pokazuju da povećavanjem srednjeg prečnika sastojine prirast po jedinici projekcije kruna opada u svim

ZAVISNOST TEKUĆEG PRIRASTA ZAPREMINE PO  $m^2$  PROJEKCIJE  
 KRUNA ( $y_0$ ) OD STEPENA SKLOPA ( $x_2$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DES MASSENZUWACHSES PRO  $m^2$  DER SCHIRM-  
 FLÄCHE ( $y_0$ ) VOM BESCHIRMUNGSGRADE ( $x_2$ )



SLIKA 19 - ABB. 19

ZAVISNOST TEKUĆEG PRIRASTA ZAPREMINE PO  $m^2$  PROJEKCIJE  
 KRUNA ( $Y_2$ ) OD SREDNJEG PREČNIKA SASTOJINE ( $X_3$ )  
 ABHÄNGIGKEIT DES MASSENZUWACHSES PRO  $m^2$  DER SCHIRMFLÄCHE ( $Y_2$ )  
 VOM BESTANDESMITTELSTAMME ( $X_3$ )



SLIKA 20 - ABB. 20

debljinskim klasama. Označimo li ovaj prirast u sastojini srednjeg prečnika 35 cm indeksom 100, onda on u sastojini srednjeg prečnika 20 i 50 cm u pojedinim debljinskim klasama iznosi:

debljinska klasa — u cm	15	25	35	45	55
sastojina srednjeg prečnika 20 cm	137	144	142	111	100
sastojina srednjeg prečnika 50 cm	103	82	65	71	77

Relativni uticaj srednjeg prečnika sastojine na prirast po jedinici projekcije kruna najveći je u debljinskim klasama 25 i 35 cm, tj. u onim debljinskim klasama u kojim je ovaj prirast i u apsolutnom iznosu najveći.

#### d) Uticaj debljine stabla

Konstatovane pojave u vezi sa uticajem boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine na prirast po jedinici projekcije kruna u različitim debljinskim klasama su sasvim logične, pa ih zbog toga nismo i posebno objašnjavali.

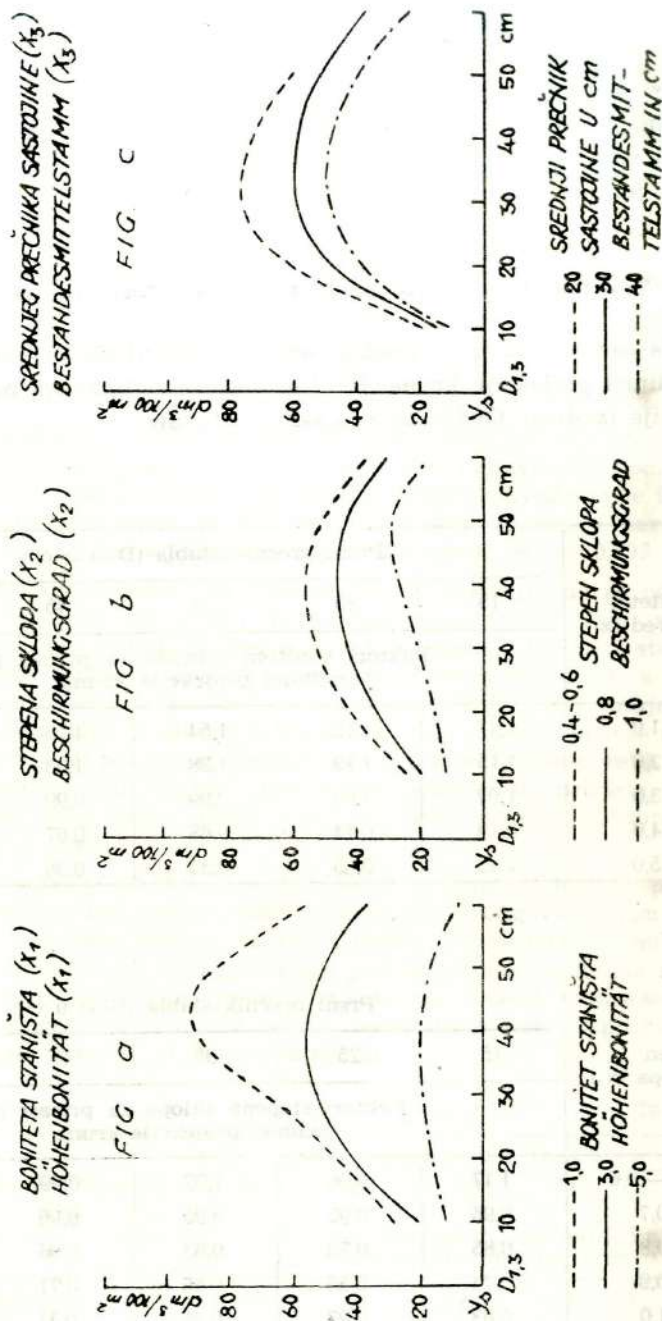
Ako uporedimo uticaje pojedinih obuhvaćenih nezavisnih varijabli na prirast po jedinici projekcije kruna, onda možemo zaključiti da, u granicama varijacionih širina nezavisnih varijabli oglednih površina, najveći uticaj na ovaj prirast ima bonitet staništa, manji je uticaj srednjeg prečnika sastojine, a najmanji — stepena sklopa. Ove zaključke ilustruju rezultati prikazani na slikama 18—20, kao i podaci grafički prikazani na slici 21, do kojih se došlo pomoću jednačina 92—106 na poznati način.

U pogledu uticaja debljine stabla iz grafičkih prikaza na slici 21 može se zaključiti da prirast po jedinici projekcije kruna kulminira na boljim staništima u višim debljinskim stepenima, a na lošijim u nižim. Pod jednakim ostalim uslovima, na staništima prvog bonitetnog razreda ovaj prirast kulminira u intervalu prsnih prečnika 40—45 cm, trećeg 35—40 cm, a na staništima petog bonitetnog razreda u intervalu prsnih prečnika 30—35 cm (figura a).

Prirast po jedinici projekcije kruna kulminira u višim debljinskim stepenima ukoliko je stepen sklopa veći, i obratno. Tako se iz slike 21, figura b, vidi da uz sklop 0,4—0,6 ovaj prirast kulminira u intervalu prsnih prečnika 35—45 cm, kod sklopa 0,8 kulminacija nastaje u intervalu prečnika 40—45 cm, a uz sklop 1,0 kulminacija prirasta se javlja u intervalu prsnih prečnika iznad 45 cm.

Kulminacija prirasta po jedinici projekcije kruna nastaje u višim debljinskim stepenima ukoliko je srednji prečnik sastojine veći, i obratno. U sastojinama srednjeg prečnika 20 cm ovaj prirast kulminira u intervalu prsnih prečnika 25—35 cm; ako je srednji prečnik sastojine 30 cm, kulminacija se javlja u intervalu prečnika 30—35 cm, a u sastojinama srednjeg prečnika 40 cm prirast kulminira u intervalu prsnih prečnika iznad 35 cm. Ovo je ilustrovano grafičkim prikazom na slici 21, figura c.

ZAVISNOST TEKUCEG PRIRASTA ZAPREMI NE DO  $m^2$  PROJEKCIJE KRUKA ( $Y_2$ ) OD DEBLJINE STABLA ( $D_{1,5}$ ) I OD ABHANGIGKEIT DES MASENZUWACHSES PRO  $m^2$  DER SCHIRMFLACHE ( $Y_3$ ) VOM STAMMDURCHMESSER ( $D_{1,5}$ ) UND VON:



SLIKA 21 — ABB. 21



Iz podataka predstavljenih na slici 21 takođe se može zaključiti da je uticaj debljine stabla na prirast po jedinici projekcije kruna znatan. Najveći je ovaj prirast u intervalu prsnih prečnika 30—40 cm, uz prosječne uslove u pogledu ostalih triju nezavisnih varijabli. Za stabla deblja od 40 cm ovaj je prirast manji, a za ona koja su tanja od 30 cm — još manji.

Smatramo da nije potrebno posebno objašnjavati konstatovane pojave u vezi sa uticajem debljine stabla na prirast po jedinici projekcije kruna, jer su i ove pojave logične.

## 2) Veličina prirasta zapremine stabala po jedinici projekcije kruna

Na osnovu rezultata prednje analize sastavljene su tablice prirasta po jedinici projekcije kruna. Pri tome je postupljeno na način kako je to ranije izloženo. Ovdje dajemo samo rezultate.

Tabela 18

Bonitetni razred ( $x_1$ )	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,s}$ ) u cm				
	15	25	35	45	55
	Faktori boniteta staništa za prirast po jedinici projekcije kruna				
1,0	1,17	1,12	1,54	1,68	1,57
2,0	1,15	1,12	1,28	1,33	1,30
3,0	1,02	1,00	0,99	0,99	0,99
4,0	0,79	0,74	0,68	0,67	0,66
5,0	0,45	0,35	0,35	0,36	0,30

Tabela 19

Stepen sklopa ( $x_2$ )	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,s}$ ) u cm				
	15	25	35	45	55
	Faktori stepena sklopa za prirast po jedinici projekcije kruna				
0,4 — 0,6	1,17	0,96	1,02	0,99	1,03
0,7	0,96	0,92	0,95	0,96	0,96
0,8	0,85	0,79	0,83	0,86	0,86
0,9	0,74	0,56	0,66	0,71	0,73
1,0	0,63	0,23	0,35	0,51	0,56

Tabela 20

Srednji prečnik sastojine ( $x_s$ ) u cm	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,3}$ ) u cm				
	15	25	35	45	55
	Prirast po jedinici projekcije kruna ( $Y_t$ ) u $\text{dm}^3/100 \text{ m}^2/\text{godišnje}$				
16	45	80	85	—	—
18	43	76	81	—	—
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
52	—	—	33	36	23
44	—	—	31	33	29

Podaci u tabeli 20 su korigovani rezultati jednačina 102—106.

Pomoću podataka u tabelama 18—20 izračunat je prirast po jedinici projekcije kruna za ogledne površine i upoređen sa izvornim podacima. Suma rezidijuma bila je ravna nuli, a suma njihovih kvadrata je 95.184. Nakon uvećanja ove sume za 324, iz razloga koji su ranije navedeni, izračunat je korelacioni koeficijent, koji ovdje iznosi:  $R = 0,592$ .

Iako rezultati prikazani na slikama 18—21 pokazuju da su odabranim jednačinama 87—91 dobro obuhvaćene korelacione veze između prirasta po jedinici projekcije kruna, s jedne strane, i boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika sastojine i debljine stabla, s druge strane, ipak je dobiveni korelacioni koeficijent, kako onaj ranije tako i ovaj koji proizilazi iz tabličnih rezultata, vrlo malen. Razlozi su isti oni koje smo naveli pri analizi debljinskog prirasta, tj. dosta velik uticaj drugih (neobuhvaćenih) faktora. Pri analizi debljinskog prirasta naveli smo i razloge zbog kojih nismo mogli obuhvatiti ostale faktore. Isti razlozi vrijede i ovdje.

Radi orijentacije izvršili smo upoređenje prirasta po jedinici projekcije kruna za crni bor, prema našim tablicama, sa odgovarajućim podacima do kojih je došao Badoux za jelu i smrču u švajcarskim prebornim šumama jele i smrče (2). Ako prirast po jedinici projekcije kruna za jelu odnosno smrču u švajcarskim prebornim šumama označimo indeksom 100, onda takav prirast za crni bor prema rezultatima naših ispitivanja u prosjeku iznosi kako je izloženo u tabeli 21.

Tabela 21

U odnosu na prirast zapremine stabala po jedinici projekcije kruna	Prsni prečnik stabla ( $D_{1,3}$ ) u cm				
	15	25	35	45	55
	Relativna veličina prirasta po jedinici projekcije kruna crnog bora				
jele, po Badouxu	72	57	43	38	30
smrče, po Badouxu	67	53	39	31	30

Badouxovi podaci odnose se, kako je ranije navedeno, na osam stalnih oglednih parcela za koje smo izračunali prosjeke, a naši na sastojinu sa prosječnim prilikama u pogledu obuhvaćenih nezavisnih varijabli o kojima je bilo riječi. Odnosi prikazani u tabeli 21 samo su približni.

Ovo upoređenje pokazuje da je prirast zapremine stabala po jedinici projekcije kruna crnog bora u našim šumama mnogo manji od takvog prirasta jele i smrče u švajcarskim prebornim šumama. Najveće razlike u ovom pogledu su u najvišim debljinskim stepenima, i obratno.

Prema ispitivanjima koja je obavio Matić, ne postoje veće razlike u prirastu po jedinici projekcije kruna između jele odnosno smrče u prebornim šumama u Bosni i jele odnosno smrče u švajcarskim prebornim šumama (32). Ovo upućuje na zaključak da bi odnosi navedeni u tabeli 21 približno odgovarali takvim odnosima između crnog bora, s jedne, i jele i smrče, s druge strane, u odgovarajućim šumama na području Bosne.

### III) PRIRAST ZAPREMINE SASTOJINE

Način utvrđivanja tekućeg prirasta zapremine krupnog drveta sastojine po hektaru izložili smo ranije (vidi poglavlje C). Ovaj prirast za sve ogledne površine prikazan je u tabeli II. On varira od 0,34 do 6,07, a u prosjeku je 2,99 m<sup>3</sup> godišnje po hektaru.

#### 1) Zavisnost prirasta zapremine sastojine od veličine drugih taksacionih elemenata

Za analizu uticaja boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine na prirast zapremine sastojine odabrana je jednačina višestruke regresije opšteg oblika:

$$Y = a + b x_1 + d (x_2^2 - 2 x_2) + e x_3 + f x_3^2.$$

Pri izboru prednje jednačine pošlo se od pretpostavki:

da je uticaj boniteta staništa na prirast zapremine sastojine linearan, tj. da opadanjem boniteta staništa prirast zapremine sastojine opada po pravcu;

da se povećavanjem stepena sklopa povećava i prirast zapremine sastojine, i to jače u intervalu nižih, a slabije u intervalu viših stepenova sklopa, naravno pod jednakim ostalim uslovima. Zato je za izražavanje ovog uticaja odabrana parabola drugog reda, za koju je postavljen uslov da ima ekstrem kod  $x_2 = 1,00$ ;

da se uticaj srednjeg prečnika sastojine na prirast zapremine sastojine može izraziti običnom parabolom drugog reda.

Odabrana jednačina višestruke regresije, prilagođena osnovnim podacima oglednih površina, glasi:

$$Y_s = 5,76516 - 0,987343 x_1 + 5,80214 x_2 - 2,90107 x_3 - 0,0597944 x_3^2 - 0,000182956 x_3^2 \dots \dots \dots 107$$

Po jednačini 107 izračunat je prirast zapremine sastojine za sve ogleadne površine na bazi stvarnih vrijednosti za obuhvaćene nezavisne varijable. Iz upoređenja izračunatog prirasta ( $Y_s$ ) sa odgovarajućim izvornim podacima ( $Y$ ) proizilaze sljedeći rezultati:

$$\begin{aligned} S_z &= S(Y - Y_s) = 0, \\ S_z^2 &= S(Y - Y_s)^2 = 67,3676 = \text{min.}, \\ \sigma_z^2 &= S_z^2 : n = 1,2030, \\ \sigma_y^2 &= 2,1534, \\ R &= 0,621. \end{aligned}$$

I ovaj korelacioni koeficijent je dosta malen. Razlozi su, po našoj ocjeni, isti oni koje smo naveli pri analizi debljinskog prirasta.

#### a) Uticaj boniteta staništa

Jednačina pravca koja izražava uticaj boniteta staništa na prirast zapremine sastojine uz prosječne prilike u pogledu stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine, a koja je dobivena iz jednačine 107, glasi:

$$Y_s = 6,01252 - 0,987343 x_1 \dots \dots \dots 108$$

Ovaj pravac sa odgovarajućim rezidijumima prikazan je na slici 22, figura a. S obzirom na raspored rezidijuma oko pravca, može se zaključiti da pravac dobro izražava uticaj boniteta staništa na prirast zapremine sastojine. Opadanjem boniteta staništa prirast zapremine sastojine se naglo smanjuje. Ako ovaj prirast za treći bonitetni razred označimo indeksom 100, onda on za prvi iznosi 165, a za peti bonitetni razred samo 35, naravno uz prosječne prilike u pogledu ostalih obuhvaćenih nezavisnih varijabli.

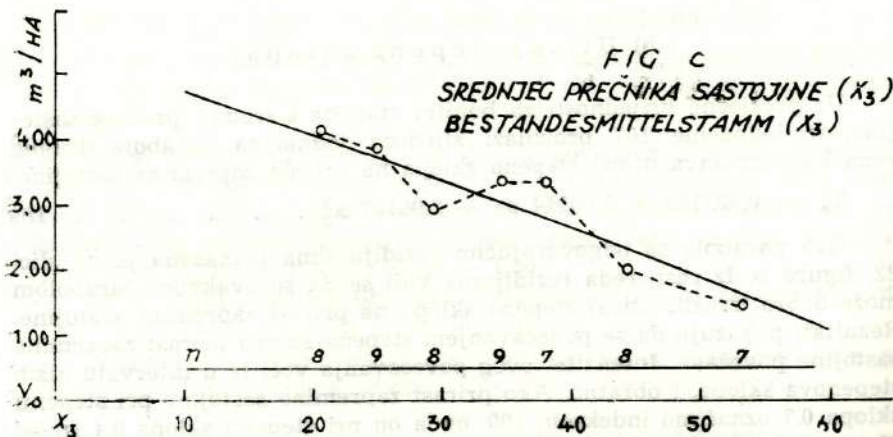
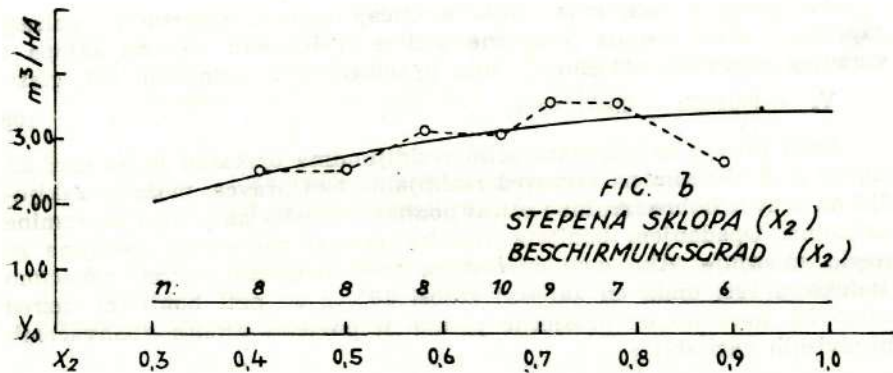
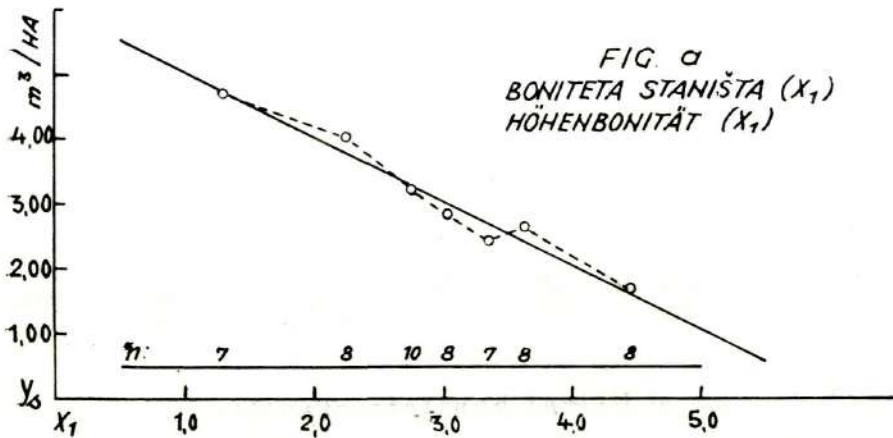
#### b) Uticaj stepena sklopa

Uz prosječne vrijednosti za bonitet staništa i srednji prečnik sastojine, iz jednačine 107 proizilazi sljedeća jednačina parabole drugog reda koja izražava uticaj stepena sklopa na prirast zapremine sastojine:

$$Y_s = 0,553122 + 5,80214 x_2 - 2,90107 x_2^2 \dots \dots \dots 109$$

Ova parabola sa odgovarajućim rezidijumima prikazana je na slici 22, figura b. Iz rasporeda rezidijuma vidi se da se ovakvom parabolom može dobro izraziti uticaj stepena sklopa na prirast zapremine sastojine. Rezultati pokazuju da se povećavanjem stepena sklopa prirast zapremine sastojine povećava. Intenzitet ovog povećavanja veći je u intervalu nižih stepenova sklopa, i obratno. Ako prirast zapremine sastojine pri stepenu sklopa 0,7 označimo indeksom 100, onda on pri stepenu sklopa 0,4 iznosi 75, a pri potpunom sklopu je 108. Uticaj stepena sklopa na prirast zapremine sastojine znatno je manji od uticaja boniteta staništa.

ZAVISNOST TEKUĆEG PRIRASTA ZAPREMINE SASTOJINE ( $Y_0$ ) OD  
 ABHÄNGIGKEIT DES BESTANDESMASSENZUWACHSES ( $Y_0$ ) VON:



SLIKA 22 - ABB 22

### c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine

Iz jednačine 107, uz prosječne vrijednosti za bonitet staništa i stepen sklopa, dobivena je sljedeća jednačina parabole drugog reda, koja izražava uticaj srednjeg prečnika sastojine na prirast zapremine sastojine:

$$Y_s = 5,34632 - 0,0597944 x_3 - 0,000182956 x_3^2 \dots \dots \dots 110$$

Parabola prednje jednačine sa odgovarajućim rezidijumima prikazana je na slici 22, figura c. Rezultati pokazuju da povećavanjem srednjeg prečnika sastojine prirast zapremine sastojine opada. Intenzitet opadanja ovog prirasta nešto je veći u intervalu većih srednjih prečnika sastojina, i obratno. Označimo li prirast zapremine za sastojinu srednjeg prečnika 35 cm indeksom 100, onda prirast za sastojinu srednjeg prečnika 20 cm iznosi 135, a za sastojinu srednjeg prečnika 50 cm samo 63. Uticaj srednjeg prečnika sastojine na prirast zapremine sastojine veći je od uticaja stepena sklopa, a manji od uticaja boniteta staništa. S obzirom na raspored rezidijuma oko parabole na slici 22, figura c, možemo zaključiti da se parabolom drugog reda može dosta dobro izraziti uticaj srednjeg prečnika sastojine na prirast zapremine sastojine.

### 2) Veličina prirasta zapremine sastojine

Na bazi rezultata izložene analize prirasta zapremine sastojine sastavili smo tablice prirasta zapremine krupnog drveta sastojine po hektaru. Pri njihovom sastavljanju postupilo se isto kao i pri sastavljanju tablica broja stabala sastojine po hektaru. Rezultati su sadržani u tabelama 22 i 23.

Tabela 22

Stepen sklopa ( $x_2$ )	Bonitetni razred staništa ( $x_1$ )				
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
	Kombinovani faktori boniteta staništa i stepena sklopa za prirast zapremine sastojine				
0,4	1,2821	1,0302	0,7782	0,5264	0,2744
0,5	1,4518	1,1665	0,8812	0,5960	0,3108
0,6	1,5908	1,2782	0,9656	0,6531	0,3405
0,7	1,6987	1,3649	1,0311	0,6974	0,3636
0,8	1,7760	1,4270	1,0781	0,7292	0,3802
0,9	1,8223	1,4642	1,1061	0,7482	0,3901
1,0	1,8377	1,4766	1,1155	0,7545	0,3934

U tabeli 23 su korigovani rezultati jednačine 110.

Iz podataka u tabelama 22 i 23 izračunat je prirast zapremine sastojine za ogleadne površine i upoređen sa odgovarajućim izvornim podacima. Dobivena suma rezidijuma bila je ravna nuli, a suma njihovih kvadrata je 63,3750. Na osnovu ovog izračunat je korelacioni koeficijent, koji ovdje iznosi:  $R_t = 0,649$ .

Srednji prečnik sastojine ( $x_s$ )	Prirast zapremine ( $Y_t$ )	Srednji prečnik sastojine ( $x_s$ )	Prirast zapremine ( $Y_t$ )	Srednji prečnik sastojine ( $x_s$ )	Prirast zapremine ( $Y_t$ )	Srednji prečnik sastojine ( $x_s$ )	Prirast zapremine ( $Y_t$ )
cm	m <sup>3</sup> /ha/g.	cm	m <sup>3</sup> /ha/g.	cm	m <sup>3</sup> /ha/g.	cm	m <sup>3</sup> /ha/g.
16	4,4905	26	3,7927	36	3,0571	46	2,2837
17	4,4223	27	3,7208	37	2,9815	47	2,2043
18	4,3539	28	3,6486	38	2,9054	48	2,1246
19	4,2851	29	3,5760	39	2,8291	49	2,0444
20	4,2158	30	3,5030	40	2,7523	50	1,9638
21	4,1463	31	3,4297	41	2,6752	51	1,8828
22	4,0763	32	3,3558	42	2,5976	52	1,8015
23	4,0060	33	3,2818	43	2,5198	53	1,7199
24	3,9353	34	3,2073	44	2,4415	54	1,6378
25	3,8642	35	3,1324	45	2,3628	55	1,5553

Budući da je korelacioni koeficijent koji proizilazi iz tabličnih rezultata veći od koeficijenta višestruke korelacije dobivenog na bazi rezultata koje daje jednačina 107, to će i primjena tablica u prosjeku davati bolje rezultate od navedene jednačine. Pod tablicama prirasta zapremine sastojine ovdje možemo podrazumijevati tabele 22 i 23. One se mogu upotrebljavati na taj način što se za određeni srednji prečnik sastojine očita prirast u tabeli 23 i pomnoži sa faktorom koji odgovara bonitetu staništa i stepenu sklopa iste sastojine; faktor se uzima iz tabele 22. Proizvod je godišnji (tekući) prirast zapremine krupnog drveta sastojine po 1 hektaru.

Na bazi podataka u tabelama 22 i 23 sastavljene su tablice za neposredno utvrđivanje prirasta zapremine sastojine određenog srednjeg prečnika sastojine, boniteta staništa i stepena sklopa (troulazne tablice). One su, zajedno sa tablicama ostalih taksacionih elemenata, date posebno (34).

Iako dobiveni korelacioni koeficijent nije visok, smatramo da tablice prirasta zapremine sastojine daju rezultate kojima se možemo zadovoljiti. Ovi će nas rezultati zadovoljiti naročito ako imamo u vidu praktičnu mogućnost procjene obuhvaćenih nezavisnih varijabli, odnosno teškoće mjerenja drugih uticaja na prirast, a zatim i okolnost da se tablice neće upotrebljavati samo za jednu (konkretnu) sastojinu, već za njihov veći broj.

Za upoređivanje prirasta zapremine sastojine crnog bora sa prirastom drugih vrsta drveća uzećemo primjere slične onim kojima smo se koristili pri upoređivanju broja stabala, odnosno zapremine stabala sastojine.

Prema Matićevim ispitivanjima, prirast zapremine čistih jelovih prebornih sastojina, na prosječnom bonitetu staništa i uz prosječni srednji sastojinski prečnik i stepen sklopa 0,7, iznosi 9,98 m<sup>3</sup> godišnje po hektaru, a prirast čistih smrčevih sastojina, uz iste prilike u pogledu navedenih faktora, 6,56 m<sup>3</sup> godišnje po hektaru (32). Prirast zapremine čistih sastojina crnog bora prema našim tablicama, takođe uz stepen sklopa 0,7, prosječan bonitet staništa i prosječan srednji sastojinski prečnik, iznosi 3,31 m<sup>3</sup> godišnje po hektaru. Iz ovog upoređenja može se zaključiti da je u prosjeku prirast zapremine čistih sastojina crnog bora u Bosni oko tri puta manji od prirasta zapremine čistih jelovih sastojina, a od prirasta zapremine čistih smrčevih sastojina — oko dva puta.

Radi uvida u amplitude variranja prirasta zapremine sastojina, navodimo sljedeće Matićeve rezultate za jelu i smrču (32) i odgovarajuće podatke iz naših tablica prirasta zapremine za crni bor.

	Nezavisna varijabla		
bonitetni razred staništa	1,0	3,0	5,0
stepen sklopa sastojine	0,7	0,7	0,7
srednji prečnik sastojine — u cm	20	30	40
	Prirast u m <sup>3</sup> /god./ha		
čiste jelove sastojine	13,95	9,94	4,23
čiste smrčeve sastojine	9,10	6,67	3,85
čiste sastojine crnog bora	7,16	3,61	1,00

Iz ovih primjera se može zaključiti da je relativna amplituda variranja prirasta zapremine sastojina crnog bora, koja se javlja kao posljedica određene kombinacije ostalih taksacionih elemenata (u ovom slučaju povoljne i nepovoljne), mnogo veća od relativne amplitude variranja prirasta jelovih i smrčevih sastojina pri istoj (povoljnoj i nepovoljnoj) kombinaciji drugih taksacionih elemenata. Apsolutna veličina amplitude variranja prirasta zapremine sastojina crnog bora nešto je veća od takve amplitude u sastojinama smrče, a dosta manja nego u sastojinama jele.

Prema Wiedemannovim prinostnim tablicama (64), za jednodobne sastojine bijelog bora sa umjerenom proredom i uz starost od 120 godina, tekući prirast zapremine, uključujući i proredni materijal, na pojedinim bonitetima staništa iznosi:

bonitetni razred staništa	1,0	3,0	5,0
prosječna visina sastojine — u m	30,0	22,0	13,4
srednji prečnik sastojine — u cm	39,9	30,6	19,4
prirasta zapremine — u m <sup>3</sup> /god./ha	5,20	3,80	2,10

Gehrhardtove prinostne tablice za čiste jednodobne sastojine bijelog bora, takođe sa umjerenom proredom za pojedine bonitetne razrede staništa pokazuju sljedeći prirast zapremine sastojine uključivo i proredni materijal (14):



bonitetni razred staništa	1,0	3,0	5,0
prosječna visina sastojine — u m	31,3	21,9	13,8
srednji prečnik sastojine — u cm	40,2	30,5	20,3
prirast zapremine — u m <sup>3</sup> /god./ha	4,30	2,90	1,10

U ovim primjerima sastojine prvog i petog bonitetnog razreda imaju starost 120, a sastojina trećeg bonitetnog razreda 110 godina.

Uz stepen sklopa 1,0, naše tablice pokazuju sljedeći prirast zapremine sastojina crnog bora:

bonitetni razred staništa (x <sub>1</sub> )	1,0	3,0	5,0
visina stabala prečnika x <sub>2</sub> cm — u m	27,2	17,7	9,5
srednji prečnik sastojine (x <sub>3</sub> ) — u cm	40,0	30,0	20,0
tekući prirast — u m <sup>3</sup> /god./ha (Y <sub>t</sub> )	5,06	3,91	1,66

U pogledu boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine primjeri navedeni iz Wiedemannovih, Gehrhardtovih i naših tablica su približno jednaki. Pri ovom treba imati u vidu da su sastojine odnosno stabla crnog bora niža od sastojina odnosno stabala bijelog bora kod jednakog boniteta staništa procijenjenog po visinama stabala jedne i druge vrste. U sastojinama crnog bora nisu vršene prorede; ove su sastojine u prosjeku mnogo starije od navedenih sastojina bijelog bora. Zbog toga navedena upoređenja mogu da imaju samo orijentacionu vrijednost. Navedeni primjeri upućuju na zaključak da se tekući prirast zapremine sastojina crnog bora u Bosni nalazi u granicama variranja tekućeg prirasta zapremine sastojina bijelog bora prema navedenim prinostnim tablicama.

#### IV) PROCENT PRIRASTA ZAPREMINE SASTOJINE

Za svaku oglednu površinu procent prirasta zapremine sastojine izračunat je pomoću Presslerove približne formule. Način utvrđivanja elemenata potrebnih za izračunavanje procenta prirasta po navedenoj formuli izložili smo ranije (vidi poglavlje C, tabela 4). Procent prirasta zapremine krupnog drveta sastojine za sve ogledne površine sadržan je u tabeli II. On varira od 0,17 do 3,77 procenta, a u prosjeku je 1,18.

##### 1) Zavisnost procenta prirasta od veličine drugih taksacionih elemenata

Procent prirasta zapremine sastojine analiziran je u zavisnosti od istih onih taksacionih elemenata koji su kao nezavisne varijable uzeti u obzir pri analizi prirasta zapremine sastojine. U ovu svrhu ovdje je odabrana sljedeća jednačina višestruke regresije:

$$Y = a + b x_1 + c x_2 + d x_3 + e x_3^2$$

Prednja jednačina prilagođena osnovnim podacima oglednih površina glasi:

$$Y_s = 5,07360 - 0,164301 x_1 - 0,300037 x_2 - 0,131543 x_3 + 0,00101353 x_3^2 \dots 111$$

Po ovoj jednačini izračunat je procent prirasta zapremine sastojine za svaku oglednu površinu. Iz upoređenja ovog procenta prirasta sa odgovarajućim izvornim podacima proizilaze sljedeći rezultati:

$$S_z = S(Y - Y_s) = 0,$$

$$S_z^2 = S(Y - Y_s)^2 = 21,0370,$$

$$\sigma_z^2 = S_z^2 : n = 0,3757,$$

$$\sigma_y^2 = 0,6833,$$

$$R = 0,638.$$

#### a) Uticaj boniteta staništa

Za prosječne prilike u pogledu stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine, iz jednačine 111 dobiva se sljedeća jednačina pravca koja izražava uticaj boniteta staništa na procent prirasta zapremine sastojine:

$$Y_s = 1,55699 - 0,164301 x_1 \dots 112$$

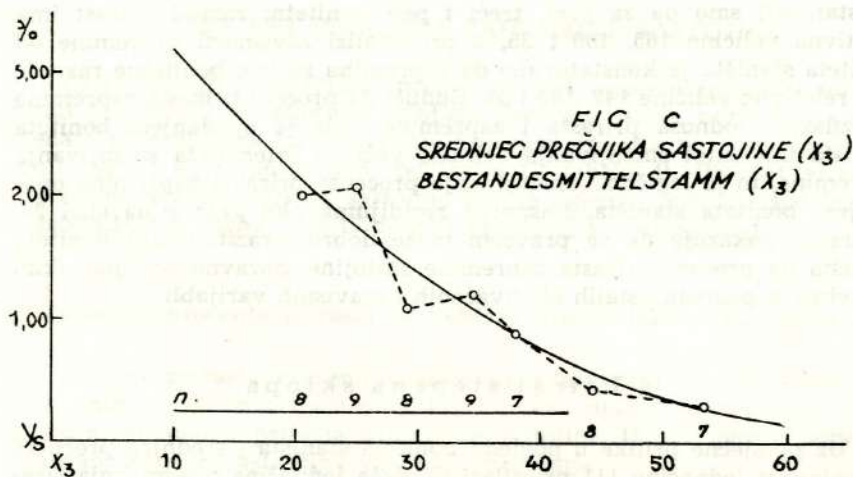
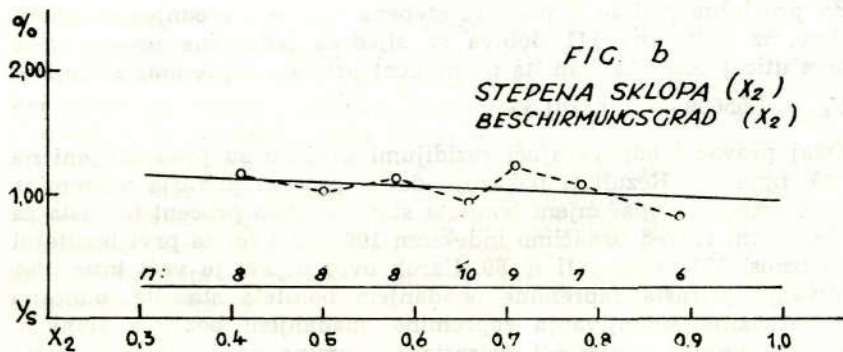
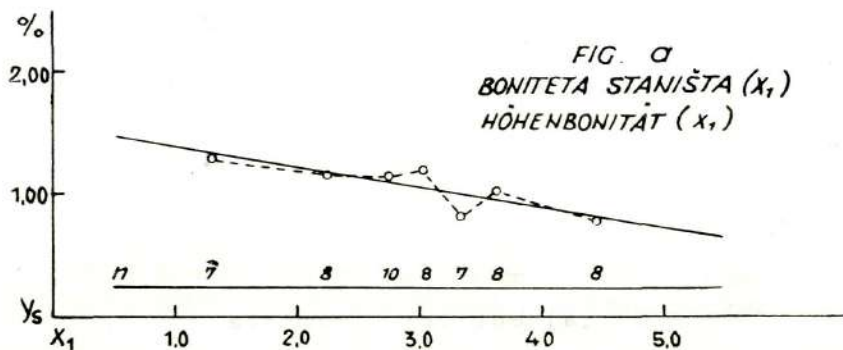
Ovaj pravac i odgovarajući rezidijumi grafički su predstavljeni na slici 23, figura a. Rezultati pokazuju da se procent prirasta zapremine sastojine smanjuje opadanjem boniteta staništa. Ako procent prirasta za treći bonitetni razred označimo indeksom 100, onda on za prvi bonitetni razred iznosi 131, a za peti je 69. Uzrok ovoj pojavi je veći intenzitet smanjivanja prirasta zapremine opadanjem boniteta staništa, odnosno manji intenzitet smanjivanja zapremine opadanjem boniteta staništa. Naime, pri analizi zavisnosti prirasta zapremine od boniteta staništa konstatovali smo da za prvi, treći i peti bonitetni razred prirast ima relativne veličine 165, 100 i 35, a pri analizi zavisnosti zapremine od boniteta staništa je konstatovano da zapremina za iste bonitetne razrede ima relativne veličine 142, 100 i 58. Budući da procent prirasta zapremine proizilazi iz odnosa prirasta i zapremine i da je opadanjem boniteta staništa intenzitet smanjivanja prirasta veći od intenziteta smanjivanja zapremine, to je logično i smanjivanje procenta prirasta zapremine opadanjem boniteta staništa. Raspored rezidijuma oko pravca na slici 23, figura a, pokazuje da se pravcem može dobro izraziti uticaj boniteta staništa na procent prirasta zapremine sastojine, naravno pod jednakim uslovima u pogledu ostalih obuhvaćenih nezavisnih varijabli.

#### b) Uticaj stepena sklopa

Uz prosječne prilike u pogledu boniteta staništa i srednjeg prečnika sastojine, iz jednačine 111 proizilazi sljedeća jednačina pravca koja izražava zavisnost procenta prirasta zapremine sastojine od stepena sklopa:

$$Y_s = 1,25923 - 0,300037 x_2 \dots 113$$

ZAVISNOST PROCENTA PRIRASTA ZAPREMINE SASTOJINE ( $y_0$ ) OD:  
 ABHÄNGIGKEIT DES BESTANDESMASSENZUWACHSPROZENTES ( $y_0$ ) VON



SLIKA 23 - ABB 23

Pravac prednje jednačine sa odgovarajućim rezidijumima prikazan je na slici 23, figura b. Ovi rezultati pokazuju da se procent prirasta zapremine sastojine smanjuje povećavanjem stepena sklopa. Označimo li procent prirasta pri stepenu sklopa 0,7 indeksom 100, onda on pri sklopu 0,4 iznosi 109, a pri potpunom sklopu je 91. Kako vidimo, uticaj stepena sklopa na procent prirasta zapremine sastojine je vrlo malen. I ovo je posljedica određenog odnosa između intenziteta povećavanja prirasta zapremine i same zapremine sastojine povećavanjem stepena sklopa. Naime, pri stepenima sklopa 0,4, 0,7 i 1,0 relativne veličine prirasta zapremine su 75, 100 i 108, a relativne veličine zapremine 66, 100 i 111, što smo konstatovali pri analizi ovih taksacionih elemenata. Budući da je povećavanjem stepena sklopa intenzitet povećavanja prirasta zapremine manji od intenziteta povećavanja zapremine, to je logično smanjivanje procenta prirasta zapremine sastojine povećavanjem stepena sklopa. Kako je uticaj stepena sklopa na prirast zapremine i na zapreminu dosta malen, to je malen njegov uticaj i na procent prirasta zapremine. Raspored rezidijuma oko pravca na slici 23, figura b, pokazuje da se pravcem može dobro izraziti uticaj stepena sklopa na procent prirasta zapremine sastojine.

### c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine

Iz jednačine 111, za prosječne vrijednosti boniteta staništa i stepena sklopa, dobivena je jednačina parabole drugog reda koja izražava uticaj srednjeg prečnika sastojine na procent prirasta zapremine sastojine. Ona glasi:

$$Y_s = 4,39317 - 0,131543 x_3 + 0,00101353 x_3^2 \dots \dots \dots 114$$

Parabola ove jednačine prikazana je na slici 23, figura c. Oko nje su naneseni rezidijumi. Rezultati pokazuju da se procent prirasta zapremine sastojine naglo smanjuje povećavanjem srednjeg prečnika sastojine. Ako procent prirasta za sastojinu srednjeg prečnika 35 cm označimo indeksom 100, onda on za sastojinu srednjeg prečnika 20 cm iznosi 210, a za sastojinu srednjeg prečnika 50 cm je 34. Budući da prirast zapremine opada povećavanjem srednjeg prečnika sastojine, a zapremina naglo raste, to je logično naglo smanjivanje procenta prirasta zapremine povećavanjem srednjeg prečnika sastojine. Raspored rezidijuma oko parabole na slici 23, figura c, pokazuje da se parabolom drugog reda dobro može izraziti uticaj srednjeg prečnika sastojine na procent prirasta zapremine sastojine.

### 2) Veličina procenta prirasta zapremine sastojine

Na bazi rezultata analize zavisnosti procenta prirasta zapremine sastojine od boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg prečnika sastojine sastavljene su tablice procenta prirasta zapremine krupnog drveta sastojine. One su sastavljene i upotrebljavaju se na isti način kao i tablice broja stabala sastojine. Ovdje, u tabelama 24 i 25, dajemo samo rezultate.

Tabela 24

Stepen sklopa ( $x_s$ )	Bonitetni razred staništa ( $x_1$ )				
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
	Kombinovani faktori boniteta staništa i stepena sklopa za procent prirasta zapremine sastojine				
0,4	1,3912	1,2271	1,0630	0,8989	0,7347
0,5	1,3546	1,1948	1,0350	0,8752	0,7154
0,6	1,3179	1,1625	1,0070	0,8515	0,6960
0,7	1,2813	1,1302	0,9790	0,8279	0,6766
0,8	1,2446	1,0978	0,9510	0,8042	0,6573
0,9	1,2080	1,0655	0,9230	0,7805	0,6379
1,0	1,1713	1,0332	0,8950	0,7568	0,6186

Tabela 25

Srednji prečnik sastojine ( $x_s$ ) u cm	Procent prirasta zapremine sastojine ( $Y_t$ )	Srednji prečnik sastojine ( $x_s$ ) u cm	Procent prirasta zapremine sastojine ( $Y_t$ )	Srednji prečnik sastojine ( $x_s$ ) u cm	Procent prirasta zapremine sastojine ( $Y_t$ )	Srednji prečnik sastojine ( $x_s$ ) u cm	Procent prirasta zapremine sastojine ( $Y_t$ )
16	2,6299	26	1,7116	36	1,0025	46	0,5025
17	2,5287	27	1,6313	37	0,9430	47	0,4640
18	2,4296	28	1,5530	38	0,8857	48	0,4276
19	2,3325	29	1,4769	39	0,8305	49	0,3933
20	2,2375	30	1,4029	40	0,7773	50	0,3611
21	2,1446	31	1,3308	41	0,7263	51	0,3310
22	2,0539	32	1,2609	42	0,6773	52	0,3030
23	1,9651	33	1,1932	43	0,6305	53	0,2770
24	1,8785	34	1,1275	44	0,5858	54	0,2532
25	1,7940	35	1,0639	45	0,5430	55	0,2314

Izračunavanjem procenta prirasta zapremine za ogledne površine i upoređenjem toga prirasta sa izvornim podacima došlo se do sljedećih rezultata na bazi podataka u tabelama 24 i 25:

$$S_z = S(Y - Y_t) = 0,$$

$$S_z^2 = S(Y - Y_t)^2 = 19,8216,$$

$$\sigma_z^2 = S_z^2 : n = 0,3540,$$

$$F_t^* = 0,664.$$

Pri ovom treba napomenuti da su podaci u tabeli 25 korigovani rezultati jednačine 114, koji se razlikuju od rezultata iste jednačine u prosjeku za 3,22%. Tablice procenta prirasta zapremine sastojine date su posebno, zajedno sa tablicama za ostale taksacione elemente (34).

Za orijentaciju upoređićemo procent prirasta zapremine sastojine crnog bora koji proizilazi iz naših tablica sa procentom prirasta zapremine sastojina drugih vrsta drveća.

Uz stepen sklopa 0,7 i prosječne vrijednosti za bonitetni razred staništa i srednji prečnik sastojine, prema Matićevim ispitivanjima, procent prirasta zapremine čistih jelovih sastojina iznosi 3,36, a čistih smrčevih sastojina 2,01% (32). Uz iste uslove u pogledu nezavisnih varijabli, procent prirasta zapremine čistih sastojina crnog bora, prema našim tablicama, iznosi 1,10%. Isto kao i pri upoređenju veličine prirasta zapremine sastojine, iz ovog upoređenja proizilazi da je, uzevši u prosjeku, i procent prirasta zapremine čistih sastojina crnog bora u Bosni oko tri puta manji od procenta prirasta zapremine čistih jelovih sastojina, a od procenta prirasta zapremine čistih smrčevih sastojina — oko dva puta.

Za jednodobne sastojine bijelog bora sa umjerenom proredom i uz starost od 120 godina procent prirasta zapremine sastojina pojedinih bonitetnih razreda, prema Wiedemannovim prinostnim tablicama, iznosi:

bonitetni razred staništa	1,0	3,0	5,0
srednji prečnik sastojine — u cm	39,9	30,6	19,4
procent prirasta zapremine sastojine	1,20	1,30	1,30

Uz stepen sklopa 1,0 naše tablice daju sljedeći procent prirasta zapremine sastojina pojedinih bonitetnih razreda:

bonitetni razred staništa	1,0	3,0	5,0
srednji prečnik sastojine — u cm	40	30	20
procent prirasta zapremine sastojine	0,91	1,26	1,38

Iz ovog upoređenja bi se moglo zaključiti da je procent prirasta zapremine sastojina crnog bora na boljim i srednjim bonitetima staništa nešto manji od procenta prirasta zapremine sastojina bijelog bora. Na lošijim bonitetima staništa procent prirasta zapremine nešto je veći za sastojine crnog nego za sastojine bijelog bora. Zbog razloga koje smo već ranije naveli, i ova upoređenja mogu da imaju samo orijentacionu vrijednost.

## UMJESTO ZAKLJUČAKA

Proučavajući konkretni materijal, u prvom dijelu ovog rada izvršili smo analizu zavisnosti važnijih taksacionih elemenata od onih faktora od kojih najvećim dijelom zavise njihove promjene. Za utvrđene pojave dali smo potrebna objašnjenja pri analizi svakog taksacionog elementa.

Na bazi rezultata izvršenih analiza sastavili smo tablice taksacionih elemenata za šume crnog bora na području Bosne. Ove tablice, kako je navedeno, dali smo posebno (34). To su sljedeće tablice:

Zapreminske tablice. Daju oblikovisine i zapremine stabala (za krupno drvo i cijelo stablo) po bonitetnim razredima. Sastavljene su na bazi naših prosječnih visina stabala (tabela 1) i Böhmerleovih zapreminskih tablica za crni bor (3).

Tablice broja stabala sastojine. Sastavljene su na osnovu rezultata regresione analize koji su prikazani u tabelama 2 i 3.

Tablice zapremine sastojine. Sastavljene su na bazi rezultata regresione analize koji su izloženi u tabelama 5 i 6.

Tablice površine projekcije kruna stabala. Sastavljene su na osnovu rezultata regresione analize koji su dati u tabelama 7, 8 i 9.

Tablice intenziteta prekrivenosti kruna stabala. Sastavljene su na bazi rezultata regresione analize koji su prikazani u tabelama 11, 12 i 13.

Tablice debljinskog prirasta stabala. Sastavljene su na bazi rezultata regresione analize koji su dati u tabelama 14, 15 i 16.

Tablice zapreminskog prirasta stabala po jedinici površine projekcije kruna. Sastavljene su na osnovu rezultata regresione analize koji su sadržani u tabelama 18, 19 i 20.

Tablice zapreminskog prirasta sastojine. Sastavljene su na bazi rezultata regresione analize koji su dati u tabelama 22 i 23.

Tablice procenta zapreminskog prirasta sastojine. Sastavljene su na osnovu rezultata regresione analize koji su prikazani u tabelama 24 i 25.

Tablice su sastavljene i upotrebljavaju se kako je to izloženo u ovom radu. Utvrđenim korelacionim koeficijentima data je i procjena stepena zavisnosti proučavanih taksacionih elemenata od obuhvaćenih faktora.

Budući da se uzorak, u ovom slučaju naše ogledne površine, razlikuje od skupa, da se analizama ne mogu obuhvatiti svi faktori od kojih zavisi variranje taksacionih elemenata i da se same analize ne mogu uvijek besprijekorno da provedu, to se taksacioni elementi mogu pomoću tablica samo približno da utvrde. Najnerealniji podaci dobivaće se za pojedine konkretne sastojine. Kod viših uređajnih jedinica, razlike između tabličnih i realnih vrijednosti taksacionih elemenata biće znatno manje. Ukoliko je površina uređajne jedinice veća, utoliko će ove razlike biti sve manje. Ovo proizilazi iz suštine primijenjenog metoda analize zavisnosti proučavanih taksacionih elemenata od obuhvaćenih faktora.

## Drugi dio

### NORMALNO STANJE

Pri utvrđivanju normalnog stanja kao uređajno taksacione osnove za kontinuelno gazdovanje šumama prvo treba rješavati osnovna pitanja kontinuiteta produkcije, a zatim određivati sastav šume pri kojem će biti ispunjeni uslovi kontinuiteta prihoda.

Nas ovdje interesuju šume (čiste sastojine) crnog bora koje se nalaze u pretežno lošim opštim prilikama staništa. Radi se, dakle, o određenoj vrsti drveća u konkretnim stanišnim uslovima.

U vezi sa izloženim najprije ćemo da ocrtamo oblik gazdovanja kojim bi se, po našem mišljenju, mogli postići zadovoljavajući uspjesi u gazdovanju šumama crnog bora u Bosni. Pri tome ćemo poći od razmatranja odnosa crnog bora prema svjetlosti, jer od ovoga najvećim dijelom zavisi oblik gazdovanja.

#### 1) OBLIK GAZDOVANJA

##### 1) Odnos crnog bora prema svjetlosti

Različitim vrstama drveća za njihov normalan razvoj potrebne su različite količine svjetlosti. U tom pogledu vrste šumskog drveća mogu se svrstati u tri osnovne grupe: vrste drveća sjenke, polusjenke i vrste drveća svjetlosti. Tschermak svrstava crni bor u vrste drveća polusjenke (60).

Po Denglerovoj skali odnosa različitih vrsta drveća prema svjetlosti, koja počinje sa vrstama za čiji je normalni razvoj potrebno najviše svjetlosti, a završava se onim koje najbolje podnose zasjenu, crni bor takođe spada u grupu vrsta drveća polusjenke. On se u ovom pogledu nalazi iza ariša, breze, običnog graba, jasike, hrasta lužnjaka, hrasta kitnjaka i jasena, a iza njega su lipa, javor, smrča, grab, bukva, jela i tisa (15).

Wiesner brojčano izražava svjetlosnu potrebu biljke kao cjeline. Za mnoge vrste drveća on je odredio odnos jačine svjetlosti koja osvjetljava biljku prema cjelokupnoj dnevnoj svjetlosti na otvorenom mjestu. Taj odnos naziva svjetlosnim užitkom (Lichtgenuss) biljke. Maksimum svjetlosnog užitka ima vrijednost 1, a minimum se odnosi na ona osvjetljenja koja su mjerena u najviše zasjenjenom dijelu krune (gdje već nastaje njeno odumiranje) i uvijek je manji od 1. Ukoliko je minimum svjet-



losnog užitka određene vrste drveća manji utoliko ona može da podnese veću zasjenu, i obratno. Minimum svjetlosnog užitka za pojedine vrste drveća, prema Wiesneru, iznosi: za bukvu u zatvorenoj sastojini 1 : 60, za jelu na osami 1 : 35, za smrču na osami 1 : 32, za hrast lužnjak u sastojini 1 : 26, za crni bor u maloj rijetkoj sastojini 1 : 11, za obični bor 1 : 10 do 1 : 9, za ariš na osami 1 : 5 (4, 15). Iz ovog proizilazi da se crni bor može svrstati i u grupu vrsta drveća svjetlosti.

Odnos različitih vrsta drveća prema svjetlosti može da se odredi i po položaju kompenzacione tačke. Kompenzaciona tačka je onaj stepen osvjetljenosti biljke pri kojem je asimilacija jednaka disanju, tj. kada se sav CO<sub>2</sub> izlučen disanjem odmah troši asimilacijom, a sav asimilacijom oslobođeni kiseonik iskorištava se za disanje. Prema položaju kompenzacione tačke, Ivanov i Kosovič su dali skalu za 10 vrsta drveća s obzirom na to kako one podnose zasjenu. Na prvom mjestu u toj skali nalazi se lipa kao vrsta kod koje kompenzaciona tačka leži najniže i koja, prema tome, najbolje podnosi zasjenu. Na posljednjem je mjestu vrba. U skali nema crnog bora. Hrast i obični bor se nalaze na sedmom, odnosno osmom mjestu (15). Budući da se skala Ivanova i Kosoviča dosta dobro slaže sa Wiesnerovom skalom minimuma svjetlosnog užitka, prema kojoj se crni bor nalazi između hrasta i običnog bora, to možemo zaključiti da bi crni bor i u pogledu položaja kompenzacione tačke takođe trebalo da se nalazi između hrasta i običnog bora, tj. on bi se u skali Ivanova i Kosoviča nalazio između sedmog i osmog mjesta. I iz ovog bi se moglo zaključiti da je crni bor vrsta drveća svjetlosti.

Za normalni razvoj biljke potreban je znatno jači intenzitet svjetlosti od onog koji odgovara položaju kompenzacione tačke, odnosno minimumu svjetlosnog užitka. Kako minimum svjetlosnog užitka nije uvijek vezan za isti intenzitet osvjetljenosti, već zavisi i od ostalih mnogobrojnih faktora staništa i starosti biljke, to i potreba svjetlosti za normalan razvoj biljke zavisi od istih tih faktora.

Ukoliko je biljka mlada, utoliko, pod jednakim ostalim uslovima, njena kompenzaciona tačka leži niže, tj. minimum svjetlosnog užitka je manji. Porastom biljke, zbog pojačanog disanja i sve većeg zasjenjivanja unutrašnjeg dijela krune, kompenzaciona tačka se penje. Time se i objašnjava da skoro sve vrste drveća u najranijoj mladosti mogu uspješno da se razvijaju uz manji stepen osvjetljenosti, dok se docnije, već prema vrsti, javlja sve veća potreba za svjetlošću (16).

Pri jednakom intenzitetu osvjetljenosti, minimum svjetlosnog užitka je manji ukoliko su ostali faktori staništa povoljniji. To znači da ista vrsta drveća u povoljnijim stanišnim uslovima može uspješno da se razvija uz manji stepen osvjetljenosti, i obratno. Stoga se vrste drveća s obzirom na njihov odnos prema svjetlosti mogu dijeliti samo uslovno. Ovo proizilazi i iz Miletićevog objašnjenja pojave binomske raspodjele stabala po debljinskim stepenima u bukovim i smrčevim sastojinama karaktera prašume. Naime, pojavu binomske debljinske strukture broja stabala u ovim sastojinama Miletić objašnjava povećanom potrebom bukve i smrče za svjetlošću u nepovoljnim opštim prilikama staništa visokog krša kada se ove vrste mogu tretirati i kao vrste drveća svjetlosti (37, 38).

Pri analizi broja stabala sastojine, u prvom dijelu ovog reda, poglavlje B, konstatovali smo da je za najveći dio prirodno nastalih čistih sastojina crnog bora u Bosni karakteristična debljinska struktura, koja je slična strukturi jednodobnih sastojina, odnosno da su ove šume sastavljene od većih ili manjih grupa stabala binomskog oblika debljinske strukture. Takođe smo konstatovali da su ove sastojine odnosno grupe stabala i u pogledu visinske strukture slične jednodobnim sastojinama. Glavni uzrok formiranja ovakve strukture ovih sastojina jeste odnos crnog bora prema svjetlosti u nepovoljnim uslovima staništa. Radi se, naime, o sljedećem:

U odnosu na staništa drugih vrsta šumskog drveća, staništa prirodno nastalih čistih sastojina crnog bora su vrlo loša. To su pretežno strme južne padine, gdje su zemljišta vrlo plitka, suva i siromašna hranljivim mineralnim materijama. Zbog skromnih potreba crnog bora u pogledu plodnosti zemljišta, on može ovdje uspješno da se razvija, što nije slučaj sa drugim vrstama šumskog drveća. Crnom boru ovdje nema konkurencije, pa se formiraju njegove čiste sastojine. Međutim, zbog nepovoljnih edafskih faktora ne postoje uslovi za pojavu obilnijeg podmlatka, s jedne strane, dok, s druge, zbog povećane potrebe za svjetlošću dolazi do jačeg mortaliteta i onog malog broja tanjih stabala, koja su, po pravilu, i najviše zasjenjena. Sve ovo ima za posljedicu formiranje binomske debljinske strukture broja stabala u prirodno nastalim čistim sastojinama crnog bora, odnosno formiranje takve strukture grupa stabala iz kojih su ove sastojine sastavljene. Budući da je binomska struktura opšta osobina svih prirodnih sastojina vrsta drveća svjetlosti, to i crni bor treba tretirati kao vrstu drveća svjetlosti u nepovoljnim prilikama staništa.

Na plodnijim zemljištima, tj. u povoljnijim stanišnim uslovima, crni bor se često javlja u smjesi sa drugim vrstama, uglavnom sa bijelim borom, hrastom kitnjakom i smrčom. Što se tiče samog crnog bora, i ovdje bi se mogle formirati njegove čiste sastojine, jer on »podnosi« i najpovoljnije stanišne prilike. Međutim, upravo zbog plodnijeg zemljišta pridolaze druge vrste drveća koje konkurišu crnom boru, i to utoliko brže i jače ukoliko je zemljište plodnije, odnosno ukoliko su opšte prilike staništa povoljnije. Prema tome, crni bor može uspješno da se razvija u vrlo različitim, kako najnepovoljnijim tako i vrlo povoljnim uslovima staništa. U prvom slučaju on je izrazita vrsta svjetlosti, a u drugom polusjenke. Česti su slučajevi da crni bor na plodnijim zemljištima formira čiste sastojine ako nema konkurencije drugih vrsta drveća. Tada, kako to s pravom navodi Jovanović (19), ekološki faktor broj jedan nije svjetlost, već zemljište.

## 2) Sastojinski oblik gazdovanja

Pod sastojinskim oblikom gazdovanja podrazumijevamo takav oblik za koji je najniža jedinica gazdovanja sastojina. Pri ovom obliku gazdovanja primjenjuju se razni načini čistih i oplodnih sječa. Pri izboru načina sječe uopšte, pa, prema tome, i određenog načina čiste ili oplodne sječe, prvenstveno se vodi računa o mogućnostima obnavljanja sastojina, a zatim o potrebama korišćenja. Drugim riječima, izbor načina sječe

zavisi od stanišnih i sastojinskih prilika i od ekonomskih prilika u vezi sa intenzivnošću gazdovanja.

I pored određenih prednosti, naročito u pogledu jednostavnosti planiranja produkcije i prihoda, smatramo da sastojinski oblik gazdovanja uz primjenu čistih sječa na velikim površinama ne dolazi u obzir kada su u pitanju šume (čiste sastojine) crnog bora u Bosni. Taj oblik gazdovanja ne može doći u obzir zbog toga što u lošim stanišnim prilikama, kakve ovdje preovladavaju, ne postoje gotovo nikakvi uslovi za uspješno prirodno obnavljanje sastojina, a da i ne govorimo o štetama koje mogu da nastanu usljed ogoljavanja zemljišta (vododerine, bujična područja i sl.). Ni vještačkim obnavljanjem sastojina ne bi se u ovakvim prilikama obezbijedio uspjeh na velikim površinama.

Sastojinski oblik gazdovanja sa čistim sječama na malim površinama (pruge, krugovi i drugi oblici čistih sječa na malim površinama) može doći u obzir u prvom redu na boljim staništima, ali i ovdje treba računati sa vještačkim obnavljanjem sastojina. Treba istaći i to da, s obzirom na današnje njihovo stanje, ove sastojine uopšte nisu pripremljene za ovakav oblik gazdovanja, odnosno način sječe.

Na prvi pogled izgleda nelogično da se u gazdovanju šumama crnog bora, i pored toga što je on u ovom slučaju vrsta svjetlosti, ne mogu postići zadovoljavajući uspjesi sastojinskim oblikom gazdovanja uz primjenu čistih sječa. Što se tiče odnosa crnog bora prema svjetlosti, on u tom pogledu odgovara. Međutim, kako smo naprijed istakli, zbog stanja zemljišta ne postoje potrebni uslovi za pojavu obilnijeg podmlatka, a naročito ne postoje na velikim površinama, bilo da se radi o prirodnom ili vještačkom obnavljanju sastojina. To, a zatim nepripremljenost sastojina, dakle nepovoljne stanišne i sastojinske prilike, glavni su razlozi našeg negativnog stava prema sastojinskom obliku gazdovanja šumama crnog bora uz primjenu čistih sječa. Više izgleda za uspjeh, pod određenim uslovima, ima sastojinski oblik gazdovanja ovim šumama uz primjenu oplodnih sječa.

Pri zavođenju oplodnih sječa osnovna su pitanja koja treba rješavati: kada započeti i u koliko zahvata (sjekova) izvršiti obnavljanje i korišćenje sastojine, a zatim, u kojem roku izvršiti taj cijeli proces, tj. riješiti pitanje trajanja podmladnog razdoblja (opšteg i posebnog), jer od toga zavisi čitav sistem izvođenja gazdovanja. Poznato je kako se rješavaju ova pitanja i od čega zavisi uspješno njihovo rješenje. Kada su u pitanju šume crnog bora, onda nas ovdje interesuju sljedeća pitanja:

Trajanje podmladnog razdoblja treba da je što kraće, jer crni bor kao vrsta svjetlosti teško podnosi zasjenu, naročito u nepovoljnim prilikama staništa. Posebno podmladno razdoblje (broj godina između prvog i posljednjeg zahvata na istoj sječini) može da traje oko 4 do 8 godina. To znači da bi staru sastojinu na jednoj sječini u tom roku trebalo u potpunosti iskoristiti, odnosno mladu podići. Ako se sječe izvode na većim površinama, onda, zbog razloga koji su naprijed navedeni, prirodno obnavljanje ne obezbjeđuje uspjeh. Mora se računati sa vještačkim pošumljavanjem, koje je skupo i opet ne obezbjeđuje uspjeh na velikim površinama. Ako ovome dodamo pomenutu nepripremljenost sastojina, proizilazi da se sastojinski oblik gazdovanja ni sa oplodnim sječama na velikim površinama ne bi mogao preporučiti za gazdovanje šumama crnog

bora. Ni u pogledu primjene ovog oblika gazdovanja sa oplodnim sječama na malim površinama (pruge, krugovi, te razni kombinovani oblici) mogućnosti nisu mnogo bolje.

Dosad izloženo o sastojinskom obliku gazdovanja bazirali smo samo na razmatranju uslova obnavljanja sastojina, tj. samo na razmatranju uslova kontinuiteta produkcije. Međutim, kako je poznato, uslovi kontinuiteta gazdovanja uopšte, pa, prema tome, i pitanje zavođenja određenog oblika gazdovanja kada se radi o šumama kojima se do sada tako reći i nije gazdovalo ne mogu se razmatrati samo sa stanovišta kontinuiteta produkcije. Nužno je razmotriti i uslove kontinuiteta prihoda — korišćenja. Ovi su u postojećim prilikama šuma crnog bora, kako ćemo odmah vidjeti, vrlo nepovoljni.

Najveći dio postojećih prirodno nastalih čistih sastojina crnog bora u Bosni vrlo je velike starosti. Srednji sastojinski prečnici su vrlo visoki. Preovladavaju, dakle, stabla jačih debljinskih klasa, odnosno sastojine starijih klasa starosti. Tekući, a ako uzmemo u obzir veliku starost sastojina, onda i prosječni, prirast zapremine u ovim sastojinama već odavno opada. U poglavlju E/III konstatovali smo da je, na primjer, prirast zapremine sastojina crnog bora manji od prirasta zapremine jelovih odnosno smrčevih sastojina u prosjeku za oko tri, odnosno dva puta. Kvalitet toga prirasta, kao i postojeće zalihe, progresivno se smanjuje. Radi se, dakle, o sastojinama koje su još davno trebalo da budu korišćene i obnavljane. Iz ovog slijedi, na prvi pogled logičan zaključak, da te sastojine treba, kad to već ranije nije učinjeno, sada što prije iskoristiti, naravno s tim da se one istovremeno i obnove. Međutim, ako bi se tako postupilo, onda bi, zbog prevelikog relativnog udjela površina ovakvih sastojina u ukupnoj površini svih postojećih šuma crnog bora, vrlo brzo nastupio vakuum u korišćenju, tj. došao bi u pitanje kontinuitet prihoda. On bi se tim prije i intenzivnije ispoljio ukoliko bi u početku obim korišćenja starih sastojina bio veći. Iz ovog, sada, proizilazi da korišćenje treba tako rasporediti da se navedeni vakuum ispolji u najmanjoj mogućoj mjeri i da smanjivanje prirasta kao i opadanje kvaliteta toga prirasta i zalihe starih sastojina bude što manje. Koliko će se u ovome uspjjeti, zavisi, pored ostalog, i od oblika gazdovanja.

Pri sastojinskom obliku gazdovanja, u odnosu na preborni, etat se realizuje na znatno manjoj površini. Ako se radi o čistim sječama, onda je ta površina najmanja. Pri oplodnim sječama ona je nešto veća, zavisno od trajanja podmladnog razdoblja i broja zahvata. Budući da podmladno razdoblje vrsta svjetlosti, kakav je ovdje crni bor, treba da bude što kraće i da se broj zahvata pod određenim uslovima može da svede na samo dva, to ni u ovom slučaju površina na kojoj se realizuje etat nije velika. Ako su sječe koncentrisane na najmanju površinu (čiste sječe) ili ako se samo određene sastojine moraju u cijelosti iskoristiti za vrlo kratko vrijeme (oplodne sječe), onda nema mogućnosti za odabiranje onih stabala u sastojinama na većim površinama koja je nužno što prije ukloniti, bilo radi sprečavanja daljeg opadanja njihovog prirasta i kvaliteta, bilo radi oslobodanja boljih stabala. A to je upravo nužno, s obzirom na izloženo stanje sastojina. Zbog ovog, a zatim zbog teškoća pri obnavljanju sastojina, u sadašnjim uslovima ne može se preporučiti sastojinski oblik gazdovanja šumama crnog bora u Bosni, osim u slučajevima kada za to postoje potrebni uslovi.

### 3) Preborni oblik gazdovanja

Pod prebornim podrazumijevamo takav oblik gazdovanja pri kojem je najniža jedinica gazdovanja svako pojedino stablo. Zato se ovaj oblik često naziva i stablimičnim gazdovanjem.

#### a) Tipični preborni oblik gazdovanja

Ako su u sastojini na svakoj (i najmanjoj mogućoj) površini međusobno pojedinačno izmiješana stabla od najmanjih do najvećih dimenzija, onda govorimo o tipičnom (klasičnom) prebornom sastavu sastojine. Ovakav sastav sastojine je posljedica isključivo prebornog načina sječe.

U sastojini tipičnog prebornog sastava mogu se razlikovati tri osnovne faze rasteња stabla: prva, kada je stablo u vrlo jakoj mjeri zasjenjeno i odozgo i sa strane; druga, kada je ono djelimično zasjenjeno, uglavnom sa strane, i treća, u kojoj je stablo slobodno. Po pravilu, u prvoj se fazi nalaze tanka, u drugoj srednje debela, a u trećoj debela stabla. Prema ocjenama većine autora, pri tipičnom prebornom sastavu sastojine ove su faze vrlo dobro obuhvaćene Balsigerovom dispozicijom debljinskih klasa: do 21, 22—35, 36 i više santimetara (33).

U prvoj fazi svoga života stabla vrlo sporo rastu usljed nedovoljne količine svjetlosti. Ona se tada nalaze u stadiju vegetiranja, što se odražava u većem ili manjem broju vrlo uskih godova oko srži debela. Dug period vrlo velike zasjene u prvoj fazi rasteња stabala mogu da podnesu samo vrste sjenke, i to utoliko lakše ukoliko je stanište povoljnije. Leibundgut (22) navodi da na stalnim oglednim površinama prebornih šuma Bernskog Ementala prva faza rasteња jelovih stabala u prosjeku traje oko 40—60 godina, a bilo je slučajeva da su pojedina stabalca od 8 cm debljine stara i po 200 godina. Za smrću je ovaj prosjek mnogo manji. Iz ovih Leibundgutovih istraživanja proizilazi da jedino jela može da izdrži dug period zasjene u prvoj fazi svoga života i da poslije oslobađanja normalno raste, ali samo na boljim staništima. Ako su u pitanju loša staništa, onda i ona gubi sposobnost za normalan dalji razvoj. Za smrću i bukvu ova je pojava konstatovana na svim staništima.

Tipični preborni sastav vrlo je rijetka pojava u prirodnim nenjegovanim sastojinama (prašumama). On se postiže u privrednim šumama upornim i vrlo intenzivnim klasičnim prebornim oblikom gazdovanja, i to samo u sastojinama vrsta drveća sjenke. Jedanput postignut takav sastav ne znači da će se on i u budućnosti lako održati.

Iz izloženog proizilazi da je tipični preborni oblik gazdovanja moguće samo onda ako se radi o jeli na boljim staništima. U ostalim slučajevima, kao što su slučajevi kada je jela na lošijim, a smrća i bukva na svim staništima, ne mogu se ovim oblikom gazdovanja postići zadovoljavajući rezultati. Prema tome, tipični preborni oblik gazdovanja ne dolazi u obzir ni onda kada se radi o šumama crnog bora.

## b) Grupimični preborni oblik gazdovanja

Vrlo je česta pojava da se u prebornoj šumi mogu razlikovati grupe stabala približno jednakih dimenzija. S obzirom na površinu koju zauzimaju, ove grupe mogu da budu vrlo različite. U jednoj su grupi tanka, u drugoj debela stabla itd. Grupe su međusobno izmiješane, po pravilu, bez prostornog reda. Za razliku od tipičnog (klasičnog), ovdje govorimo o grupimičnom prebornom sastavu sastojine. Grupimični preborni sastav je vrlo česta pojava u prirodnim nenjegovanim sastojinama (prašumama). U privrednim šumama on se lako postiže grupimičnim prebornim oblikom gazdovanja, koji ima karakter švajcarskog »femelschlag«. Ovaj je oblik gazdovanja naročito pogodan za vrste svjetlosti.

Ammon ističe da »preborne sastojine bez izrazitih vrsta sjenke pružaju uvijek sliku grupimičnog miješanja debljinskih klasa« (1).

Razmatrajući mogućnost primjene prebornog gazdovanja na vrste svjetlosti, Schaeffer je došao do zaključka da se ove vrste drveća mogu uzgajati u prebornom obliku samo u grupimičnoj smjesi. Preborna šuma sa grupimičnom smjesom slična je onoj visokoj pravilnoj šumi u kojoj se prirodno podmlađivanje vrši na krpe ili okruge, samo što su u prebornoj šumi sa grupimičnom smjesom te grupe manje. Takva preborna šuma je nalik na mozaik sastavljen od malenih jednodobnih sastojina: ovdje je grupa mladika, ondje debelih stabala, tamo letvenjaka itd. Prema stanju i starosti pojedine grupe, provodi se u njoj odgovarajuća faza sječe, tako da se u šumi (sastojini) istovremeno vrše sve faze sječa počevši od čišćenja pa do naprodnog sijeka (20).

Analizirajući prednosti i nedostatke sastojinskog i prebornog oblika gazdovanja, Klepac (20) dolazi do zaključka da »za izrazite vrste drveća sjene, a naročito za mješovite sastojine jele i bukve, stablimično gazdovanje ima s biološkog i sa ekonomskog gledišta teoretski veće prednosti nego sastojinsko gazdovanje. Za vrste drveća svjetla stablimično gazdovanje sa grupimičnom smjesom predstavlja teoretski također prednost pred sastojinskim gazdovanjem na onim staništima, gdje je prirodno podmlađivanje teško i oskudno«.

Prema Miletiću (45), »zbog naročite strukture preborne sastojine u njoj su posebne prilike osvjetljenja koje trajno mogu podnositi samo vrste zasjene, koja je često naročito snažna u prvom stadijumu razvitka. Zbog toga su za preborno gazdovanje podesne u prvom redu jela i smrča u čistim ili mješovitim sastojinama. I bukva se može održati u čistim prebornim sastojinama, ali većinom dolazi u smjesi sa navedenim glavnim vrstama drveća. Vrste drveća koje zahtijevaju više svjetlosti (javor i planinski jasen) treba podržavati u većim ili manjim grupama koje valja brzo oslobađati, srazmjerno potrebama svjetlosti«.

Matić navodi da se grupimičnim prebornim oblikom kod nas gazduje kako sa vrstama sjenke, naročito na lošijim staništima, tako i sa vrstama svjetlosti, kao što su bijeli bor i hrast. Ističe da kod vrsta svjetlosti spomenute grupe stabala treba da budu veće nego kod vrsta sjenke (33).

Leibundgut preporučuje grupimični preborni oblik gazdovanja za ona područja u Bosni gdje su šume slabije otvorene i gdje se ne vrši njihova intenzivna njega. Smatra da za primjenu grupimične preborne sječe (Femelschlag) treba odabrati prije svega one sastojine i područja u kojima prevladavaju vrste svjetlosti (25).

Grupimični preborni oblik gazdovanja, koji ima karakter švajcarskog »femelslaga«, može se, po našem mišljenju, uspješno primijeniti i u gazdovanju šumama crnog bora u Bosni. Ovakav zaključak proizilazi kako iz dosad izloženog o ovom obliku gazdovanja, tako i iz činjenice da su sastojine crnog bora, odnosno grupe stabala iz kojih su one sastavljene, slične jednodobnim sastojinama u pogledu debljinske i visinske strukture, da se one nalaze na staništima koja su vrlo loša, naročito u pogledu zemljišta, zbog čega crni bor ovdje treba tretirati kao vrstu svjetlosti, i da se zbog svega toga ove sastojine vrlo teško prirodno podmlađuju.

Za razliku od sastojinskog, pri grupimičnom prebornom obliku gazdovanja znatno su veće mogućnosti da se na većim površinama, u okviru planiranog obima sječa, prvenstveno zahvataju ona stabla koja su već davno trebalo da budu posječena, bilo zbog naglog opadanja njihovog prirasta i kvaliteta, bilo zbog toga što ometaju rastenje boljih stabala. Broj ovakvih stabala u ovim šumama, kako smo to ranije naveli, vrlo je velik. Prema tome, i ova okolnost ide u prilog našem mišljenju u pogledu zavođenja grupimičnog prebornog oblika gazdovanja šumama crnog bora u Bosni.

Šume u kojima se primjenjuje grupimični preborni oblik gazdovanja karaktera švajcarskog »femelslaga« tretiraju se sa uređajnog stanovišta kao preborne. Kod njih se u uređajnim elaboratima prikazuju taksacioni (strukturni) elementi za sastojinu kao cjelinu. Isto se tako planira i korišćenje. Zadatak je izvršioca plana da odredi vrijeme i mjesto kada će i gdje u sastojini, i sa kakvim uzgojnim postupkom, započeti ili produžiti obnavljanje, njegu i korišćenje svake konkretne sastojine (33).

Iako se tipični i grupimični preborni oblici gazdovanja mogu sa uređajnog stanovišta tretirati kao jedan — preborni oblik gazdovanja, mi smo, kako se to iz izloženog vidi, pokušali da što jasnije odvojimo ova dva oblika. Ovo smo učinili zbog toga jer se oni u pogledu tehnike gajenja šuma međusobno bitno razlikuju.

Pri prvom, tipičnom prebornom obliku gazdovanja, za istovremeno obnavljanje, njegu i korišćenje sastojina primjenjuje se isključivo klasični preborni način sječe. To ima za posljedicu formiranje navedenog tipičnog prebornog sastava sastojina.

Pri drugom, grupimičnom prebornom obliku gazdovanja, u tehnici gajenja šuma mogu i treba da se primjenjuju vrlo različiti načini sječa, od čistih i oplodnih sječa i raznih njihovih kombinacija i oblika na malim površinama, pa do preborne sječe na malim površinama, u istoj sastojini. Na ovaj se način postiže grupimični preborni sastav, koji u pojedinim sastojinama može da bude vrlo različit. Ovo bi, uglavnom, odgovaralo Ammonovom shvatanju grupimičnog gazdovanja. Naime, prema Ammonu (1), »specijalni grupimični oblik sastojine (Femelschlag—Bestandesform) ne postoji, jer se pri grupimičnom gazdovanju (Femelschlagbetrieb) javljaju različiti oblici, od izrazite jednoličnosti preko umjerene ili jače grupimične nejednoličnosti dvoetažnih oblika, do prelazne preborne postepenosti (posljednje se odnosi na zonu podmlađivanja)«.

Pri razmatranju grupimičnog prebornog oblika gazdovanja rekli smo da ovaj oblik ima karakter švajcarskog »femelslaga«. Iako u pogledu tehnike gajenja imaju mnogo zajedničkog, ipak se grupimično preborno gazdovanje, onako kako smo ga mi izložili, u izvjesnoj mjeri razlikuje

od švajcarskog »femelslaga«. Naime, prema Leibundgutu (23), »pod švajcarskim grupimičnim gazdovanjem (Femelschlagbetrieb) podrazumijevaju se različiti (eingegliederte) postupci podmlađivanja selektivnim i oplemenjivajućim gazdovanjem, pri kojim se, vodeći računa o izvjesnom prostornom redu, pojedini dijelovi sastojine, jedan pored drugog i jedan poslije drugog (podvukao P. D.), podmlađuju slobodno izabranim načinom sječe, najčešće u većim ili manjim grupama, sa postepenim i zato produženim vremenom podmlađivanja«.

## II) NORMALNO STANJE ŠUMA CRNOG BORA SA GRUPIMIČNIM PREBORNIM OBLIKOM GAZDOVANJA

### 1) Općenito o normalnom stanju

Pojam normalnog stanja koji je u prvoj polovini prošlog vijeka izgrađen na uređivanju visoke pravilne šume prenošen je docnije i na visoku prebornu šumu. Međutim, u tome se nije uspjelo zbog razloga koji su poznati. Zato su u toku razvoja šumarske nauke i prakse ulagani relativno veliki naponi da se osvijetli pitanje normalnog stanja i za preborne šume. Tako je nastao čitav niz shvatanja i teorija normalnog stanja preborne šume, te metoda i postupaka za njegovo utvrđivanje (10, 21, 31, 33, 41, 42, 44, 45, 48 i dr.). Koliko je nama poznato, dosad nije rađeno na utvrđivanju normalnog stanja za šume crnog bora sa prebornim (grupimičnim) oblikom gazdovanja.

U visokoj pravilnoj šumi normalno stanje se odnosi na čitavu gazdovinsku klasu, na skup sastojina koje čine visoku pravilnu šumu. Pri uređivanju ovakve šume ispituju se odstupanja stvarnog stanja od normalnog prema odgovarajućim tablicama prinosa i prirasta.

Normalno stanje šuma sa grupimičnim prebornim oblikom gazdovanja, isto kao i normalno stanje preborne šume, određuje se prvenstveno za sastojinu. Ovdje je osnovno normalno stanje izolovane sastojine. Iz njega se izvodi normalno stanje privredne jedinice ili područja kojim se trajno gazduje.

Po Miletiću (45), »preborna sastojina je u normalnom stanju kada svojom trenutno najpovoljnijom strukturom omogućuje trajno korišćenje tako da se po izvršenoj sječi i isteku ophodnjice uspostavlja ranije normalno stanje prije sječe u svim elementima strukture«.

U traženju trenutno najpovoljnije strukture uzimaju se i ocjene privredne prirode. Tako Miletić dolazi do sljedećeg užeg shvatanja normalnog stanja preborne sastojine: »to je ono stanje u kome kod ekonomski odmjereno inventara najpovoljnije strukture proizvodimo najveći prirast mase odgovarajućeg kvaliteta« (45).

Normalno stanje preborne sastojine predstavljeno je normalom, pod kojom podrazumijevamo ukupnost svih strukturnih pojedinosti koje određuju normalno stanje preborne sastojine. Takvo normalno stanje nije konačno i nepromjenljivo. Ono se ne može odrediti odjednom, već je često potreban duži niz promatranja ili uređivanja. Zato Miletić o trenutno najpovoljnijoj strukturi govori kao o jednoj etapi u traženju trajnije normale (41, 45).



Prema Matiću, pod normalnim stanjem preborne šume treba podrazumijevati takav njen sastav pri kojem je prirast trajno velik, kojim se postižu trajno jednaki i visoki prinosi i pri kojem je struktura raspodjele stabala prinosa po debljinskim stepenima takva da se iz tih stabala, uz racionalno iskorišćavanje sirovine, dobiva asortiman šumskih proizvoda koji je u najboljem skladu sa potrebama privrede. Budući da se potrebe privrede u pogledu asortimana šumskih proizvoda mijenjaju, to se mora mijenjati i struktura prinosa, a zbog ovoga, kako je poznato, zaključuje dalje Matić, i struktura i veličina same zalihe normalne preborne šume (31, 33).

Klepac ističe da pri optimalnom (normalnom) stanju prebornih šuma zaliha ne smije da bude ni prevelika ni premalena, nego upravo nužna i dovoljna da omogući trajnu regeneraciju šume i daje najpovoljniji prihod (21).

## 2) Elementi normalnog stanja

Normalno stanje šuma crnog bora određivaćemo za drugi, treći i četvrti bonitetni razred njihovih staništa. Bonitetni razredi su definisani našim prosječnim visinama stabala, koje su prikazane u tabeli 1, u prvom dijelu ovog rada. Prvi i peti bonitetni razred u ovom pogledu nismo razmatrali, zbog toga što su oni u ispitivanom materijalu srazmjerno malo zastupljeni (svoga osam od ukupno 56 slučajeva), što šuma ovih bonitetnih razreda staništa relativno malo ima u ukupnoj šumskoj površini i zbog toga što se prvi i peti bonitetni razred nalaze na krajnjim granicama širine variranja boniteta staništa kao nezavisne varijable u našim analizama zavisnosti taksacionih elemenata od ovog i drugih faktora.

S obzirom da ćemo se pri određivanju normalnog stanja koristiti tablicama taksacionih elemenata koje smo sastavili na bazi rezultata naših ispitivanja, treba odrediti elemente koji su ulazi u ove tablice. To su: bonitetni razred staništa, stepen sklopa i srednji prečnik sastojine. Za bonitetne razrede koje ćemo razmatrati već smo se odlučili. Ostaje još da ocijenimo stepen sklopa i srednji prečnik sastojine, ali tako da ovi odgovaraju normalnom stanju.

### a) Normalni stepen sklopa

U sastojinama koje smo ispitivali imali smo u pogledu stepena sklopa ovakvu situaciju:

bonitetni razred staništa	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
broj slučajeva (oglednih površina)	5	9	26	13	3
prosječni stepen sklopa	0,48	0,63	0,65	0,67	0,72
srednji prečnik sastojine u prosjeku (cm)	46	38	33	30	33

Iz ovih podataka proizilazi da je na lošijim bonitetima staništa stepen sklopa veći nego na boljim. Ako zbog malog broja podataka izuzmemo prvi i peti bonitetni razred, onda nema naročito velikih razlika

između stepenova sklopa sastojina drugog, trećeg i četvrtog bonitetnog razreda, koji nas ovdje interesuju. Iz ovog bi se moglo zaključiti da bi na lošijim bonitetima staništa trebalo podržavati ili isti ili nešto veći stepen sklopa nego na boljim.

Poznato je da radi omogućavanja normalnog razvoja sastojina, bilo da se radi o prirodnom ili o vještačkom njihovom obnavljanju, na lošijim bonitetima staništa treba podržavati manji stepen sklopa nego na boljim. Isto tako, starije sastojine ili grupe stabala treba da imaju manji stepen sklopa nego mlade. O ovom je više bilo govora pri razmatranju odnosa crnog bora prema svjetlosti.

Kada su u pitanju šume crnog bora u Bosni, onda treba istaći da prirodna pojava obilnijeg podmlatka u njima gotovo i nije vezana sa stepenom sklopa sastojina. U ovim šumama sastojine sa visokim stepenom sklopa (iznad 0,8) uopšte su rijetka pojava. To, kako smo vidjeli, proizilazi i iz našeg materijala. Prirodni podmladak u ovim šumama, pod kojim podrazumijevamo stalca ispod taksacione granice, javlja se u grupama kako u sastojinama sa najgušćim, tako i u onim sa najrjeđim sklopom, ali samo na onim staništima gdje su zemljišta dobra. Kada je riječ o stepenu sklopa, onda treba istaći da se on odnosi na sastojinu kao cjelinu. U svim sastojinama gdje su zemljišta dobra, pa i onim sa najvećim stepenom sklopa (0,8, rijetko 0,9), grupe podmlatka se javljaju uglavnom u rjeđim dijelovima sastojine. Odlučujuće je ovdje kako plodnost zemljišta, tako i njegova pripremljenost (odstranjenje korova, djelimična obrada i sl.). Iz izloženog proizilazi da za obnavljanje šuma crnog bora, bilo da se radi o prirodnom ili vještačkom obnavljanju, nije odlučujući stepen sklopa sastojina, već stanje zemljišta. Na osnovu onoga što smo izložili o vezi između stepena sklopa i podmlađivanja sastojina, došli smo do zaključka da normalni stepen sklopa ne treba da bude različit u sastojinama različitih bonitetnih razreda staništa. Pri ovom treba imati u vidu da se ne radi o najboljim staništima (prvi bonitetni razred), kao ni o potpunom stepenu sklopa. Koliki bi taj jednaki normalni stepen sklopa trebalo da bude kod razmatranih bonitetnih razreda, ocijenili smo na sljedeći način:

Pri analizi zavisnosti prirasta zapremine sastojine od veličine drugih taksacionih elemenata, poglavlje E, konstatovali smo da stepen sklopa, pod jednakim ostalim uslovima, nema naročito velikog uticaja na ovaj prirast, a naročito je taj uticaj malen ako se radi o promjeni stepena sklopa od 0,7 do 1,0. Označimo li prirast zapremine pri sklopu 0,7 indeksom 100, onda on pri sklopu 0,4 iznosi 75, a pri sklopu 1,0 samo je 108. To znači da bi pri najvećem stepenu sklopa prirast bio veći svega za oko 8% u odnosu na prirast pri sklopu 0,7. Ali pri tome treba imati u vidu da se taj najveći stepen sklopa nalazi na gornjoj granici širine variranja stepenova sklopa, kako u ispitivanim sastojinama tako i u svim šumama uopšte, tj. da praktično i nema šuma crnog bora sa takvim stepenom sklopa pa bi kalkulacija normalnog stanja za njih na toj osnovi bila nerealna.

Analizirajući zavisnost tekućeg prirasta zapremine stabala po jedinici površine projekcije njihovih kruna od veličine drugih taksacionih elemenata, konstatovali smo, što je takođe navedeno u poglavlju E, da se ovaj prirast neznatno smanjuje promjenom stepena sklopa od 0,4 do

0,7. I dalje, da taj prirast naglo opada promjenom stepena sklopa od 0,7 do 1,0. Ovo posljednje i jeste razlog navedenog gotovo neznatnog povećavanja tekućeg prirasta zapremine sastojine po 1 hektaru, povećanjem stepena sklopa od 0,7 do 1,0.

Zbog toga što se povećavanjem stepena sklopa od 0,7 do 1,0 tekući prirast zapremine stabala po jedinici projekcije kruna naglo smanjuje, što je pri najvećim stepenima sklopa (za šume crnog bora) gotovo nemoguće pravilno njegovanje podmlatka, bilo da se radi o prirodnim ili vještački podignutim njegovim grupama, i što se sa navedenim povećavanjem stepena sklopa prirast zapremine sastojine po 1 hektaru upravo neznatno povećava, smatrali smo da normalni stepen sklopa za stanje prije sječe ne treba da bude veći od 0,7.

Ako je normalni stepen sklopa za stanje prije sječe 0,7, onda treba očekivati da će se on, za stanje neposredno poslije sječe, kretati negdje oko 0,6. Ovaj stepen sklopa ne bi trebalo da bude niži, jer, kako smo vidjeli, pri stepenima sklopa od 0,6 pa naniže prirast zapremine sastojine po 1 hektaru opada, prirast zapremine stabala po jedinici projekcije kruna se ne povećava, a i njega podmlatka nije više uslovljena tim, nižim, stepenom sklopa.

I najzad, ako je normalni stepen sklopa za stanje prije sječe 0,7, a za stanje poslije sječe oko 0,6, onda se ovi stepenovi sklopa kreću oko prosječne vrijednosti za stepen sklopa koja proizilazi iz našeg materijala i iznosi 0,64, što znači da će i kalkulacija normalnog stanja na bazi ispitivanih taksacionih elemenata biti realnija.

Na osnovu izloženog, ocijenili smo da normalni stepen sklopa sastojina crnog bora drugog, trećeg i četvrtog bonitetnog razreda, sa stanjem neposredno pred sječju (na kraju ophodnjice), treba da bude 0,7.

#### b) Normalni srednji prečnik sastojine

Poznato je da su srednji prečnici sastojina kod lošijih boniteta staništa niži i obratno. To pokazuju i rezultati naših ispitivanja. U sastojinama drugog, trećeg i četvrtog bonitetnog razreda, kako je navedeno, srednji sastojinski prečnik u prosjeku je 38, 33 i 30 cm. Ovi srednji prečnici su preveliki zbog toga što u šumama crnog bora preovladavaju stabla jačih debljinskih klasa, odnosno grupe starijih stabala, o čemu je bilo govora.

Za obezbjeđenje uslova kontinuiteta gazdovanja potrebno je, pored ostalog, da u sastojinama bude dovoljan broj stabala svih debljina. Odnos broja stabala pojedinih debljinskih stepena (klasa) treba da bude takav da stabla svakog nižeg debljinskog stepena obezbjeđuju prorede u svim jačim debljinskim stepenima i »glavnu sječju« u posljednjem. Kako je navedeno, ovo ni približno nije slučaj u šumama crnog bora.

Iz dosad izloženog možemo zaključiti samo to da normalni srednji prečnici sastojina razmatranih bonitetnih razreda treba da budu mnogo manji od postojećih. Po našoj ocjeni, oni se kreću negdje između 30 i 20 cm. I za sada ništa dalje, tj. još ne znamo koliki oni stvarno treba da budu.

Normalni srednji prečnik sastojine proizilazi iz normalnog stanja sastojine, a to normalno stanje treba tek da odredimo na bazi traženog normalnog srednjeg prečnika. Ako ovome dodamo da normalni srednji prečnik sastojine, pa prema tome, i njeno normalno stanje, zavise, pored ostalog, i od prečnika sječive zrelosti, onda pitanje određivanja normalnog srednjeg prečnika sastojine postaje još složenije. Prije nego što pokušamo da izađemo iz zatvorenog kruga ovih pitanja, razmotrićemo jedan uslov od kojeg smo mi pošli pri određivanju normalnog stanja za ove šume.

Naprijed smo istakli da u šumama crnog bora treba primjenjivati grupimični preborni oblik gazdovanja. Kolike treba da budu pojedine grupe, zavisi od mnogih uslova staništa i sastojina. Najviše ovo zavisi od toga u kakvim se, u kolikim grupama javlja podmladak. Grupe podmlatka, tamo gdje se on prirodno javlja, većinom su malene (nekoliko ari). Ali nekada one mogu da budu i vrlo velike. Ima slučajeva da su čak i cijele sastojine sastavljene od samo jedne grupe stabala približno jednakih dimenzija. Ako se radi o vještačkom obnavljanju sastojina, onda su veličine grupa podmlatka određene, obično oko 15—20 ari. Jedanput formirana veličina određene grupe, kao i njen oblik, tokom vremena se mijenjaju, zavisno od toga da li se i kako se ispoljavaju razlike u dimenzijama stabala u određenoj grupi i susjednim grupama. Ipak su u šumama sa grupimičnim prebornim oblikom gazdovanja stabla određenih, približno jednakih, dimenzija, uzevši ih u cjelini, prostorno odvojena od stabala drukčijih dimenzija. Pri tome ne treba da nas buni činjenica što se takva stabla mogu nalaziti u vrlo velikom broju grupa različitih veličina.

Pri određivanju normalnog stanja nas interesuje, kako smo naveli, u kakvom međusobnom odnosu treba da budu stabla različitih debljinskih stepena ili klasa. S obzirom da se radi o prostorno odvojenim grupama stabala i da su u pojedinim grupama stabla približno jednakih dimenzija, onda se postavljeno pitanje može da svede i na sljedeće: u kakvom međusobnom odnosu treba da budu površine, uzevši ih u cjelini, grupa stabala pojedinih debljinskih stepena ili klasa, odnosno površine grupa stabala različitih debljinskih kategorija. Po našem mišljenju, realna je pretpostavka da spomenute površine pri normalnom stanju izolovane sastojine treba da budu jednake, zbog toga jer se radi o šumama sa izrazitim grupimičnim prebornim oblikom gazdovanja. Ako navedene površine budu jednake, biće lakše da se obezbi jedinstvo i ostali uslovi kontinuiteta gazdovanja.

Osnovna pretpostavka da u normalnoj prebornoj sastojini krune stabala svakog debljinskog stepena, uzetog kao cjelina, zastiru jednaku površinu, vrlo je stara. Od ove pretpostavke polazili su još Burel, Gazin, Böhmer i Henricy pri utvrđivanju normala za preborne sastojine (41). Poznato je, međutim, da se za šume sa klasičnim prebornim sastavom ne može govoriti o površini koju zauzimaju stabla pojedinih debljinskih stepena odnosno klasa, jer su u takvim šumama pojedinačno izmiješana stabla vrlo različitih dimenzija. Najveći dio krune najtanjih i najdebljih stabala zajedno prekrivaju u ovim šumama istu površinu.

Za šume sa izrazitim grupimičnim prebornim oblikom gazdovanja može se govoriti o površini koju zauzimaju pojedine debljinske kate-

gorije stabala, slično kao za gazdinsku klasu visoke pravilne šume, gdje su površine vezane za klase starosti. Ovdje, međutim, određene površine grupa stabala koje su međusobno prostorno odvojene, vezane su za dimenzije tih stabala.

Poznajući površinu koju treba da zauzimaju stabla pojedinih debljinskih kategorija, može se na bazi veličine površine horizontalne projekcije kruna i intenziteta njihovog međusobnog prekrivanja utvrditi koliko stabala određene debljine treba da se nalazi na jedinici površine, naravno uz određeni stepen sklopa. Pri određivanju normalnog stanja za šume crnog bora mi smo tako i postupili. Pri tome smo upotrebljavali naše tablice površina horizontalnih projekcija kruna i tablice intenziteta prekrivenosti ovih kruna, o kojima je bilo riječi u prvom dijelu rada.

Naprijed smo rekli da normalni srednji prečnik sastojine zavisi, pored ostalog, i od prečnika sječive zrelosti. Da bismo mogli pristupiti utvrđivanju normalnog srednjeg prečnika sastojina razmatranih bonitetnih razreda, za prvi mah smo ocijenili da prečnik sječive zrelosti (najpovoljniji debljinski stepen kao granica do koje treba uzgajati najdeblja stabla) iznosi za drugi, treći i četvrti bonitetni razred: 52,5, 47,5 i 42,5 cm. Ovi debljinski stepeni su za sada samo približno ocijenjeni, na osnovu toka krivulja tekućeg prirašta zapremine stabala po jedinici površine projekcije kruna. Docnije ćemo ispitati realnost ove ocjene, izvršiti korekcije ako to bude bilo potrebno i utvrditi odgovarajuće, normalne, prečnike sječive zrelosti.

U pogledu veličine normalnih srednjih prečnika sastojina za razmatrane bonitetne razrede rekli smo da bi se oni mogli nalaziti negdje između 30 i 20 cm. I ovdje ćemo, samo za prvi mah, pretpostaviti da oni za sastojine drugog, trećeg i četvrtog bonitetnog razreda iznose: 26, 24 i 22 cm. Ukoliko se i ovo pokaže kao netačno, vršićemo korekcije, tj. sukcesivno ćemo se približavati onim srednjim sastojinskim prečnicima uz koje će, na bazi već utvrđenog normalnog stepena sklopa i privremeno ocijenjenih prečnika sječive zrelosti, taksacioni elementi normalnog stanja biti u skladu sa većinom taksacionih elemenata koji proizilaze iz naših tablica za sastojine određenih karakteristika. Poslije ovoga, ispitaćemo i valjanost ocjene prečnika sječive zrelosti, pa ako bude bilo potrebno, cijeli postupak ponavljati dok ne utvrdimo odgovarajuće normalne srednje prečnike sastojina i normalne prečnike sječive zrelosti.

Prema izloženom, za sada polazimo od sljedećih uslova za normalno stanje izolovane sastojine na kraju ophodnjice:

bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
normalni stepen sklopa	0,7	0,7	0,7
pretpostavljeni srednji prečnik sastojine — u cm	26	24	22
pretpostavljeni prečnik sječive zrelosti — u cm	52,5	47,5	42,5

Za sastojine okarakterisane ovim elementima izračunali smo površinu horizontalne projekcije kruna stabala određenih prsnih prečnika pomoću naših tablica (tabele 7, 8 i 9). Po tablicama za određivanje intenziteta prekrivenosti kruna stabala (tabele 11, 12 i 13) izračunali smo intenzitet prekrivenosti kruna stabala određenih prsnih prečnika za sastojine okarakterisane istim elementima. Na osnovu tako određenog intenziteta

prekrivenosti izračunali smo veličine slobodnog (neprekrivenog) dijela kruna istih stabala. Grafičkim izravnavanjem ovih podataka dobiveni su podaci za neprekriveni dio kruna stabala pojedinih debljinskih stepena.

Ranije smo izložili da pri normalnom stanju šuma crnog bora sa grupimičnim prebornim oblikom gazdovanja grupe stabala pojedinih debljinskih kategorija treba da zauzimaju jednake površine. Polazeći od toga, pretpostavili smo da stabla pojedinih debljinskih stepena zauzimaju jednake površine pri normalnom stanju izolovane sastojine. Poznajući veličinu neprekrivenog dijela kruna stabala pojedinih debljinskih stepena, možemo izračunati koliko tih stabala može da se nalazi na jedinici površine, naravno uz određen stepen sklopa. Budući da je normalni stepen sklopa 0,7, onda odnos između 7000 i veličine neprekrivenog dijela krune srednjeg stabla debljinskog stepena daje broj stabala toga stepena po jednom hektaru. Ukupan broj stabala sastojine nalazi se na onoliko hektara koliko sastojina ima debljinskih stepena. Nakon ovako provedenog računa, iz ukupne temeljnice i ukupnog broja stabala za sastojine razmatranih bonitetnih razreda izračunat je srednji sastojinski prečnik:

bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
izračunati srednji prečnik sastojine — u cm	23,4	22,1	20,3

Da bismo utvrdili da li izračunati srednji prečnici odgovaraju normalnim, potrebno je cijeli postupak njihovog određivanja ponoviti, s tim da se sada počne od ovih (izračunatih) prečnika, a da ostali uslovi od kojih smo prvi put pošli ostanu isti. Tako smo i postupili. Prema tome, uslovi za normalno stanje od kojih sada polazimo su sljedeći:

bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
normalni stepen sklopa	0,7	0,7	0,7
izračunati srednji prečnik sastojine — u cm			
(zaokruženo)	23	22	20
pretpostavljeni prečnik sječive zrelosti — u cm	52,5	47,5	42,5

Postupajući na isti način kao i prvi put, utvrđeni su podaci za veličinu cijele krune i veličinu neprekrivenog dijela krune stabala pojedinih debljinskih stepena za sastojine okarakterisane navedenim elementima. Ovi su podaci sadržani u tabeli 26.

Na osnovu podataka o normalnoj veličini neprekrivenog dijela kruna stabala pojedinih debljinskih stepena koji su sadržani u tabeli 26 (kasnije ćemo vidjeti da ovi podaci odgovaraju normalnom stanju), na način kako je to ranije izloženo, izračunati su podaci koji su prikazani u tabeli 27.

Iz ukupne temeljnice i broja stabala u tabeli 27, izračunati su sljedeći srednji prečnici sastojina:

bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
izračunati srednji prečnik sastojine — u cm	23,2	22,0	20,2
ili: normalni srednji prečnik sastojine — u cm	23	22	20

Tabela 26

Debljinski stepen u cm	Bonitetni razred					
	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
	Normalna veličina cijele krune stabla u m <sup>2</sup>			Normalna veličina neprekri- venog dijela krune stabla u m <sup>2</sup>		
12,5	4,4	4,5	4,7	2,3	2,4	2,5
17,5	7,0	7,3	7,8	5,1	5,4	5,9
22,5	10,2	11,0	12,3	8,8	9,2	10,7
27,5	14,5	15,5	18,3	13,1	14,0	17,2
32,5	19,5	20,8	25,5	18,2	19,7	25,0
37,5	25,2	26,7	33,4	24,2	26,3	33,0
42,5	31,2	33,3	42,0	30,8	33,2	42,0
47,5	37,6	41,0		37,6	41,0	
52,5	45,2			45,2		

Tabela 27

Debljinski stepen u cm	Bonitetni razred					
	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
	Normalni niz broja stabala na n ha			Temeljnica u m <sup>2</sup> na n hektara		
12,5	3043	2917	2800	37,43	35,88	34,44
17,5	1373	1296	1186	33,09	31,23	28,58
22,5	795	761	654	31,64	30,29	26,03
27,5	534	500	407	31,72	29,70	24,18
32,5	385	355	280	31,95	29,47	23,24
37,5	289	266	212	31,91	29,36	23,40
42,5	227	211	167	32,21	29,94	23,70
47,5	186	171		32,96	30,30	
52,5	155			33,56		
S	6987	6477	5706	296,47	246,17	183,57

Kako se vidi, i pri drugom izračunavanju dobivene su za srednje prečnike sastojina iste vrijednosti kao i pri prvom (zaokruženo na cijeli santimetar). One su drukčije od onih koje smo pretpostavili kada smo pristupili izračunavanju. Iz ovog proizilazi da izračunate srednje prečnike (23, 22 i 20 cm) možemo smatrati normalnim za izolovane sastojine drugog, trećeg i četvrtog bonitetnog razreda.

Budući da pretpostavljeni prečnici sječive zrelosti, kako ćemo kasnije vidjeti, odgovaraju prečnicima sječive zrelosti za normalno stanje, to i veličine krune kao i veličine njihovog neprekrivenog dijela za stabla

pojedinih debljinskih stepena, kako je prikazano u tabeli 26, odgovaraju normalnom stanju. Isto tako, broj stabala izračunat po debljinskim stepenima u tabeli 27 odgovara normalnom nizu broja stabala na n hektara, gdje n znači broj debljinskih stepena u sastojinama pojedinih bonitetnih razreda.

### c) Prečnik sječive zrelosti

Za procjenu ovog prečnika primijenili smo metod koji je Matić razradio i primijenio pri utvrđivanju normalnog stanja u jelovim i smrčevim prebornim šumama (31). Matičev metod procjene prečnika sječive zrelosti (najpovoljnijeg debljinskog stepena kao granice do koje treba uzgajati najdeblja stabla) bazira na kretanju godišnjeg prirasta zapremine stabala po jedinici površine horizontalne projekcije kruna. Za šume crnog bora ovaj je prirast obrađen u prvom dijelu ovog rada. Pomoću toga prirasta i debljinskog prirasta, koji je takođe obrađen u prvom dijelu ovog rada, odnosno relativne starosti stabala, primjenjujući navedeni metod, procijenili smo prečnik sječive zrelosti najdebljih stabala za sastojine crnog bora drugog, trećeg i četvrtog bonitetnog razreda, za koje određujemo normalno stanje. Ovaj prečnik iznosi:

bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
prečnik sječive zrelosti — u cm	52,5	47,0	44,0
ili: debljinski stepen do kojeg (do čije gornje granice) treba uzgajati najdeblja stabla (cm)	52,5	47,5	42,5

Kada smo pri utvrđivanju normalnog srednjeg sastojinskog prečnika pošli od pretpostavke da prečnik sječive zrelosti za razmatrane bonitetne razrede iznosi: 52,5, 47,5 i 42,5 cm, onda smo mislili, kako je to i navedeno, na debljiske stepene, čije su ovo sredine. S obzirom na širinu debljinskog stepena, veći stepen detaljisanja pri procjeni prečnika sječive zrelosti i ne bi imao svrhe. Kako izloženi rezultati pokazuju, naša približna procjena prečnika sječive zrelosti bila je realna, jer se i sada dobiveni prečnici nalaze unutar širina navedenih debljinskih stepena. Iz izloženog proizilazi da možemo usvojiti kao normalne i srednje prečnike sastojina koje smo ranije izračunali, pored ostalog, i na bazi navedenih prečnika sječive zrelosti.

Da smo pri procjeni prečnika sječive zrelosti došli do drugih vrijednosti, onih koje ne bi koicidirale sa približno ocijenjenim prvi put, onda ni izračunate srednje prečnike sastojina ne bismo mogli usvojiti kao normalne. Cijeli postupak utvrđivanja normalnih srednjih sastojinskih prečnika morali bismo ponoviti polazeći od drugih prečnika sječive zrelosti, ocijenjenih na izloženi način. Kako se vidi, to ovdje nije bilo potrebno.

### 3) Normalno stanje prije sječe

Naprijed smo utvrdili sljedeće elemente normalnog stanja izolovane sastojine pred sječju (na kraju ophodnjice):



bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
stepen sklopa	0,7	0,7	0,7
srednji prečnik sastojine — u cm	23	22	20
prečnik sječive zrelosti — u cm	52,5	47,5	42,5

Za sastojine okarakterisane ovim elementima takođe su nam poznati još i sljedeći podaci:

normalna veličina (horizontalna projekcija) cijelih kruna i normalna veličina neprekrivenog dijela kruna stabala po debljinskim stepenima (tabela 26),

odnos broja stabala po debljinskim stepenima — normalni niz (tabela 27).

Normalni niz broja stabala u tabeli 27 nalazi se na onoliko hektara koliko ima debljinskih stepena. Polazeći od ovog izračunali smo niz broja stabala za normalno stanje izolovane sastojine po jednom hektaru. Ovi su podaci izloženi u tabeli 28. U istoj tabeli izračunata je temeljnica i zapremina normalnog niza broja stabala po 1 hektaru. Zapremina je izračunata po našim zapreminskim tablicama (34).

Tabela 28

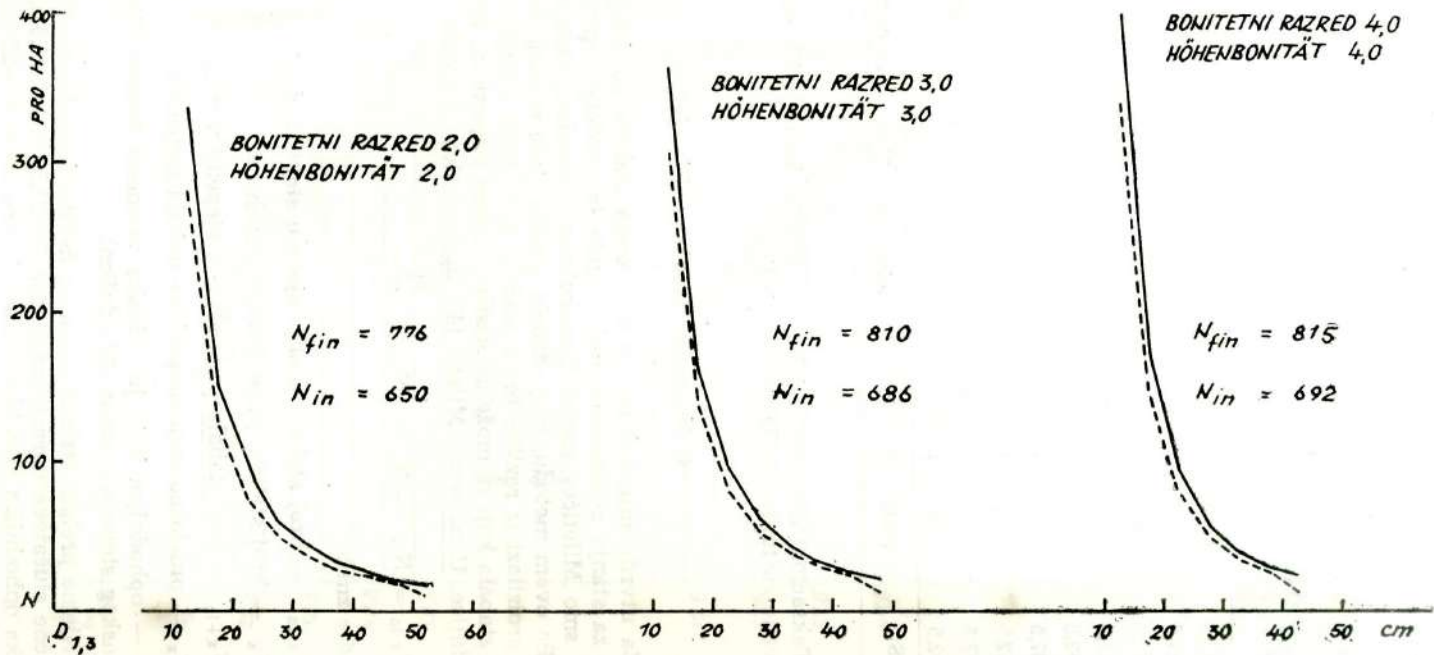
Debljinski stepen u cm	Bonitetni razred								
	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
	Normalni broj stabala prije sječe po jednom hektaru			Normalna temeljnica prije sječe u m <sup>2</sup> /ha			Normalna zapremina (krupno drvo) prije sječe u m <sup>3</sup> /ha		
12,5	338,11	364,62	400,00	4,16	4,48	4,92	19,95	18,78	17,40
17,5	152,56	162,00	169,43	3,68	3,90	4,08	23,88	22,44	20,42
22,5	88,33	95,13	93,43	3,52	3,79	3,72	27,38	26,64	22,89
27,5	59,33	62,50	58,14	3,52	3,71	3,45	32,04	30,00	24,42
32,5	42,78	44,37	40,00	3,55	3,68	3,32	35,51	32,39	25,40
37,5	32,11	33,25	30,29	3,54	3,67	3,34	37,73	34,25	26,81
42,5	25,22	26,38	23,86	3,58	3,74	3,39	39,97	36,67	28,27
47,5	20,67	21,37		3,66	3,79		42,79	38,36	
52,5	17,22			3,73			45,03		
S	776,33	809,62	815,15	32,94	30,76	26,22	304,28	239,53	165,61

Broj stabala iz tabele 28 grafički je prikazan na slici 24, a zapremina na slici 25.

Ukupna površina projekcije kruna i neprekriveni dio površine projekcije kruna (normalni stepen sklopa) za broj stabala iz tabele 28 izračunati su pomoću odgovarajućih podataka iz tabele 26. Rezultate smo izložili u tabeli 29.

NORMALNI BROJ STABALA — DIE NORMALE STAMMZAHL

—  $N_{fin}$  PRIJE SJEČE — VOR DER FALLUNG  
 - - -  $N_{in}$  POSLIJE SJEČE — NACH DER FÄLLUNG



SLIKA 24 — ABB. 24

Tabela 29

Debljinski stepen u cm	Bonitejni razred					
	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
	Ukupna površina projekcije kruna prije sječe u m <sup>2</sup> /ha			Neprekriveni dio površine projekcije kruna prije sječe u m <sup>2</sup> /ha		
12,5	1488	1641	1880	778	875	1000
17,5	1068	1183	1322	778	875	1000
22,5	901	1046	1149	777	875	1000
27,5	860	969	1064	777	875	1000
32,5	834	923	1020	779	874	1000
37,5	809	888	1012	777	874	1000
42,5	787	878	1002	777	876	1002
47,5	777	876		777	876	
52,5	778			778		
S	8302	8404	8449	6998	7000	7002

Taksacioni elementi u tabelama 28 i 29 karakterišu normalno stanje izolovane sastojine na kraju ophodnjice.

#### 4) Normalno stanje poslije sječe

Za utvrđivanje normalnog niza broja stabala po debljinskim stepenima za stanje neposredno poslije sječe (na početku ophodnjice) primijenili smo Miletićev metod konstrukcije normalnog stanja poslije sječe (41). Po ovom metodu, broj stabala poslije sječe svakog debljinskog stepena proizilazi iz razlike broja stabala prije sječe i odgovarajućeg viška broja stabala koji se može iskoristiti u istom stepenu za vrijeme trajanja ophodnjice. U tu svrhu Miletić (41) daje sljedeću formulu:

$$N_{x \text{ in}} = N_x - (N_x - N_{x+1}) \cdot \frac{1}{T_x} \quad \dots \quad 115$$

gdje znači:

$N_{x \text{ in}}$  — broj stabala poslije sječe u stepenu  $x$ ,

$N_x$  — broj stabala prije sječe u stepenu  $x$ ,

$N_{x+1}$  — broj stabala prije sječe u stepenu  $x + 1$ ,

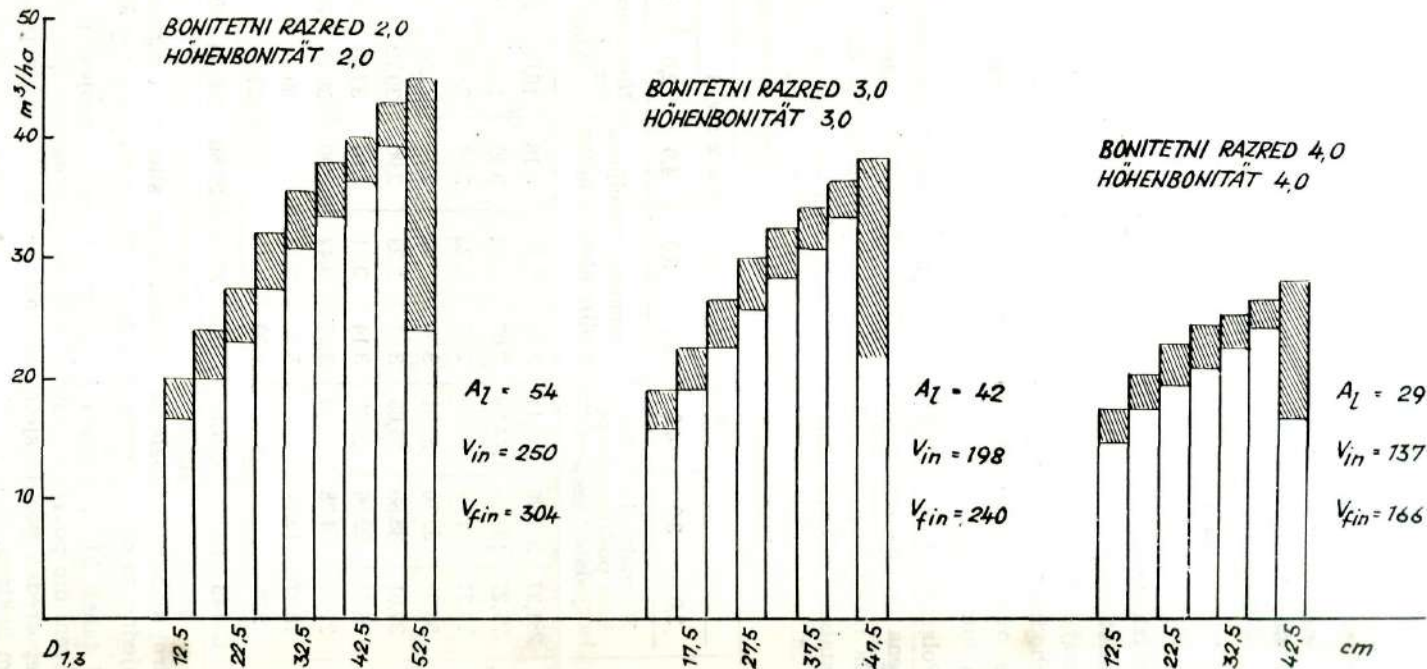
$T_x$  — prosječno vrijeme prelaza stabala stepena  $x$ ,

1 — ophodnjica koja je jednaka vremenu prelaza stabala najjačeg debljinskog stepena (vezana ophodnjica).

Vrijeme prelaza stabala najjačeg debljinskog stepena za naše karakteristične slučajeve normalnog stanja je: 21,5, 23,1 i 24,5 godina. Ovako dugačka ophodnjica, ako bismo uzeli da ona traje 20—25 godina, u kojim

# NORMALNA ZALIHA I PRINOS - DER NORMALE VORRAT UND ERTRAG

$V_{fin}$  ZALIHA PRIJE SJEČE - VORRAT VOR DER FÄLLUNG  
 $V_{in}$  ZALIHA POSLIJE SJEČE - VORRAT NACH DER FÄLLUNG  
 $A_l$  PRINOS ZA 10 GODINA - ERTRAG FÜR 10 JAHRE



SLIKA 25 - ABB. 25

granicama se kreću navedena vremena prelaza, ne bi odgovarala iz više razloga. Pri dugim ophodnjicama pojavljuje se velika razlika između inventara prije i poslije sječe, što dovodi do većeg smanjivanja prirasta, odnosno proizvodnje (pri nepromijenjenom stanju prije sječe, kakav je ovdje slučaj). Veće kolebanje tekućeg prirasta u toku dužih odsjeka vremena, dugih ophodnjica, povećava nesigurnost pri uređivanju šuma, itd. Zbog toga, ističe Miletić (41), »kod metoda normale, ophodnjice treba da se kreću u rasponu od nekih 10—15 godina«.

Iz izloženog proizilazi da normalni broj stabala poslije sječe možemo izračunati po formuli 115 i za ophodnjice kraće od vremena prelaza stabala najjačih debljinskih stepena, za slobodne ophodnjice. Mi smo uzeli da ophodnjica traje 10 godina, kako zbog izloženog tako i zbog činjenice da se ovakve ophodnjice najčešće primjenjuju u našoj praksi uređivanja šuma.

Polazeći od broja stabala normalnog stanja prije sječe (tabela 28) i vremena prelaza ovih stabala, pomoću formule 115 izračunali smo broj stabala normalnog stanja poslije sječe, uz ophodnjicu od 10 godina. Taj broj stabala, njihova temeljnica i zapremina sadržani su u tabeli 30.

Tabela 30

Debljinski stepen u cm	B o n i t e t n i   r a z r e d								
	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
	Normalni broj stabala poslije sječe po jednom hektaru			Normalna temeljnica poslije sječe u m <sup>2</sup> /ha			Normalna zapremina (krupno drvo) poslije sječe u m <sup>3</sup> /ha		
12,5	281,37	307,86	340,11	3,46	3,79	4,18	16,60	15,86	14,80
17,5	127,27	138,29	144,99	3,07	3,33	3,49	19,92	19,15	17,47
22,5	74,71	81,19	79,48	2,97	3,23	3,16	23,16	22,73	19,47
27,5	50,57	53,70	50,01	3,00	3,19	2,97	27,31	25,78	21,00
32,5	37,01	38,89	35,63	3,07	3,23	2,96	30,72	28,39	22,63
37,5	28,45	29,96	27,53	3,14	3,31	3,04	33,43	30,86	24,36
42,5	22,87	24,08	14,12	3,25	3,42	2,00	36,25	33,47	16,73
47,5	18,97	12,12		3,36	2,15		39,27	21,76	
52,5	9,21			1,99			24,08		
S	650,43	686,09	691,87	27,31	25,65	21,80	250,74	198,00	136,46

Broj stabala iz tabele 30 prikazan je na slici 24, a zapremina na slici 25, zajedno sa ovim elementima za normalno stanje prije sječe.

U tabeli 31 izračunata je ukupna površina projekcije kruna i neprekriveni dio površine projekcije kruna (normalni stepen sklopa za stanje neposredno poslije sječe) za normalni broj stabala poslije sječe po jednom hektaru.

Tabela 31

Debljinski stepen u cm	Bonitetni razred					
	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
	Ukupna površina projekcije kruna poslije sječe u m <sup>2</sup> /ha			Neprekriveni dio površine projekcije kruna poslije sječe u m <sup>2</sup> /ha		
12,5	1238	1385	1599	647	739	850
17,5	891	1010	1131	649	748	855
22,5	762	893	978	657	747	850
27,5	733	832	915	662	752	860
32,5	722	809	909	674	766	891
37,5	717	800	920	688	788	908
42,5	714	802	593	704	799	593
47,5	713	497		713	497	
52,5	416			416		
S	6906	7028	7045	5810	5836	5807

Taksacioni elementi u tabelama 30 i 31 karakterišu normalno stanje izolovane sastojine poslije sječe (na početku ophodnjice).

### 5) Normalno korišćenje

Iz primijenjenog metoda utvrđivanja normalnog stanja poslije sječe proizilazi da je normalno korišćenje (prinos) razlika između normalnog stanja na kraju ophodnjice i normalnog stanja na početku ophodnjice. Tako izračunat broj stabala prinosa prikazali smo u tabeli 32. U istoj tabeli izračunali smo zapreminu krupnog drveta stabala prinosa (prinos u m<sup>3</sup>) i procentualnu raspodjelu ove zapremine po debljinskim stepenima (strukturu prinosa).

Normalno godišnje korišćenje (prinos) iznosi:

bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
broj stabala prinosa — godišnje po 1 hektaru	12,590	12,353	12,328
prinos u m <sup>3</sup> — godišnje po 1 hektaru	5,354	4,151	2,914

Odnosi zapremina (normalnih zaliha) prije i poslije sječe, kao i normalnog korišćenja (prinosa za 10 godina), u pojedinim debljinskim klasama, vide se na slici 25.

Tabela 32

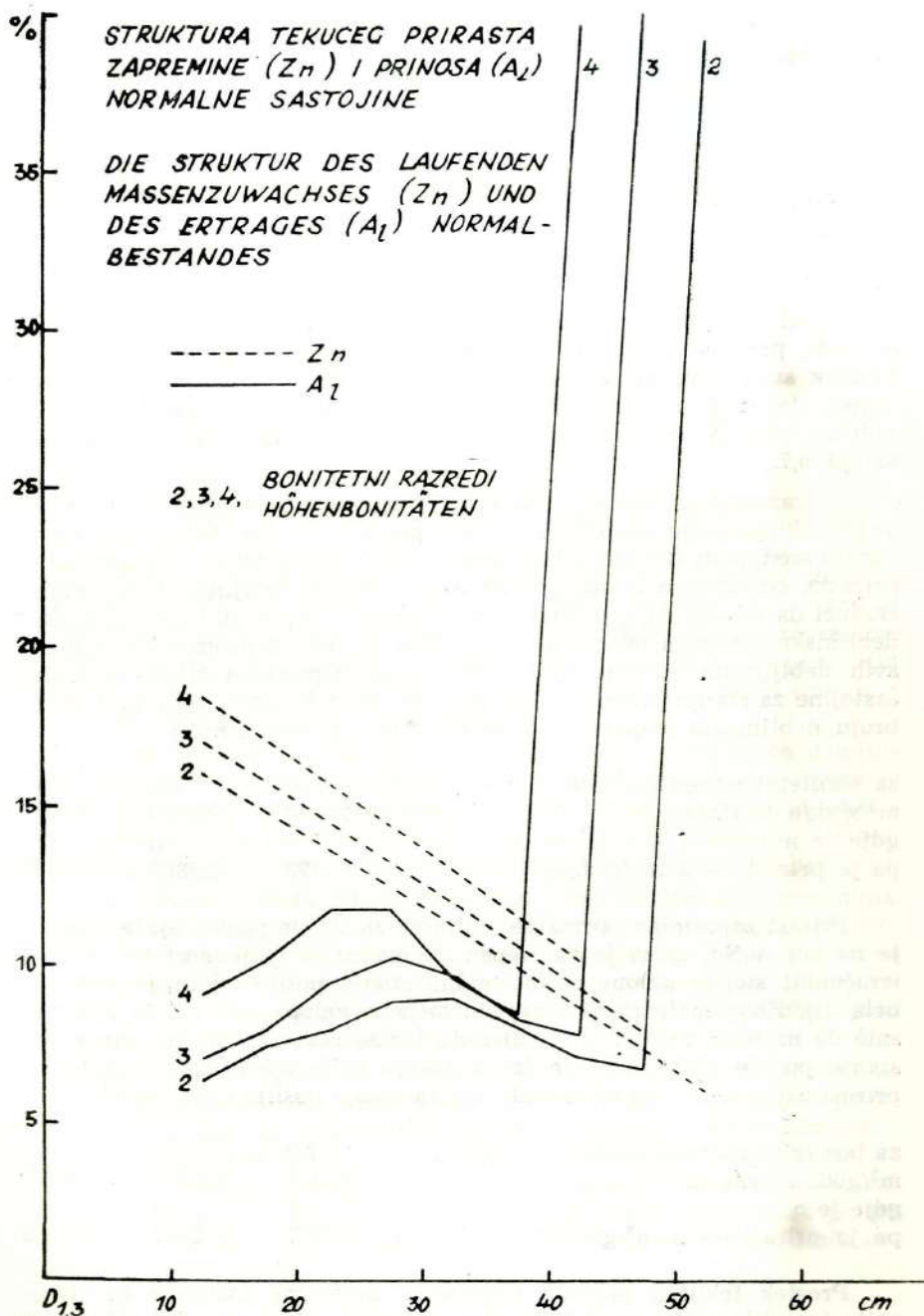
Debljinski stepen u cm	Bonitetni razred								
	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
	Broj stabala prinosa po 1 ha za 10 godina			Zapremina stabala prinosa u m <sup>3</sup> /ha/10 g.			Struktura prinosa u procentima		
12,5	56,74	56,76	59,89	3,35	2,92	2,61	6,3	7,0	9,0
17,5	15,29	23,71	24,44	3,96	3,28	2,95	7,4	7,9	10,1
22,5	13,62	13,94	13,95	4,22	3,90	3,42	7,9	9,4	11,7
27,5	8,76	8,80	8,13	4,73	4,22	3,41	8,8	10,2	11,7
32,5	5,77	5,48	4,37	4,79	4,00	2,77	8,9	9,6	9,5
37,5	3,66	3,29	2,76	4,30	3,39	2,44	8,0	8,2	8,4
42,5	2,35	2,30	9,74	3,72	3,20	11,54	7,0	7,7	39,6
47,5	1,70	9,25		3,52	16,60		6,6	40,0	
52,5	8,01			20,95			39,1		
S	125,90	123,53	123,28	53,54	41,51	29,14	100,0	100,0	100,0

Struktura prinosa (procentualna raspodjela zapremine stabala prinosa po debljinskim stepenima) grafički je predstavljena na slici 26. Iz ove slike, kao i iz tabele 32, vidi se da relativni udio prinosa postepeno raste od nižih prema srednjim debljinskim stepenima, a zatim opada do predzadnjeg debljinskog stepena. U posljednjem debljinskom stepenu relativni udio prinosa je najveći, oko 40% za sve razmatrane bonitetne razrede.

Intenzitet sječe (relativni zahvat) u pojedinim debljinskim stepenima i cijeloj sastojini iznosi kako je prikazano u tabeli 33.

Tabela 33

Debljinski stepen u cm	Bonitetni razred		
	2,0	3,0	4,0
	Intenzitet sječe u %		
12,5	16,8	15,5	15,0
17,5	16,6	14,6	14,4
22,5	15,4	14,6	14,9
27,5	14,8	14,1	14,0
32,5	13,5	12,3	10,9
37,5	11,4	9,9	9,1
42,5	9,3	8,7	40,8
47,5	8,2	43,2	
52,5	46,5		
S	17,6	17,3	17,6



SLIKA 26 - ABB. 26



Od prvog do predzadnjeg debljinskog stepena intenzitet sječe postepeno se smanjuje. U posljednjem debljinskom stepenu on je najveći, oko 40—45%, već prema bonitetnom razredu staništa. Za cijelu sastojinu intenzitet sječe je oko 18% za sve razmatrane bonitetne razrede.

### 6) Tekući prirast zapremine normalne sastojine

Ovaj prirast izračunali smo po našim tablicama zapreminskog prirasta (34). Zapreminske tablice imaju tri ulaza: bonitetni razred staništa, stepen sklopa i srednji prečnik sastojine. Pri njihovom korišćenju postupljeno je na sljedeći način:

Svaki debljinski stepen kao dio normalne sastojine smatran je posebnom, prostorno odvojenom, grupom stabala — sastojinom. Srednji prečnik svake ove grupe stabala jednak je sredini debljinskog stepena kojem stabla pripadaju. Pri normalnom stanju prije sječe, kako se to vidi iz tabele 29, svi debljinski stepeni, kao i cijela sastojina, imaju stepen sklopa 0,7.

Za razmatrane bonitetne razrede (drugi, treći i četvrti), uz normalni stepen sklopa prije sječe (0,7), na bazi prečnika grupa stabala koji odgovaraju sredinama debljinskih stepena, pomoću naših tablica zapreminskog prirasta, određen je tekući prirast zapremine po debljinskim stepenima. Budući da tablice daju prirast zapremine po 1 ha, to se i prirast svakog debljinskog stepena odnosi na 1 ha. Zbir tekućih zapreminskih prirasta svih debljinskih stepena je tekući prirast zapremine cijele normalne sastojine za stanje prije sječe na površini od  $n$  hektara, gdje je  $n$  ravno broju debljinskih stepena te sastojine. Ovaj prirast iznosi:

za bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
$m^3/god./n$ hektara	40,390	28,690	17,890
gdje je $n$	9	8	7
pa je prirast — u $m^3/god./ha$	4,4878	3,5863	2,5557

Prirast zapremine normalne sastojine za stanje poslije sječe određen je na isti način, samo je za stepen sklopa uzeta vrijednost 0,6. Naime, izračunati stepen sklopa za normalno stanje poslije sječe je 0,58 (tabela 31). Zbog male razlike između stepena sklopa 0,58 i 0,60, smatrali smo da možemo uzeti ovaj posljednji, jer se radi o procjeni prirasta za stanje poslije sječe, koje je izvod stanja prije sječe. Dobiveni tekući prirast zapremine normalne sastojine za stanje poslije sječe iznosi:

za bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
$m^3/god./n$ hektara	37,815	26,870	16,760
gdje je $n$	9	8	7
pa je prirast — u $m^3/god./ha$	4,2017	3,3587	2,3943

Prosjek tekućeg prirasta zapremine normalne sastojine za stanje prije i poslije sječe, po debljinskim stepenima i ukupno, izložili smo u tabeli 34. U istoj tabeli izračunata je i procentualna raspodjela (struktura) ovog prirasta po debljinskim stepenima.

Tabela 34

Debljinski stepen u cm	Bonitetni razred					
	2,0			3,0		
	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
	Tekući prirast zapremine normalne sastojine u m <sup>3</sup> /god./ha			Struktura tekućeg prirasta zapremine normalne sastojine u %		
12,5	0,6939	0,5900	0,4557	16,0	17,0	18,4
17,5	0,6445	0,5475	0,4232	14,8	15,8	17,1
22,5	0,5933	0,5044	0,3896	13,7	14,5	15,7
27,5	0,5411	0,4597	0,3550	12,5	13,2	14,4
32,5	0,4872	0,4140	0,3200	11,2	11,9	12,9
37,5	0,4322	0,3675	0,2843	9,9	10,6	11,5
42,5	0,3758	0,3194	0,2472	8,6	9,2	10,0
47,5	0,3181	0,2700		7,3	7,8	
52,5	0,2586			6,0		
S	4,3447	3,4725	2,4750	100,0	100,0	100,0

Struktura tekućeg prirasta zapremine normalne sastojine koja je izračunata u tabeli 34 predstavljena je i grafički na slici 26, zajedno sa strukturom prinosa. Iz ove slike se vidi da je tekući prirast zapremine najveći u prvom, a najmanji u posljednjem debljinskom stepenu. Od prvog do posljednjeg debljinskog stepena ovaj se prirast naglo smanjuje po krivulji koja je vrlo malo zakrivljena naniže.

Procent tekućeg prirasta zapremine normalne sastojine po debljinskim stepenima i ukupno izračunali smo u tabeli 35. On je dobiven iz odnosa tekućeg prirasta zapremine (prosjeaka tekućeg prirasta za stanje prije i poslije sječe, bez mase uraslih stabala, kako je prikazano u tabeli 34) i aritmetičke sredine normalnih zapremina stanja prije i poslije sječe.

Ovaj procent opada od nižih prema višim debljinskim stepenima. Intenzitet opadanja veći je u nižim, a manji u višim debljinskim stepenima. Kako se vidi iz tabele 35, procent godišnjeg tekućeg prirasta zapremine cijele sastojine je oko 1,6% za sve razmatrane bonitetne razrede. To znači da procent periodičnog prirasta (za cijelu ophodnjicu) iznosi oko 16%. On je, kako vidimo, manji od intenziteta sječe za oko 2%.

Tekući prirast zapremine normalne sastojine koji smo izračunali na izloženi način (tabela 34) samo je dio tekućeg prirasta — ukupne proizvodnje. To je onaj dio prirasta koji se odnosi na stabla iznad taksacione granice. Ukupni tekući prirast — ukupna proizvodnja — obuhvata još i zapreminu godišnje uraslih stabala. Broj stabala koji godišnje uraste (pređe taksacionu granicu) u inventarisani dio sastojine jednak je, pri normalnom stanju, broju stabala prinosa. Prema tome, za naše slučajeve normalnog stanja imamo:

za bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
broj godišnje uraslih stabala po 1 ha	12,590	12,353	12,328
zapremina uraslih stabala u m <sup>3</sup> po 1 ha	0,7428	0,6362	0,5363

Tabela 35

Debljinski stepen u cm	Bonitetni razred		
	2,0	3,0	4,0
	Procent tekućeg prirasta zapremine normalne sastojine		
12,5	3,80	3,41	2,83
17,5	2,94	2,63	2,23
22,5	2,35	2,04	1,84
27,5	1,82	1,65	1,56
32,5	1,47	1,36	1,33
37,5	1,21	1,13	1,11
42,5	0,99	0,91	1,10
47,5	0,78	0,90	
52,5	0,75		
S	1,57	1,59	1,64

Iz izloženog proizilazi da ukupni tekući prirast zapremine — ukupna proizvodnja — u normalnim izolovanim sastojinama crnog bora iznosi:

bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
prirast stabala iznad taksacione granice	4,3447	3,4725	2,4750
zapremina godišnje uraslih stabala	0,7428	0,6362	0,5363
Ukupno: tekući prirast — u m <sup>3</sup> /god./ha	5,0875	4,1087	3,0113

Procent godišnjeg tekućeg prirasta zapremine normalne sastojine izračunat na bazi ukupnog prirasta (ukupne proizvodnje) i aritmetičkih sredina normalnih zapremina stanja prije i poslije sječe iznosi:

bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
procent godišnjeg tekućeg prirasta	1,83	1,88	1,99
ili: procent periodičnog prirasta (za 10 g.)	18	19	20

Rezultati pokazuju da je procent periodičnog (za ophodnjicu) ukupnog prirasta zapremine za drugi bonitetni razred jednak intenzitetu sječe, za treći bonitetni razred on je veći od intenziteta sječe za oko 1, a za četvrti bonitetni razred procent periodičnog ukupnog prirasta zapremine veći je od intenziteta sječe za oko 2. Pri ovom upoređivanju treba imati u vidu da je procent prirasta izračunat na bazi aritmetičke sredine normalnih zaliha prije i poslije sječe, a intenzitet sječe — na bazi normalne zalihe prije sječe. Može se zaključiti da je prirast zapremine uglavnom jednak prinosu, tj. da je on normalan.

## 7) Odnosi taksacionih elemenata normalnog stanja izolovanih sastojina

Dobivene veličine taksacionih elemenata normalnog stanja samo su približno procijenjene. Njih ne treba posmatrati sa strogom matematskom tačnošću. Stoga ćemo pri prikazivanju njihovih odnosa slobodnije vršiti zaokruživanja.

Za normalno stanje izolovanih sastojina razmatranih bonitetnih razreda šuma crnog bora sa grupimičnim prebornim oblikom gazdovanja naprijed izloženim postupcima utvrđeni su sljedeći taksacioni elementi:

bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
stepen sklopa prije sječe	0,7	0,7	0,7
stepen sklopa poslije sječe	0,6	0,6	0,6
srednji prečnik sastojine prije sječe, u cm	23	22	20
srednji prečnik sastojine poslije sječe, u cm	23	22	20
prečnik sječive zrelosti (debljinski stepen), u cm	52,5	47,5	42,5
ophodnjica, u godinama	10	10	10
broj stabala prije sječe, po 1 ha	776	810	815
broj stabala poslije sječe, po 1 ha	650	686	692
broj stabala u sredini ophodnjice, po 1 ha	713	748	754
temeljnica prije sječe, u m <sup>2</sup> /ha	33	31	26
temeljnica poslije sječe, u m <sup>2</sup> /ha	27	26	22
temeljnica u sredini ophodnjice, u m <sup>2</sup> /ha	30	28	24
zaliha prije sječe, u m <sup>3</sup> /ha	304	240	166
zaliha poslije sječe, u m <sup>3</sup> /ha	250	198	137
zaliha u sredini ophodnjice, u m <sup>3</sup> /ha	277	219	151
ukupna površina projekcije kruna prije sječe, u m <sup>2</sup> /ha	8400	8400	8400
ukupna površina projekcije kruna iza sječe, u m <sup>2</sup> /ha	7000	7000	7000
ukupna površina kruna u sredini ophodnjice, u m <sup>2</sup> /ha	7700	7700	7700
neprekriveni dio površine kruna prije sječe, u m <sup>2</sup> /ha	7000	7000	7000
neprekriveni dio kruna poslije sječe, u m <sup>2</sup> /ha	5800	5800	5800
neprekriveni dio kruna u sredini ophodnjice u m <sup>2</sup> /ha	6400	6400	6400
prinos, u m <sup>3</sup> /ha/10 godina	54	42	29
tekući prirast zapremine, u m <sup>3</sup> /ha/ 10 godina	51	41	30
intenzitet sječe (korišćenja) u procentima	18	18	18
desetogodišnji procent prirasta zapremine	18	19	20

Bonitetni razredi staništa definisani su našim prosječnim visinama stabala koje su date u tabeli 1.

Budući da današnju našu praksu uređivanja šuma najviše interesuje veličina zalihe, prinosa i prirasta, to, na osnovu izloženog, možemo zaključiti da ovi elementi pri normalnom stanju izolovanih sastojina šuma crnog bora treba približno da iznose:

bonitetni razred staništa	2,0	3,0	4,0
normalna zaliha prije sječe, u m <sup>3</sup> /ha	300	240	165
normalna zaliha poslije sječe, u m <sup>3</sup> /ha	250	200	135
normalna zaliha u sredini ophodnjice, u m <sup>3</sup> /ha	275	220	150
normalno korišćenje (prinos), u m <sup>3</sup> /ha/10 godina	50	40	30
normalni prirast zapremine, u m <sup>3</sup> /ha/10 godina	50	40	30

Samo se po sebi razumije da pri ovim zalihama, prinosima i prirastima raspodjela stabala po debljinskim stepenima, prečnik sječive zrelosti, stepen sklopa sastojine i ophodnjica treba da budu onakvi kako je to naprijed izloženo, tj. da i ovi elementi budu normalni.

### ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Pod uticajem mnogih faktora koji se međusobno isprepliću, sastav šume uvijek podliježe većim ili manjim promjenama. Stoga je vrlo teško unaprijed tačno predvidjeti kakve će promjene u sastavu šume u budućnosti nastupiti kao posljedica određenih uzgojnotehničkih mjera. Prema tome, i pri formiranju normalnog stanja treba računati sa velikim teškoćama, a naročito onda ako se radi o normalnom stanju pojedinih sastojina. I održavanje jedanput formiranog normalnog stanja jedne sastojine biće skopčano sa određenim teškoćama.

Pored teškoća uzgojnotehničke prirode, formiranje potpuno normalnog stanja u svakoj sastojini bilo bi vezano sa štetama, i to utoliko većim ukoliko je veća razlika između konkretnog sastava šume i sastava koji proizilazi iz njenog normalnog stanja. Upravo za šume crnog bora, kako smo to naprijed istakli, ove razlike su vrlo velike. Ako bi se formiranje normalnog stanja striktno provodilo u svakoj sastojini, onda bi, s jedne strane, vrlo često moralo da se pribjegava sječama onih stabala koja s obzirom na prirašćivanje potpuno zadovoljavaju, a, s druge, u šumi bi se ostavljala stabla koja je zbog slabog prirašćivanja davno trebalo ukloniti.

Za obezbjeđenje trajnog prinosa nije uvijek nužno da se normalno stanje formira u svakoj sastojini. U ovu svrhu dovoljno je da se ono postigne u okviru privredne jedinice ili čak i područja u okviru kojeg se vrši izjednačenje etata, tim prije ako sastav šume mnogo odstupa od normalnog stanja, kakav je ovdje slučaj. Zbog ovog, a zatim zbog toga što uzgojnotehničke mjere ne smiju da budu u suprotnosti sa aktivnošću na podizanju trajno što većeg prinosa, u početku se treba zadovoljiti minimalnim pomjeranjem sastava svake pojedine sastojine prema njenom normalnom stanju, a težište rada treba postaviti na formiranje normalnog stanja u okviru viših uređajnih jedinica (privrednog područja, privredne jedinice, gazdinske klase). Normalno stanje (normale) izolovanih sastojina, koje smo u ovom radu utvrdili za šume crnog bora u Bosni, treba praksa da koristi u smislu izloženog.

Utvrđene normale su zasnovane na rezultatima proučavanja taksacionih elemenata postojećih šuma crnog bora. Ovim šumama, u većini slučajeva, ili se nije gazdovalo, ili je »gazdovanje« u daljoj prošlosti imalo isključivo eksploatatorski karakter. Najveći dio šuma crnog bora

u Bosni, kako je to u radu istaknuto, imaju prašumska obilježja. Njihovo prevođenje u privredne šume ili je u toku ili još nije započeto. Zbog ovog i rezultati naših proučavanja taksacionih elemenata (tablice taksacionih elemenata), pa, prema tome, i utvrđene normale imaju privremeni karakter. Po našem mišljenju, ovi rezultati treba da se koriste u praksi u toku narednih 10—20 godina. Ukoliko se sa intenzivnim gazdovanjem započne što prije, utoliko će prije nastupiti i promjene u odnosima taksacionih elemenata u ovim šumama, što treba da ima za posljedicu i utvrđivanje drugih normala.

Pri utvrđivanju etata u prvoj fazi (planiranje privremenog programa sječa od sastojine do sastojine) treba imati u vidu da ocijenjene normalne zalihe mogu da posluže kao sigurnija baza samo za veći broj sastojina (gazdinska klasa, privredna jedinica). U pojedinim sastojinama javljaće se veća ili manja odstupanja procijenjene normalne zalihe od one koja bi konkretnoj sastojini najbolje odgovarala. Do ovog će dolaziti zbog toga što taksacioni elementi na kojima smo bazirali normalno stanje izolovane sastojine predstavljaju prosjeke relativno velikog rasturanja taksacionih elemenata ispitivanih sastojina. Naime, normalno stanje izolovane sastojine samo je prosjek većeg broja normalnih sastojina.

Proces prevođenja sadašnjeg sastava šuma crnog bora u izrazito grupimični preborni sastav koji odgovara normalnom stanju trajaće vrlo dugo, nekoliko decenija. Za to vrijeme opadanje prirasta i kvaliteta toga prirasta kao i zalihe, ispoljavaće se u sve većoj mjeri. Da bi se ovo spriječilo ili što više ublažilo, potrebno je iz šume što prije ukloniti stabla koja s obzirom na veličinu i kvalitet prirasta ne zadovoljavaju. To su pretežno debela stabla vrlo lošeg kvaliteta, koja, pored izloženog, smetaju rastenju boljih stabala. Stoga u ovim šumama doznaku stabala treba provoditi u dvije uzastopne etape. U prvoj etapi bi se doznačila navedena loša stabla, a u drugoj ostatak stabala u okviru planiranog obima sječa. U drugoj fazi ove doznake treba zahvatati grupe stabala, tako da poslije sječe ostanu progale (krugovi) veličine koja zavisi od toga da li ima i koliko su velike grupe podmlatka. U slučajevima kada dolazi u obzir vještačko obnavljanje sastojina, sa čime se u znatnom dijelu ovih šuma mora računati, grupe stabala doznačenih u drugoj etapi mogu da iznose oko 15—20 ari. Treba nastojati da se doznaka stabala izvrši unaprijed za 10 godina. U tom slučaju najveći dio doznačenih stabala mogao bi da se smolari na mrtvo, a sva doznačena stabla bi se u toku ophodnjice postepeno uklanjala iz šume, kako je to predviđeno planiranim obimom sječa.

## ZUSAMMENFASSUNG

### TAXATIONSGRUNDLAGEN FÜR DIE BEWIRTSCHAFTUNG DER SCHWARZKIEFERWÄLDER IN BOSNIEN

Grosse Waldflächen mit seichten und trockenen Böden auf dem stellen überwiegend südlichen Abhängen in Bosnien sind mit Schwarzkiefer bewachsen mit welchen man relativ gute Erträge erreicht. Die Ersetzung der Schwarzkiefer mit anderen Holzarten in solchen Standorten kommt nicht in Betracht. Sogar,

selementen in Tabellen 30 und 31 charakterisieren den Normalzustand isolierten Beständen 2,0, 3,0 und 4,0 Bonitätsklasse unmittelbar nach dem Hieb.

Die Normalnutzung (zehnjähriger Ertrag) geht aus der Differenz des Zustandes vor und nach dem Hiebe hervor. Diese Daten erhalten die Tabellen 32 und 33.

Laufender Massenzuwachs des Normbestandes ohne Masse eingewachsener Stämme wurde nach Verfassers Tafeln berechnet. Die Daten sind in Tabelle 34 erhältlich.

Stammzahl, Vorrat, Ertrag, Struktur des laufenden Massenzuwachses und Ertragsstruktur der Normalbeständen mit Gruppenplenterungsanordnung für betrachtete Bonitätsklassen sind auf den Bildern 24, 25 und 26 graphisch dargestellt.

Zum Schluss dieses Arbeitteiles Verfasser resimiert, dass die Vorrats-, Ertrags- und Zuwachsgrösse bei Normalzustand isolierten Beständen mit Gruppenplenterungsanordnung für Schwarzkieferwälder in Bosnien sollen annähernd betragen:

Standortsbonitätsklasse	2,0	3,0	4,0
Normalvorrat vor dem Hieb m <sup>3</sup> /ha	300	240	165
Normalvorrat nach dem Hieb m <sup>3</sup> /ha	250	200	135
Normalvorrat in der Turnusmitte m <sup>3</sup> /ha	275	220	150
Normalnutzung (Ertrag) m <sup>3</sup> /ha/10 Jahre	50	40	30
Normalmassenzuwachs m <sup>3</sup> /ha/10 Jahre	50	40	30

Selbstverständlich dass diese Vorräte und Zuwächse mit normalen Elementen, von dem vorher gesprochen wurde, beding sind.

Im Schlussbetrachtungen betont Verfasser, dass sich die festgesetzte Normalen auf den Untersuchungsergebnissen der Wälder welche Uhrwaldmerkmale haben, gründen. Ihre Überführung in Wirtschaftswälder ist entweder im Gange oder ist noch nicht angefangen. Deswegen haben Untersuchungsergebnissen der Taxationselementen (die Tafeln der Taxationselementen) als auch festgesetzten Normalen nur vorläufigen Charakter. Nach Verfassermeinung diese Resultaten sollen in der Praxis durch folgende 10—20 Jahre genützt werden. Je früher man mit intensiven Wirtschaft anfängt, desto früher werden bei diesen Wälder auch die Veränderungen in Taxationselementenbeziehungen antreten, was zur Folge die Bestimmung anderen Normalen haben wird.

#### L I T E R A T U R A

1. Ammon W.: Das Plenterprinzip in der Waldwirtschaft. Dritte verbesserte Auflage. Verlag Paul Haupt Bern—Stuttgart, 1951.
2. Badoux E.: L'allure de l'accroissement dans la forêt jardinée. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, XXVI. Band, 1. Heft, Zürich, 1949.
3. Böhmmerle: Zapreminske tablice za crni bor. Mali šumarsko-tehnički priručnik I. Zagreb, 1949.
4. Bunuševac T.: Gajenje šuma I. Naučna knjiga, Beograd, 1951.
5. Drinić P.: Taksacioni elementi sastojina jele, smrče i bukve prašumskog tipa u Bosni. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta, broj 1/B, Sarajevo, 1956.
6. Drinić P.: Taksacioni elementi bukovih sastojina prašumskog tipa u Donjoj Drinjači. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta, broj 2/B, Sarajevo, 1957.
7. Eić N.: Tabele drvnih masa, temeljnica i druge. Drugo izdanje, Sarajevo, 1956.
8. Ezekiel M.: Methods of Correlation Analysis. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1956.
9. Feistmantel R.: Allgemeine Waldbestandestafeln. Bearbeitet und erweitert von J. Weiss. Hof-Buchdruckerei und Hof-Verlags-Buchhandlung Carl Fromme, Wien und Leipzig, 1909.
10. Flury Ph.: Ueber den Aufbau des Plenterwaldes. Mitteilungen der schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, XV. Band, 2. Heft, Zürich, 1929.

11. Flury Ph.: Ueber die Wachstumsverhältnisse des Plenterwaldes. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, XVIII. Band, 1. Heft, Zürich, 1933.
12. Fröhlich J.: Urwaldpraxis. Neumann Verlag, Radebeul und Berlin, 1951.
13. Fukarek P.: Prilog poznavanju crnog bora. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta, broj 3/B, Sarajevo, 1958.
14. Gehrhardt: Prihodne tablice za bijeli bor. Mali šumarsko-tehnički priručnik I. Zagreb, 1949.
15. Gligić V.: Iz svjetlosne fiziologije drveća. Narodni šumar, Sarajevo, 1954.
16. Gligić V.: Priraštaj i disanje. Narodni šumar, Sarajevo, 1955.
17. Goguševski M.: Komparativno proučavanje na taksacionite elementi kaj beliot i crniot bor vo kulturite na »Krušino« kaj Kičevo. Godišen zbornik na Zemjodolsko-šumarskiot fakultet, Skopje, 1958.
18. Guldan R.: Rahmentragwerke und Durchlaufträger. Vierte, unveränderte Auflage. Springer-Verlag, Wien, 1949.
19. Jovanović S.: O najvažnijem ekološkom činiocu za crni bor na Zlatiboru. Šumarstvo, Beograd, 1955.
20. Klepac D.: Sastojinsko ili stablimično gospodarenje. Šumarski list, Zagreb, 1950.
21. Klepac D.: Novi sistem uređivanja prebornih šuma. Poljoprivredno-šumarska komora NRH, Zagreb, 1961.
22. Leibundgut H.: Waldbauliche Untersuchungen über den Aufbau von Plenterwäldern. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, XIV. Band, Zürich, 1945.
23. Leibundgut H.: Femelschlag und Plenterung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, Zürich, 1946.
24. Leibundgut H.: Razmatranja uz primjenu metoda prebiranja i grupimičnog gospodarenja u šumama Jugoslavije. Narodni šumar, Sarajevo, 1958.
25. Leibundgut H.: Neki problemi gajenja šuma u Jugoslaviji. Narodni šumar, posebna izdanja, Sarajevo, 1961.
26. Linder A.: Statistische Methoden. Zweite, erweiterte Auflage. Verlag Birkhäuser, Basel, 1951.
27. Marković Lj.: O unapređenju i proširenju naših borovih šuma i njihovom racionalnom iskorišćavanju. Šumarski list, Zagreb, 1950.
28. Marković Lj.: Proučavanje razvoja veštački podignutih sastojina nekih vrsta četinarara na Avali. Radovi Instituta za naučna istraživanja u šumarstvu Srbije, Knjiga I, Beograd, 1950.
29. Marković Lj.: Razvoj sastojina crnog i belog bora na Avali od 1946. do 1950. godine i ogledi proređivanja u njima. Zbornik Instituta za naučna istraživanja u šumarstvu Srbije, Knjiga II, Beograd, 1953.
30. Matić V.: Prirast jele, smrče i bukve u šumama NRBiH. Zavod za privredno planiranje NRBiH, Sarajevo, 1955.
31. Matić V.: Normalno stanje u jelovim i smrčevim prebornim šumama. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta, broj 1/B, Sarajevo, 1956.
32. Matić V.: Taksacioni elementi prebornih šuma jele, smrče i bukve na području Bosne. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvenu industriju, broj 4, Sarajevo, 1959.
33. Matić V.: Uređivanje šuma. Predavanja u školskoj 1960/61. godini na Šumarskog fakultetu u Sarajevu.
34. 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. Rukopis, Sarajevo, 1962.
35. Mihajlov I.: Proučavanje vrz strukturnite elementi na crn-borovite kulturi vo šumata »Krušino« do gr. Kičevo. Godišen zbornik na Zemjodolsko-šumarskiot fakultet, Skopje, 1958.
36. Mihajlov I.: Proučavanje vrz rastežot i prirastat na stebлата od crn-borovite kulturi vo fakultetskata šuma »Krušino« (do gr. Kičevo). Godišen zbornik na Zemjodolsko-šumarskiot fakultet, Skopje, 1958.
37. Miletić Z.: Istraživanja o strukturi bukovih sastojina karaktera prашume. Šumarski list, Zagreb, 1930.



38. Miletić Z.: Smrekova prašuma binomske strukture na Velikoj Vitorozli. Šumarski list, Zagreb, 1931.
39. Miletić Z.: Upliv nadmorske visine na apsolutni broj stabala bukve. Šumarski list, Zagreb, 1932.
40. Miletić Z.: Osnovi uređivanja prebirne šume. Knjiga prva. Poljoprivredno izdavačko preduzeće, Beograd, 1950.
41. Miletić Z.: Osnovi uređivanja prebirne šume. Knjiga druga. Zadruga knjiga, Beograd, 1951.
42. Miletić Z.: Struktura i prinos teoretske normalne prebirne šume. Konstruktija (analiza) primena. 289 knjiga Rada Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1952.
43. Miletić Z.: Ophodnja i podmladno razdoblje kod postepene (oplodne) seče. Glasnik Šumarskog fakulteta, broj 5, Beograd, 1952.
44. Miletić Z.: Dalja istraživanja prinosa snage teoriske normalne prebirne šume. Glasnik Šumarskog fakulteta, broj 6, Beograd, 1953.
45. Miletić Z.: Uređivanje šuma. Prva knjiga. Naučna knjiga, Beograd, 1954.
46. Miletić Z.: Uređivanje šuma. Druga knjiga. Naučna knjiga, Beograd, 1958.
47. Miletić Z.: Vreme prelaza i vreme zadržavanja. Šumarstvo, Beograd, 1957.
48. Miletić Z.: Metod normale uređivanja prebirne šume na Kršu. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Analiz za eksperimentalno šumarstvo, Vol. II., Zagreb, 1957.
49. Miletić Z.: Zrelost stabala za seču u prebornoj šumi. Glasnik Šumarskog fakulteta, broj 20, Beograd, 1960.
50. Milojković D. i Mirković D.: Istraživanja strukture i prirasta jele u čistim četinarskim sastojinama na Goču i Tari. Glasnik Šumarskog fakulteta, broj 9, Beograd, 1955.
51. Mirković D.: Normalne visinske krive za hrast kitnjak i bukvu u NR Srbiji. Glasnik Šumarskog fakulteta, broj 13, Beograd, 1958.
52. Obradović S. i Sentić M.: Osnovi statističke analize. Naučna knjiga, Beograd, 1956.
53. Panov A. i Terzić D.: Osiguranje nove sastojine crnog bora preduslov je i za racionalno korišćenje stare sastojine. Narodni šumar, Sarajevo, 1961.
54. Pecović M.: Njega mladih borovih šuma u slivu reke Studenice. Šumarstvo, Beograd, 1961.
55. Radovanović Ž.: Obnova sastojina crnog bora u području G. J. »Donja Krivaja«. Narodni šumar, Sarajevo, 1958.
56. Radulović S.: Rezultati proučavanja crnog i belog bora na staništu kitnjak-grab na Avali i ogledi proreda u njihovim sastojinama. Šumarstvo, Beograd, 1957.
57. Radulović S. i Pejović D.: Još jedan prilog proučavanju razvoja crnog bora na Avali na staništu Querceto-Carpinetum serbicum (Rudski). Šumarstvo, Beograd, 1959.
58. Stojanović O.: Taksacione osnove za gazdovanje šumama bijelog bora u Bosni. Rukopis, Sarajevo, 1962.
59. Terzić D.: Problematika industrijskog smolarenja u NRBiH. Narodni šumar, Sarajevo, 1955.
60. Tschermak L.: Waldbau auf pflanzengeographisch-ökologischer Grundlage. Springer-Verlag, Wien, 1950.
61. Ugrenović A.: Tehnologija drveta. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb, 1950.
62. Vanselow K.: Natürliche Verjüngung im Wirtschaftswald. Neumann Verlag, Radebeul und Berlin, 1949.
63. Vukmirović V.: Prirast i ostali taksacioni elementi šuma hrasta kitnjaka u Bosni. Rukopis, Sarajevo, 1962.
64. Wiedemann E.: Ertragstabellen der wichtigen Holzarten. Verlag M. und H. Schaper, Hannover, 1949.

**PRILOG**  
**IZVORNI MATERIJAL**  
**TABELE I—IX**

Redni broj ogledne površine	Privredna jedinica	Broj odjeljenja	Nadmorska visina u metrima	Ekspozicija	Inklina-cja u stepenima	Veličina ogledne površine u hektarima
1	2	3	4	5	6	7
1	Višegrad	15	350	N-O	25	0,98
2	Višegrad	17	580	S-O	25	1,67
3	Sjemeč	209	620	W	25	2,06
4	Višegrad	10	350	W	20	2,64
5	Višegrad	376	920	W	5	1,19
6	Višegrad	373	920	W	15	2,45
7	Sjemeč	210	500	S-O	35	0,67
8	Sjemeč	206	1130	S-O	15	1,10
9	Sjemeč	200	780	O	15	1,41
10	Višegrad	19	440	N	10	2,70
11	Višegrad	9	1200	S	35	2,27
12	Višegrad	387	530	O	25	0,57
13	Sjemeč	297	800	N	15	1,79
14	Sjemeč	300	560	N-W	15	0,72
15	Sjemeč	215	440	ravno	ravno	1,30
16	Bič-planina	68	890	N-W	25	1,83
17	Bič-planina	467	770	N-O	20	0,87
18	Bič-planina	149	940	S-W	40	0,99
19	Bič-planina	472	950	N-O	30	1,12
20	Bič-planina	47	1020	S	15	0,94
21	Bič-planina	47	940	S-W	15	1,10
22	Bič-planina	59	1000	N-W	30	0,75
23	Bič-planina	96	1210	N	25	0,89
24	Bič-planina	68	800	N-O	30	1,00
25	Škrta-Nišan	113	1180	S	30	0,93
26	Škrta-Nišan	112	1160	S-W	30	0,77
27	Škrta-Nišan	62	950	S-W	25	0,56
28	Škrta-Nišan	96	1040	S-O	25	0,48
29	Škrta-Nišan	114	1020	S-W	35	1,35
30	Škrta-Nišan	114	1010	N-O	25	0,69
31	Škrta-Nišan	114	940	S-W	20	0,81
32	Škrta-Nišan	61	800	S-W	15	0,90
33	Škrta-Nišan	62	870	W	25	0,45
34	Škrta-Nišan	62	840	W	10	1,11
35	Škrta-Nišan	98	930	S-O	25	0,52
36	Škrta-Nišan	61	700	S-W	30	0,79
37	Škrta-Nišan	113	880	W	35	0,89
38	Škrta-Nišan	181	1080	S	35	0,91
39	Škrta-Nišan	181	1080	S	25	0,49
40	Prusačka rijeka	7	880	W	40	0,37
41	Prusačka rijeka	38	1200	O	30	0,53
42	Škrta-Nišan	186	750	S	25	0,31
43	Prusačka rijeka	39	1090	S-O	25	0,45
44	Prusačka rijeka	7	900	W	70	0,24
45	Donja Krivaja	73	1020	S-O	25	0,62
46	Donja Krivaja	95	700	N-W	30	1,32
47	Donja Krivaja	74	1040	S-O	30	0,68
48	Donja Krivaja	79	960	S-O	30	0,41
49	Donja Krivaja	32	980	S-W	25	0,45
50	Donja Krivaja	49	400	W	20	0,63
51	Donja Krivaja	430	1020	S	15	0,49
52	Donja Krivaja	19	700	S	15	0,59
53	Donja Krivaja	20	760	W	30	0,70
54	Donja Krivaja	22	1020	S-O	20	0,44
55	Donja Krivaja	21	670	S-W	25	1,00
56	Donja Krivaja	30	640	S	25	0,54

BROJ STABALA, TEMELJNICA, ZAPREMINA, PRIRAST I KRUNE  
SASTOJINE

Tabela II

Redni broj ogledne površine	Bonitetni razred	Stepen sklopa	Srednji prečnik sastojine	Broj stabala	Temeljnica	Zapremina	Tekući prirast zapremine	Procent prirasta zapremine	Ukupna površina, horiz. projek. kruna	Intenzitet prekrivenosti kruna
			cm							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,3	0,86	21	549	19,44	141	3,09	2,47	9685	12
2	3,0	82	18	1188	30,11	213	3,87	2,00	10022	18
3	2,4	42	29	316	21,00	208	1,40	0,70	4427	5
4	3,0	52	29	371	25,29	236	4,19	1,95	5516	6
5	4,4	73	24	498	21,75	142	4,50	3,77	8298	12
6	3,4	37	46	167	27,68	276	1,81	0,68	3931	7
7	4,4	48	17	629	14,11	75	0,63	0,88	5153	6
8	3,8	56	27	564	32,75	258	2,98	1,22	6387	12
9	2,1	68	26	776	42,33	384	5,17	1,44	7613	11
10	1,1	60	36	264	27,60	328	5,98	2,00	6437	6
11	1,4	41	65	122	40,12	531	1,85	0,35	3940	4
12	2,9	44	24	375	17,26	18	3,08	2,52	5041	12
13	1,2	39	42	247	33,50	402	2,60	0,67	4217	7
14	2,8	53	26	391	20,45	182	4,56	2,86	6060	13
15	2,0	62	33	459	35,76	422	6,07	1,56	6964	11
16	2,7	39	35	229	21,99	212	2,52	1,27	4176	7
17	2,6	59	35	253	23,97	223	3,97	1,96	6291	6
18	2,7	63	46	217	36,00	386	2,44	0,65	6850	8
19	1,1	44	36	333	33,67	394	5,35	1,45	4517	3
20	3,6	73	36	296	29,90	261	2,98	1,21	8130	11
21	3,6	72	37	281	30,54	266	3,14	1,25	7668	7
22	0,9	55	51	218	43,84	587	2,45	0,43	5730	4
23	3,4	45	25	444	22,67	182	2,36	1,38	4806	7
24	2,7	52	31	336	24,69	236	2,30	1,02	5777	11
25	2,8	79	39	488	59,16	599	5,44	0,95	8594	8
26	2,5	59	54	297	68,15	763	2,84	0,38	6238	6
27	2,0	65	29	497	32,87	316	4,60	1,57	6980	7
28	3,4	68	22	1133	41,80	309	3,87	1,33	8072	16
29	4,4	43	55	110	26,13	217	1,14	0,54	4707	8
30	1,7	67	37	480	50,53	553	3,77	0,71	7414	10
31	2,7	59	46	284	46,28	467	1,77	0,39	6300	6
32	2,8	79	33	385	33,27	339	3,93	1,23	8680	9
33	2,7	70	38	424	40,08	481	3,11	0,67	8574	19
34	2,1	78	51	110	22,89	280	1,61	0,59	8040	3
35	3,2	67	20	1084	34,40	259	3,55	1,47	8449	21
36	3,7	51	38	244	27,40	237	2,91	1,31	5540	8
37	1,6	56	46	281	46,39	566	3,26	0,59	5909	6
38	3,3	96	28	777	47,74	396	2,80	0,73	11097	13
39	3,6	61	29	511	34,68	290	2,74	0,99	6850	11
40	3,4	71	22	859	33,54	250	4,74	2,10	8660	18
41	2,3	70	37	560	60,52	656	4,55	0,72	7822	10
42	3,7	76	22	793	31,32	212	5,90	3,26	8517	10
43	3,1	86	45	334	51,96	525	2,91	0,57	9452	9
44	3,6	70	22	999	38,33	265	4,40	1,81	8963	22
45	3,0	51	47	230	40,39	433	1,33	0,31	5730	11
46	3,3	67	34	284	25,72	226	0,94	0,42	7610	12
47	2,8	45	40	294	37,44	390	1,10	0,29	4990	10
48	2,7	90	50	194	37,90	388	1,44	0,38	9570	6
49	3,6	79	27	449	26,41	215	1,02	0,49	8875	11
50	3,0	66	23	450	18,27	141	3,88	3,18	8460	22
51	4,2	76	24	859	40,09	262	3,27	1,37	8350	9
52	3,6	92	30	541	39,40	337	1,39	0,42	9985	8
53	4,6	66	39	248	29,30	215	0,71	0,34	7402	11
54	5,1	79	29	485	32,41	207	1,50	0,75	9476	17
55	3,0	72	43	277	40,86	403	1,44	0,37	7527	5
56	4,7	0,72	32	385	31,18	203	0,34	0,17	7976	9

PROCENTUALNA RASPODJELA BROJA STABALA  
PO DEBLJINSKIM KLASAMA

Tabela III

Redni broj ogledne površine	Debljinska klasa u cm						
	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	preko 69
	Broj stabala u procentima						
1	2	3	4	5	6	7	8
1	62,0	29,0	6,6	1,5	0,9		
2	73,5	25,6	0,8	0,1			
3	57,5	11,1	11,9	9,4	7,5	2,3	0,3
4	20,6	35,8	38,1	4,6	0,3	0,4	0,2
5	47,3	36,2	13,1	2,9	0,5		
6	1,5	13,7	19,9	35,0	21,1	5,6	3,2
7	90,3	6,7	0,2	1,4	1,2	0,2	
8	31,6	40,4	21,2	4,7	1,6	0,5	
9	10,4	70,7	18,2	0,7			
10	10,2	15,4	36,2	32,4	2,8		
11	0,4	3,2	6,1	16,2	16,9	25,9	31,3
12	43,5	30,8	23,8	1,9			
13	5,7	19,1	22,1	33,2	15,4	4,5	
14	37,7	39,5	16,0	5,0	1,5	0,3	
15	19,9	30,8	35,9	9,5	3,5	0,2	0,2
16	11,2	24,6	37,0	22,9	4,3		
17	—	10,9	78,6	9,6	0,9		
18	11,2	16,8	22,0	18,7	14,0	9,8	7,5
19	1,3	20,6	52,7	23,8	1,6		
20	21,6	12,3	31,4	27,1	6,8	0,8	
21	5,5	9,4	54,9	27,3	2,9		
22	—	1,2	16,0	39,9	27,6	12,9	2,4
23	64,4	7,4	13,2	12,7	2,3		
24	23,7	38,8	22,5	11,7	1,8	1,2	0,3
25	5,3	20,6	30,5	28,8	13,5	1,3	
26	—	2,6	13,0	26,2	31,8	18,2	8,2
27	35,5	40,6	15,3	1,1	3,5	2,2	1,8
28	56,8	32,2	9,4	1,3	0,3		
29	2,0	6,7	11,4	22,1	28,2	14,8	14,8
30	10,6	19,8	35,0	28,2	6,4		
31	0,9	8,7	30,8	28,5	21,6	7,8	1,7
32	40,9	12,8	21,8	13,3	7,0	2,4	1,8
33	22,8	20,6	18,0	21,1	11,6	4,3	1,6
34	15,5	16,2	8,2	6,6	16,2	25,1	12,2
35	76,0	14,9	4,6	2,3	1,8	0,4	
36	9,4	26,1	32,9	26,0	2,1	1,5	2,0
37	3,2	11,2	20,1	33,0	24,5	6,8	1,2
38	39,1	31,1	18,8	6,5	3,4	1,0	0,1
39	41,4	27,3	18,9	5,2	4,4	1,6	1,2
40	60,7	26,6	10,3	1,2	0,6	0,3	0,3
41	16,1	21,8	23,5	26,5	9,4	2,4	0,3
42	37,5	55,5	7,0				
43	2,0	15,9	28,5	29,1	14,6	6,0	3,9
44	54,1	33,6	9,8	2,5			
45	4,2	18,2	23,7	21,7	17,5	5,6	9,1
46	21,0	28,0	26,7	16,0	6,4	1,4	0,5
47	44,1	14,9	6,0	5,5	9,5	12,5	7,5
48	16,5	16,5	8,8	13,9	21,5	10,2	12,6
49	67,7	14,9	5,0	1,0	6,4	2,5	2,5
50	61,4	23,9	10,5	1,8	2,4		
51	40,4	40,4	16,3	2,4	0,5		
52	26,9	28,2	30,1	11,7	2,5	0,6	
53	14,3	14,9	28,8	28,7	9,2	3,5	0,6
54	48,3	22,3	11,7	8,4	6,5	2,8	
55	3,3	7,9	29,2	36,5	19,5	3,6	
56	23,5	26,9	28,9	14,9	5,3	0,5	

PROCENTUALNA RASPODJELA BROJA STABALA PO VISINSKIM  
 KLASAMA Tabela IV

Redni broj ogledne površine	Visinska klasa u m						
	2-7	8-13	14-19	20-25	26-31	32-37	preko 37
	Broj stabala u procentima						
1	2	3	4	5	6	7	8
1	6,3	52,6	36,3	4,8			
2	0,5	41,9	55,1	2,5			
3	9,5	48,7	14,2	19,8	7,8		
4	7,9	15,1	22,3	51,5	3,2		
5	11,0	61,2	27,6	0,2			
6	0,5	7,1	24,5	60,6	7,3		
7	22,9	72,2	4,0	0,9			
8	2,6	23,0	68,3	6,1			
9	0,3	1,7	53,0	45,0			
10	2,0	6,9	3,4	38,6	48,8	0,3	
11	0,7	2,2	6,5	12,6	36,6	35,6	5,8
12	9,3	34,1	44,9	11,7			
13	—	4,7	11,9	21,5	54,2	7,5	0,2
14	6,0	23,5	45,9	23,9	0,7		
15	1,2	11,5	11,0	33,3	40,8	2,2	
16	3,6	11,2	31,5	52,0	1,7		
17	—	0,9	33,7	65,4			
18	1,4	14,4	24,3	37,0	21,9	1,0	
19	—	1,9	6,7	43,8	46,8	0,8	
20	10,5	16,6	39,7	33,2			
21	2,3	4,5	72,4	20,8			
22	—	—	—	11,0	60,8	27,0	1,2
23	17,8	50,0	18,2	13,2	0,8		
24	1,5	24,0	32,0	40,1	2,4		
25	0,2	7,5	24,6	62,6	5,1		
26	—	—	9,2	52,9	37,0	0,9	
27	0,7	29,9	51,2	12,8	4,6	0,8	
28	1,5	49,7	44,9	3,5	0,4		
29	2,0	12,7	58,4	26,2	0,7		
30	1,5	8,5	18,5	46,3	24,9	0,3	
31	—	3,1	32,0	49,8	15,1		
32	8,4	31,6	16,8	35,1	8,1		
33	1,6	23,8	26,4	39,7	8,5		
34	0,8	12,2	15,4	26,1	37,4	8,1	
35	15,1	60,9	16,7	6,8	0,5		
36	1,5	19,3	50,1	26,0	3,1		
37	—	4,8	10,0	31,7	41,9	10,8	0,8
38	7,9	37,4	36,2	17,8	0,7		
39	4,8	35,8	42,5	16,9			
40	3,4	52,6	38,4	5,6			
41	2,1	14,7	25,2	33,2	23,8	1,0	
42	4,1	53,5	42,4				
43	—	3,3	33,8	58,3	4,5		
44	5,1	53,2	38,7	3,0			
45	2,8	8,4	29,4	37,7	20,3	1,4	
46	4,2	23,5	42,4	28,0	1,9		
47	20,4	32,3	12,9	19,4	12,0	3,0	
48	5,1	26,6	12,7	39,1	15,2	1,3	
49	28,2	52,0	11,8	4,0	4,0		
50	16,1	46,3	27,4	10,2			
51	6,0	49,5	44,5				
52	3,4	27,0	57,4	13,2			
53	7,4	37,4	48,3	6,9			
54	23,7	52,6	23,7				
55	1,8	5,4	27,8	58,9	6,1		
56	17,8	38,0	43,2	1,0			

## VISINE STABALA

Tabela V

## VELIČINA KRUNE STABLA

Tabela VI

Redni broj ogledne površine	Prsni prečnik stabla u cm							Redni broj ogledne površine	Prsni prečnik stabla u cm						
	15	25	35	45	55	65	75		15	25	35	45	55	65	
	Visina u m								Veličina krune u m <sup>2</sup>						
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	
1	11	16	19	20	20			1	10	25	44	63	82		
2	13	17	19	19				2	6	15	28	45			
3	11	16	20	23	26	27	28	3	6	12	20	32	47	66	
4	9	18	21	23	24	24	24	4	7	13	20	28	37	46	
5	9	13	15	17	18			5	7	19	36	56	80		
6	9	15	19	22	23	23	23	6	8	11	16	23	32	42	
7	9	14	16	17	18	19		7	7	17	37	64	93	122	
8	12	16	18	19	20	21		8	5	10	18	26	34	43	
9	16	19	20	21				9	4	9	16	24			
10	11	22	25	27	29			10	6	13	24	36	49		
11	8	13	19	26	29	31	33	11	4	9	15	20	26	32	
12	10	16	19	21				12	7	13	26	43			
13	13	19	25	28	30	31		13	3	7	13	19	27	35	
14	12	18	20	22	24	25		14	8	16	25	35	45	58	
15	13	23	27	27	27	27	27	15	6	10	18	28	40	54	
16	9	15	20	22	24			16	5	11	19	29	47		
17	—	19	20	21	22			17	15	25	38	52			
18	9	15	20	23	25	26	26	18	10	13	18	25	37	53	
19	16	21	25	28	29			19	—	8	13	19	31		
20	9	15	18	19	20	21		20	7	15	25	41	65	98	
21	9	15	18	19	19			21	5	13	25	40	57		
22	—	25	27	29	31	33	35	22	5	10	15	21	27	34	
23	9	14	18	20	21			23	5	10	20	32	44		
24	11	17	21	23	24	25	26	24	6	13	21	34	49	63	
25	10	17	21	23	24	24		25	4	7	14	23	37	55	
26	8	16	21	23	25	26	27	26	—	9	12	17	22	28	
27	11	16	20	24	27	28	29	27	5	11	19	28	38	48	
28	11	15	18	20	21			28	5	10	19	24			
29	8	13	16	18	19	20	20	29	5	12	21	30	40	50	
30	11	18	23	26	27			30	3	8	14	23	33		
31	7	15	19	22	24	26	27	31	5	8	14	22	31	40	
32	10	17	22	24	25	25	25	32	6	12	23	38	56	77	
33	10	16	20	23	24	25	26	33	6	10	17	27	40	54	
34	12	17	22	26	27	28	29	34	5	11	20	30	42	55	
35	11	16	19	21	22	22		35	4	12	23	37	58	85	
36	9	14	18	20	21	21	21	36	4	9	18	30	45	61	
37	12	17	23	26	29	30	31	37	4	8	12	19	29	45	
38	10	15	19	21	22	24	25	38	5	11	20	35	64	87	
39	11	16	19	20	20	21	21	39	3	7	17	30	46	64	
40	11	16	19	20	20	21	21	40	5	11	20	30	44	64	
41	11	18	23	24	25	26	26	41	4	7	11	19	31	50	
42	10	14	15					42	5	13	28				
43	12	15	18	21	23	24	25	43	4	10	19	29	46	73	
44	11	15	17	17				44	4	11	22	38			
45	8	14	20	24	25	25	25	45	4	8	12	17	23	31	
46	9	15	19	20	21	22	22	46	6	13	23	34	48	62	
47	9	14	18	22	24	26	27	47	3	6	11	18	25	34	
48	9	13	17	20	23	26	27	48	6	13	20	27	35	45	
49	8	13	16	19	22	24	26	49	6	13	22	32	42	54	
50	9	15	19	21	22			50	7	13	20	32	56		
51	10	14	15	15	16			51	3	9	18	28	40		
52	10	15	18	19	19	19		52	5	13	24	38	56	78	
53	7	11	14	16	18	20	21	53	5	13	25	40	55	73	
54	8	12	14	15	16	17		54	6	15	27	44	67	95	
55	8	14	19	21	23	24		55	5	9	16	28	44	62	
56	7	11	14	15	16	16		56	6	12	24	42	66	94	

INTENZITET PREKRIVENOSTI  
KRUNA Tabela VII

TEKUĆI DEBLJINSKI PRIRAST  
Tabela VIII

Redni broj ogledne površine	Debljinska klasa u cm					Redni broj ogledne površine	Prsni prečnik stabla u cm							
	10 19	20 29	30 39	40 49	50 59		12,5	17,5	25	35	45	55	65	
	Intenzitet prekrivenosti kruna u %						Tekući debljinski prirast u mm							
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	21	9	3	1		1	1,2	1,8	2,6	2,5	1,9	1,6		
2	26	9				2	0,9	1,3	1,8	1,9	1,3			
3	15	13	3	1	2	3	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
4	18	9	3	3		4	2,0	2,2	2,4	2,5	2,5	2,4	2,1	
5	24	14	5	1		5	3,1	3,3	3,7	4,4	4,1	3,2		
6	42	40	15	4	1	6	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	1,8	1,7	
7	11					7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	
8	37	12	5	4		8	1,1	1,3	1,6	1,9	1,8	1,6	1,1	
9	52	11	8	5		9	0,9	1,1	1,7	2,0	1,7			
10	59	10	5	4		10	2,0	2,3	2,6	3,0	3,4	3,7		
11	100	19	41	17	4	11	1,6	1,4	1,2	1,0	0,9	0,9	0,9	
12	35	11	4	12		12	2,1	2,4	2,9	2,7	2,3			
13	65	28	8	3		13	0,7	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	
14	31	11	8	8	3	14	2,3	2,7	3,3	3,7	3,3	2,6	2,1	
15	52	17	6	7	1	15	1,0	1,3	1,8	2,7	2,7	2,3	2,0	
16	74	17	4	2		16	0,8	1,3	1,8	2,2	2,2	2,1		
17	—	12	6	2		17	—	—	2,0	3,2	3,1	3,0		
18	90	36	12	4	5	18	0,8	1,1	1,4	1,5	1,5	1,4	1,2	
19	—	10	1	1		19	—	—	1,4	2,1	2,7	3,2		
20	28	35	14	8	2	20	0,5	0,8	1,3	1,9	2,1	2,2	2,1	
21	72	21	6	5		21	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,2		
22	42	48	14	5	2	22	—	—	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	
23	11	20	8	2	2	23	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9	2,1		
24	46	15	4	4		24	0,8	1,0	1,4	1,6	1,6	1,4	1,1	
25	64	33	11	3	1	25	0,3	0,5	0,9	1,3	1,6	1,7	1,7	
26	—	30	29	7	2	26	—	—	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
27	28	7	2			27	1,1	1,4	2,2	2,6	2,8	2,9	2,9	
28	40	8	2			28	0,6	0,8	1,9	2,0	1,2	1,0		
29	23	36	39	12	4	29	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	
30	86	36	7	4	1	30	0,4	0,6	0,9	1,1	1,3	1,4		
31	73	45	13	4	2	31	0,3	0,4	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	
32	28	38	10	4	1	32	1,0	1,0	1,2	2,2	2,4	2,0	1,6	
33	71	39	28	16	5	33	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0	
34	19	13	24	9		34	1,1	1,8	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	
35	37	21	13	5		35	0,9	1,1	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	
36	66	27	6	2	8	36	0,7	0,8	1,2	2,1	2,2	2,1	1,9	
37	28	41	15	5	1	37	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,1	1,1	
38	48	24	5	1		38	0,5	0,7	1,0	1,6	1,7	1,5	1,4	
39	50	22	6	2	1	39	0,6	0,9	1,3	1,8	1,7	1,2	1,0	
40	39	14	4	2	5	40	1,3	1,9	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	
41	46	27	12	5	5	41	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,4	1,4	
42	30	5	2			42	0,9	2,0	3,0	4,2				
43	65	33	15	7	3	43	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	
44	53	19	4			44	1,2	1,4	2,2	2,5	2,6			
45	93	50	39	8		45	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,0	0,9	
46	62	23	7	4	1	46	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	
47	37	40	37	18	1	47	0,8	0,8	0,9	0,8	0,6	0,5	0,5	
48	49	33	16	13	1	48	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5	0,5	0,7	
49	31	8	4	15	5	49	0,7	0,9	1,2	1,3	0,9	0,9	0,7	
50	44	13	11			50	1,9	2,4	3,3	4,2	4,2	4,0		
51	32	8	3			51	0,7	0,9	1,4	1,8	1,5	0,5		
52	54	10	3	3	2	52	0,4	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	
53	78	45	18	4		53	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	
54	42	31	30	3		54	0,9	1,0	1,2	1,2	1,0	0,9	0,8	
55	56	51	8	5	2	55	0,2	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,8	
56	74	19	4	2		56	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	



Redni broj ogledne površine	Debljinska klasa u cm					Redni broj ogledne površine	Debljinska klasa u cm				
	10 19	20 29	30 39	40 49	50 59		10 19	20 29	30 39	40 49	50 59
	dm <sup>3</sup> /100 m <sup>2</sup> /godišnje						dm <sup>3</sup> /100 m <sup>2</sup> /godišnje				
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	24	36	39	29	30	29	—	22	26	19	18
2	22	51	65	49		30	13	33	39	62	
3	79	27	30	26	14	31	—	44	14	30	32
4	53	52	89	118		32	57	46	50	54	52
5	60	58	54	38	15	33	9	37	22	36	54
6	—	28	62	40	59	34	40	76	89	73	38
7	15	19	51	49	18	35	59	43	36	17	21
8	27	47	57	41	48	36	23	66	59	66	20
9	17	63	89	73		37	—	19	57	61	49
10	57	68	84	106	106	38	15	25	31	27	19
11	—	28	43	34	31	39	43	81	49	37	40
12	49	77	60	34		40	46	80	64	80	35
13	39	31	57	57	80	41	25	25	46	76	48
14	47	80	101	64	51	42	30	80	80		
15	36	93	108	70	65	43	—	17	30	32	34
16	17	54	67	59	67	44	33	62	49	43	
17	—	15	66	73	60	45	16	32	48	49	16
18	23	38	70	63	56	46	11	9	18	16	18
19	—	61	109	151		47	51	36	35	41	15
20	53	26	33	41	31	48	50	37	15	49	22
21	36	32	42	38	55	49	23	30	23	49	8
22	—	44	36	29	61	50	43	94	101	68	73
23	59	47	30	56	47	51	25	45	52	42	
24	17	42	47	32	84	52	2	13	23	9	6
25	13	33	68	61	77	53	5	7	9	11	8
26	—	44	11	45	35	54	14	24	23	11	
27	31	71	117	112	30	55	—	44	6	18	24
28	22	71	91	49		56	2	2	4	6	4