

PAVLIĆ J.:

**PRIRAST STABLA U ZAVISNOSTI OD VELIČINE KROŠNJE
I OD NJEGOVOG POLOŽAJA U SASTOJINI**

**BAUMZUWACHS IN ABHÄNGIGKEIT VON DER KRONENGRÖSSE UND
DER LAGE DES BAUMES IM BESTAND**

Doktorska disertacija

branjena 6. oktobra 1966. godine na Šumarskom fakultetu u Sarajevu pred komisijom koju su sačinjavali:

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

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

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

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

PREDGOVOR

Kad god se u dosadašnjem razvoju šumarske nauke i prakse radilo o pronalaženju mera koje bi omogućile povećanje prinosa, šumarski stručnjaci su posvećivali najveću pažnju sastojini kao celini odnosno njenom prirastu. Na osnovu obimnih istraživanja koja su pored ostalog vršena u tu svrhu, izrađene su prinosne tablice za jednodobne sastojine i tablice taksacionih elemenata za preborne sastojine. Pomoću njih šumarski stručnjaci mogu oceniti šta se može dobiti od jednodobne sastojine određene vrste drveta na određenom staništu pri različitim starostima, omeru smese i obrastima, a šta od preborne sastojine uz odgovarajuću raspodelu broja stabala po debljinskim stepenima, sklopu i omeru smese. Za preborne šume je uglavnom rešen i normalni sastav za razne strukture prinosa koje bi se, s obzirom na potrebe u drvnim sortimentima, mogle da jave. Ovo je nesumnjivo veliki uspeh, jer ima za šumarsku praksu ogroman značaj.

Stablu međutim, kao nosiocu proizvodnje drveta u sastojini nije bila posvećena tako velika pažnja. Još uvek nije, između ostalog, dovoljno proučena ni zavisnost veličine prirasta stabla od veličine krošnje, njenog stepena vitkosti, položaja koji stablo ima u sastojini itd. Značaj krošnje uopšte, a posebno njene veličine za rast i prirast stabla nije potrebno posebno isticati kao ni to da se na te činioce može uticati raznim merama. Stoga sam u ovom radu pokušao da utvrdim delovanje nekih od spomenutih činilaca na prirast stabla i dođem do zakonitosti koje će, nadam se, doprineti daljem osvetljavanju pomenutog problema i pomoći šumarskom stručnjaku u njegovom nastojanju da poveća prinos.

Obrada teme je otpočeta krajem 1960. godine. Do 1962. godine je proučavana potrebna literatura, izrađena metodika i izvršen izbor stabala za uzorak. Obimna matematska obrada podatka koju je trebalo izvršiti finansirana je 1962. godine iz sredstava Republičkog fonda za unapređenje šumarstva NR BiH preko Sekretarijata za šumarstvo, a u 1963 godini iz sredstava Fonda za nastavu i naučnoistraživački rad Fakultetskog šumskog oglednog dobra „Igman“ sa Ilidže.

Tema je bila za svo vreme njene obrade sastavni deo programa naučnog rada Odeljenja za uređivanje šuma Instituta za šumarstvo Šumarskog fakulteta u Sarajevu.

Sarajevo, avgusta 1964. godine

Autor

PROBLEM

Osnovna delatnost šumarstva kao struke sastoji se u aktivnosti na povećanju prinosa, njegovom prilagodavanju potrebama društva, kako u pogledu vrste drveta tako i u pogledu njegove debljinske strukture, i u aktivnosti da realizacija takvog prinosa bude što rentabilnija.

Prinos će biti veliki ako je zapreminski prirast veliki, a proizvodnja će biti rentabilna ako je, između ostalog, veliki procenat prirasta, odnosno ako je zaliha drveta, koja je angažovana kao proizvodno sredstvo pri istoj veličini prirasta, manja.

Veličina prirasta i procenta prirasta preborne sastojine zavise od velikog broja faktora. Njihovo delovanje je vrlo složeno jer se međusobno prepliću i menjaju. Zbog toga je jako otežano osvetljavanje stvarnog delovanja svakog pojedinog od tih faktora na prirast sastojine. Zavisnost zapreminskog prirasta prebornih sastojina i procenta prirasta od najvažnijih merljivih elemenata sastojine na području Bosne ispitivali su: Matić (50, 51), Vukmirović (82, 51), Drinić (20, 51) i Stojanović (51). Međutim, pri istim taksacionim elementima sastojine (bonitetu, omeru smese, sklopu i raspodeli stabala po debljinskim stepenima) može veličina prirasta da bude različita. Logično je pretpostaviti da pri istom zdravstvenom stanju svakog pojedinog stabla sastojine navedene promene prirasta mogu da budu ponajpre uslovljene različitim prirastom svakog pojedinog stabla unutar istog debljinskog stepena. Ako svako stablo sastojine ima najveći mogući prirast, po jedinici površine koju zauzima u sastojini normalno je očekivati da će i sastojina postići isto takav prirast.

Pošto na veličinu prirasta stabla, pored ostalih faktora, utiče i veličina krošnje, to sam, kao saradnik Odelenja za uređivanje šuma, postavio sebi zadatak da u granicama mogućnosti osvetlim pitanje zavisnosti veličine prirasta i veličine procenta prirasta preborne sastojine od veličine krošnji stabala i to na posredan način. Naime, uzeo sam kao neposredni zadatak osvetljavanje zavisnosti zapreminskog prirasta krupnog drveta stabla po jednom kvadratnom metru projekcije krošnje od veličine njegove krošnje, kao i zavisnosti debljinskog prirasta od istog taksacionog elementa za naše privredno najvažnije vrste drveća: jelu smrču, bukvu, hrast kitnjak, beli bor i crni bor.

Osnove za formulisanje zadatka pomoću prirasta stabla po 1 m^2 projekcije krošnje su sledeće:

— što je veći zapreminski prirast stabla po 1 m^2 projekcije njegove krošnje, to će biti, uz ostale iste uslove, veći i prirast sastojine po 1 ha , i

— što je veći debljinski prirast stabla, to će biti veći i procent zapreminskog prirasta sastojine.

Veličina krošnje stabla jednom je izražena pomoću veličine projekcije, a drugi put pomoću veličine zapremine krošnje. Za smrčevo stablo je ona još izražena istovremeno sa oba navedene elementa.

Zavisnost zapreminskog prirasta stabla po 1 m^2 njegove projekcije krošnje od veličine krošnje, a isto tako i debljinskog prirasta, može se realnije utvrditi ako se pri analizi tin zavisnosti istovremeno obuhvati više drugih faktora, koji takođe utiču na prirast. Sve te faktore ne možemo, po pravilu, nikada obuhvatiti istraživanjima jer su neki praktično nemerljivi. To je potpuno razumljivo ako se ima u vidu da se radi o biološkoj oblasti.

Kao nezavisne faktore (koji utiču na prirast stabla) uzeo sam, osim veličine krošnje, i sledeće:

- bonitet staništa, ocenjen na osnovu visine stabla,
- stepen prekrivenosti krošnje stabla krošnjama drugih stabala, i
- debljinski stepen kome stablo pripada.

Kako je ovim faktorima uglavnom definisan i položaj stabla u odnosu na druga, to je temi dat navedeni naslov.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA DRUGIH AUTORA

Rezultati izvršenih istraživanja u jednodobnim sastojinama

U jednodobnim sastojinama vršena su brojna istraživanja zavisnosti prirasta sastojina od veličine krošanja. Može se reći da se uglavnom sva ispitivanja uticaja raznih vrsta proreda i stepena njihove jačine svode u znatnoj meri na tu zavisnost. Zakonitosti o uticaju veličine krošanja na prirast, koje su do nedavno bile jedino poznate, uglavnom su plod tih istraživanja. Zahvaljujući njima došlo se i do značajnih rezultata u pogledu metodike terenskih snimanja pojedinih dimenzija krošanja, do upoznavanja oblika i izgrađenosti krošanja i do matematičkih izraza za izračunavanje zapremine i omotača krošnje, kao i do niza pokazatelja koji karakterišu krošnju.

Iako se sve vrste proreda svode na to da se stablima da odgovarajući prostor za rastenje, one nisu izražavane veličinom krošnji koje bi stabla trebala da imaju u pojedinim starostima već brojem stabala ili temeljnicom po hektaru.

Bilo je relativno malo direktnih istraživanja uticaja veličine krošnje na prirast stabala. Ona su ponekad vršena na vrlo malom broju stabala i bila su u većini slučajeva jednostrana. Zbog toga se nije poklonila dovoljna pažnja većini rezultata do kojih se došlo pa oni nisu našli odgovarajuću primenu u praksi.

Za ovu temu su od interesa rezultati koji se odnose na zapreminski prirast stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje i na debljinski prirast, u zavisnosti od prečnika, dužine, projekcije ili zapremine krošnje.

Hartig R. (29) je hrastovom stablu koje je raslo u sastojini prepolovio krošnju uzduž na taj način što je odsekao jednu granu ramlje koja je bila potpuno simetrična. Pri tome, iako se krošnja prepolovila, ne samo po zapremini nego verovatno i po veličini projekcije, zapreminski prirast stabla nije bio upola manji već se smanjio za 28% od onoga koje je to stablo imalo uz celu krošnju.

Flury Ph. (22) je konstatovao da stabla smrče i bukve uz jačinu prorede C i D stepena imaju veći debljinski prirast nego uz stepene A i B. U isto vreme se može videti da su stabla uz stepen prorede C, a naročito uz D, imala veće prečnike krošnji nego uz prorede A i B.

Busse (19) je pokazao da se debljinski prirast kod hrasta, smrče, bora i bukve povećava usled povećanja dužine i prečnika krošnje.

Burger H. (8) je uporedio prirast temeljnice smrče uz intenzitet prorede B i D za nekoliko debljinskih stepenova. Uz proredu jačine D, prirasti temeljnice su bili veći. Iz tabele na strani 155 se može videti da je dužina krošnje i projekcije krošnje stabla bila u svakom debljinskom stepenu uvek veća pri primeni stepena prorede D nego pri primeni prorede stepena B.

Wohlfahrt E. je, kako navodi Burger (8), problemu veličine prostora za rastenje i veličini prirasta u smrčevim sastojinama dao novi prilog koji se sastoji u ovim rezultatima:

- a) postoji zakonitost između veličine prečnika stabla i veličine krošnje;
- b) početak krošnje leži približno na istoj visini, bez obzira na prečnik stabla;
- c) visine stabala, dužine, projekcije i zapremine krošnji se povećavaju usled povećanja prečnika stabla;
- d) projekcije krošnja pokrivaju 65 — 83% površine tla;
- e) zapremine krošnja po ha se kreću od 22.000 do 28.000 m³;
- f) krošnje stabala u jako proredivanim sastojinama su duže i njihove zapremine su veće, tako da uprkos manjem broju stabala zapremine krošnja po ha mogu biti veće nego pri primeni slabijih jačina proreda i
- g) smanjenje broja stabala pri jakim proredama neće moći uvek biti nadoknađeno većim prirastom pojedinih stabala.

Burger H. (11) je ustanovio da se zapreminski prirast i prirast temeljnice smrčevog stabla povećava usled povećanja zapremine krošnje. U gustom sastojini je to povećanje i apsolutno i relativno, dok je pri primeni svetle (jake prorede) to povećanje samo apsolutno.

Badoux E. (5) je konstatovao da je tekući zapreminski prirast nadstojnih stabala sastojine belog bora proporcionalan omotaču krošnje na kome se nalazi najveći deo četina koje i „proizvode” i da ne postoji direktna veza između zapremine krošnje i prirasta, a zatim da postoji dosta uska veza između prirasta vladajućih i jako suvladajućih borova i njihove projekcije krošnje.

Dengler je, kako navodi Badoux (5), tvrdio da će sastojina velikog sklopa imati veći prirast ako su krošnje umerene veličine nego ako su one vrlo velike.

Mayer R. (52) svoje rezultate istraživanja u hrastovim jednodobnim sastojinama ovako formuliše: „Maksimalni zapreminski prirast po 1 m² projekcije krošnje unutar pojedine klase stabala (Kraft) postižu stabla najmanjih projekcija krošnja, zatim „što je manja krošnja iste klase stabala utoliko je ekonomičnije iskorišćenje stajališne površine”, i dalje: „Hrastovi sa velikim krošnjama (projekcijama) pod povoljnijim uslovima imaju znatno šire godove nego oni sa malom”.

Eule H. W. (21) je konstatovao za buku da prirast temeljnice po 1 m² projekcije krošnje opada usled povećanja projekcije krošnje.

Kennel R. (36) je za smrčevo stablo konstatovao, primenjujući metod višestruke regresione analize, da prirast po jedinici površine projekcije krošnje opada usled povećanja projekcije krošnje i da visina stabla pozitivno „utiče” na njega.

Rezultati izvršenih istraživanja u prebornim sastojinama

U prebornim sastojinama nisu vršena tako brojna istraživanja uticaja veličine krošnje na prirast stabla kao u jednodobnim, ali se, zahvaljujući primeni odgovarajućih metoda istraživanja, nedavno došlo do značajnih rezultata kako u pogledu uticaja veličine krošnje tako i u pogledu uticaja drugih taksacionih elemenata stabla na njegov prirast.

Autori koji su rešavali normalni sastav prebornih sastojina na bazi pokrova krošnji, kao i oni koji su to pokušali da reše na bazi temeljnica, smatrali su normalnom onu veličinu projekcije krošnje unutar jednog debljinskog stepena koja se dobila kao aritmetička sredina projekcija krošanja stabala tog debljinskog stepena (55,31).

Burger H. (14, 18) je na osnovu izvršenih istraživanja na oglednoj površini u prebornoj šumi *Toppwald*, čija je površina bila 1,77 ha, između ostalog, zaključio sledeće:

— krošnje su u prebornoj šumi srazmerno duže i šire nego u jednodobnoj;

— početak krošnje sasvim mladih biljaka se poklapa sa najvećim presekom krošnje;

— za prosečna računanja zapremine krošanja stabala jele i smrče debelih od 10 — 40 cm. može se primeniti oblični broj od 0,45, a za deblja stabla 0,5;

— deblja stabla (*Bauholz*, *Sägholz*) imaju veći prirast nego tanka (*Stangen*), ali odnos između količine lišća i prirasta postaje sve nepovoljniji usled povećanja krošnje;

— stabla jele i smrče iste debljine imaju različite priraste temeljnica, što zavisi od njihovog položaja u sastojini. Razlike u prirastu između zasenjenih, potisnutih, suvladajućih i vladajućih stabala nisu tako velike kao u jednodobnim visokim šumama, što znači da klase stabala u prebornoj šumi imaju nešto drukčije značenje;

— prirast jelovog stabla, naročito u prebornoj šumi, jako je ovisan od starosti i položaja koji ima u sastojini;

— četine debelih stabala jele, koja imaju velike krošnje, slabo (tromo) „rade“;

— stabla jele u slobodnom položaju ili jako vladajuća mogu povećati svoju krošnju, koja tada prelazi optimalnu veličinu, pri kojoj više nije većina četina povoljno osvetljena i pri kojoj se troši srazmerno mnogo asimilata za godišnje obnavljanje četina a premalo za prirast.

K n u c h e l H. (41) zaključuje na osnovu rezultata drugih autora u pogledu odnosa količina lišća — prirast, sledeće: „usled povećanja gustine lišća opada udeo grana svetla i intenzitet unutarnjeg svetla, tako da prirast ide proporcionalno količini lišća samo do jednog optimuma, a zatim relativno opada“. I dalje: „Iz rečenog proizlazi, da se u šumskom gospodarstvu mogu postići još veliki uspešni putem povoljnijeg oblikovanja krošnji i sastojina“. (str. 124, slobodan prevod).

Uputstvima za doznaku stabala u prebornim šumama NRBiH iz 1953. godine (70) u vezi sa veličinom i oblikom krošnji, a u svrhu postizanja zado-

voljavajućeg prinosa, propisuje se na strani 6 tač. 9: „Prinos će biti samo onda zadovoljavajući ako sva stabla dobro prirašćuju i ako su sva stabla tehnički vrijedna. Stoga u sistematskom uklanjanju iz šuma stabala koja ne zadovoljavaju i favorizovanju stabala sa visokim i kvalitetnim prirastom treba gledati najefikasniju meru za podizanje prinosa, naročito u našim šumama, zbog velikog učešća loših stabala”, i dalje: „Prvenstveno treba zahvatiti doznakom ona stabla čiji je prirast najmanji i najmanje vrijedan. Stoga se po prioritetu imaju uklanjati iz šume stabla ovim redom:

- a) prelomljena ...
- b) jako potištena ...
- c) stabla vrlo grbave deblovine ...
- d) stabla sa abnormalno razvijenom, jako ekscentričnom, prejakom i uskom (bičastom) krunom,
- e) stabla sa slabim tehničkim svojstvima,
- f) dobra stabla, ako im je prirast nizak, a koče razvoj stabala boljih od sebe.

Kako se ovim Uputstvima ne preporučuju stabla sa prejakim i uskim krošnjama, može se zaključiti da je najbolja krošnja srednje veličine (tač. d).

Matić (49) je 1956 godine, na osnovu velikog broja premerenih jelovih i smrčevih stabala u prebornim sastojinama Bosne, konstatovao da zapreminski prirast stabla po 1 m² projekcije krošnje u zavisnosti od debljine stabla ima kod tanjih debljinskih stepena malu vrijednost, da kod srednjih kulminira, i da kod jačih opada. Pri boljim stanišnim uslovima kulminacija ovog prirasta pomerena je u desno, prema jačim debljinskim stepenima. Tom prilikom je Matić predložio (str. 18 tab. 2) veličine projekcija krošnji za jelova i smrčeva stabla po debljinskim stepenima (za jelu i po bonitetnim razredima). Te projekcije krošnja autor naziva normalnim.

Godine 1959 isti autor (50) je, između ostalog, konstatovao, primenjujući metod višestruke regresione analize, zavisnost zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje od boniteta staništa i debljine stabla za jelovo, smrčevo i bukovo stablo i zavisnost debljinskog prirasta stabla od boniteta staništa i debljine stabla, kao i zavisnost veličine projekcije krošnje od istih taksacionih elemenata.

Mitscherlich G. (59) je 1961 godine na osnovu istraživanja u dve preborne mešovite sastojine jele i smrče konstatovao da je debljinski prirast stabla veći ako je projekcija krošnje veća i da je zapreminski prirast stabla po m² projekcije krošnje bio najveći kod onih stabala koja su imala srednju veličinu projekcije krošnje od svih veličina krošnji koje su se javile u tim sastojinama. Ta stabla pripadaju onom debljinskom stepenu do koga se dođe od brojanjem 75 do 100 stabala, idući od debljih prema tanjim. Taj prečnik je iznosio 40 cm. To isto je konstatovao i za zapreminski prirast po 1 m² omotača krošnje stabla u zavisnosti od veličine omotača, kao i za prirast po m³ zapremine krošnje stabla u zavisnosti od veličine zapremine krošnje. Navedene rezultate autor komentariše približno ovim rečima (str. 90): „Najveće krošnje prema njihovom sadržaju ne pokazuju najveći prirast. Najveći prirast po m² projekcije krošnje i omotača krošnje ili po m³ zapremine krošnje imaju stabla

koja upravo prerastaju iz srednjeg u gornji sloj, čije su projekcije već slobodne, ali se još nisu toliko raširile, kao kod stabala s velikim krošnjama koja se već dugo nalaze u gornjem sloju”.

Osim navedenog, autor je takođe konstatovao da se zapreminski prirast stabla u apsolutnom iznosu povećava usled povećanja veličine njegove krošnje.

Assmann (2) je bio u mogućnosti da na osnovu istraživanja koja je izvršio Badoux na oglednim površinama prebornih šuma u Švajcarskoj konstatuje da zapreminski prirast stabla po m^2 projekcije krošnje jako opada posle prekoračenja određenog prečnika i da je on kod stabla tanjih debljinskih klasa jako malen.

Somer H. G. (74) je ispitivao veze između oblika krošnje jele i prirasta. Pri tome je najviše pažnje poklonio stablima najvišeg sprata. Izdvojio je tri klase. U prvu su došla stabla koja su imala visinu od 33 do 44 m, prosečnu dužinu krošnje 50% od visine, koja ni u srednjem sloju nisu bila stešnjena sa strane. Ta stabla imaju ispupčeniju krošnju. Drugoj klasi su pripala stabla visoka 31 do 39 m, sa prosečnom dužinom krošnje od približno 50% visine. Ta stabla imaju valjkasti oblik krošnje. Ona su urasla u gornji sloj lako stešnjena, ali dolaskom u slobodan položaj nisu otpočela da se bočno razvijaju. U treću klasu su svrstana ona stabla koja su u gornji sloj urasla u grupama. Imaju visinu od 29 do 35 m, i dužinu krošnje oko 30% od visine stabla. Prelaskom u gornji sloj, grane počinju rasti bočno, koso i naviše i time stvaraju oblik sličan rodnom gnezdu.

Najveći debljinski i zapreminski prirast su imala stabla s krošnjama prve klase, zatim slede stabla druge i treće klase.

Interesantno je mišljenje autora da pitanje ekonomičnog iskorištenja stajališnog prostora gornjeg sloja prebornih sastojina treba napustiti pošto je mogući broj stabala tog sloja fiksiran. Taj broj stabala iznad 30 cm debljine kreće se od 120 do 190 komada po ha, a za stabla iznad 50 cm od 30 do 60 po ha.

Drinić P. (20) i Stojanović O. (75) su, primenjujući metod višestruke regresione analize, utvrdili zavisnost prirasta stabla crnog odnosno belog bora po $1 m^2$ projekcije njegove krošnje od debljine stabla i boniteta staništa. Osim toga ustanovili su i zavisnost debljinskog prirasta stabla od njegove debljine i boniteta staništa, kao i zavisnost veličine projekcije krošnje stabla od tih faktora.

Kosonogov P. (42) je konstatovao za jelu i smrču zavisnost debljinskog prirasta stabla od dužine krošnje, debljine i visine stabla. Unutar iste debljine stabla debljinski prirast se povećava povećanjem dužine krošnje, a smanjuje povećanjem visine stabla. Pod uticajem debljine stabla on se prvo povećava, a zatim opada.

IZVORNI MATERIJAL

Za obradu ove teme nisu na terenu posebno prikupljeni podaci nego su u tu svrhu poslužili oni koji su prikupljeni tokom nekoliko godina u vezi sa ispitivanjem prirasta u šumama BiH. Ta ispitivanja je vršila Katedra za uređivanje šuma Šumarskog fakulteta u Sarajevu.

Na privremenim oglednim površinama koje su bile u tu svrhu postavljene u sastojinama jele, smrče, bukve, hrasta kitnjaka, belog bora i crnog bora prikupljeni su, između ostalih, i sledeći podaci svih dubelih stabala iznad taksacionog praga: prsni prečnik, visina stabla, dužina krošnje, veličina projekcije i prekrivenost krošnje i debljinski prirast.

Zahvaljujući tim podacima na čijem sam prikupljanju lično učestvovao tokom letnjih meseci 1955, 1956 i 1957 godine, mogao sam otpočeti s obradom teme bez posebnih terenskih snimanja. Ta činjenica se odrazila pozitivno jer je osetno snizila troškove i skratila vreme trajanja obrade teme. Negativno se odrazila u tome što nisam raspolagao podacima o visini najvećeg horizontalnog preseka krošnje, koji bi mi omogućili da odredim veličinu dela krošnje iznad i ispod tog preseka ili, kako ih Burger naziva, veličinu »krune svetlosti« i »krune senke«. Ovi delovi, naročito prvi, imaju znatnog uticaja na prirast stabla.

Nacin premera taksacionih elemenata

Prsni prečnik stabla s korom, određen je kao aritmetička sredina dva unakrsno merena prečnika do na 1 cm. tačnosti. Ukoliko je sredina bila decimalan broj, vršeno je naizmenično zaokružavanje na prethodni niži odnosni naredni viši debljinski stepen širine 1 cm.

Visina stabla mjerena je Eičevim visinomjerom sa tačnošću od 1,0 m.

Dužina krošnje izračunata je kao razlika između visine stabla i dužine debla do krošnje. Dužina debla do krošnje merena je takođe Eičevim visinomjerom. Kao početak krošnje uzeta je prva zelena grana.

Horizontalna projekcija krošnje stabla izračunata je kao površina kruga na osnovu srednjeg prečnika krošnje koja je bila u olistalom stanju. Srednji prečnik krošnje je aritmetička sredina dva izmerena prečnika. Prečnici krošnje su prvo pomoću viska projektovani na tlo i obeležene njihove projekcije, a zatim su pomoću horizontalno zategnute pantljičke izmerene do na 0,5 m tačnosti. Pantljička je pri merenju morala da dodiruje stablo.

Prekrivenost krošnje stabla je procenjivana i iskazivana u procentima od ukupne površine projekcije krošnje stabla koja je označena sa 100%. Stepen detaljisanja bio je 10%, a negde i 5%.

Tekući desetogodišnji (na nekim oglednim površinama i šestogodišnji) debljinski prirast određen je pomoću izvrtaka. Bušenja su vršena priraštajnim svrdlom u prsnoj visini. Za svako stablo po dva, i to na mestu najmanjeg i najvećeg poluprečnika ili dijametralno na mestima gde su kraci prečnice s otvorom srednjeg prečnika dodirivali stablo. Na svakom izvrtku odbrojano je, idući od periferije prema srcu, po 10 odnosno 6 godina. Te dužine su izmerene lenjirom do na 0,5 mm tačnosti i sabrane. Ovaj zbir dužina je tekući periodični prirast za period od 10 odnosno 6 godina. Kako se rad na privremenim oglednim površinama odvijao preko leta god koji se počeo formirati u tekućoj godini nije uzet u obzir. U svrhu što tačnijeg odbrojavanja godina, izvrtci iz bukovih stabala su rezani okomito na drvene sudove, a zatim je uz pomoć lupe vršeno brojanje godina.

OBRADA IZVORNOG MATERIJALA

Izbor privremenih oglednih površina za uzorak

Od velikog broja privremenih oglednih površina trebalo je odabrati za svaku od navedenih vrsta drveta po prilici 15 da bi se iz njih izabrala stabla za uzorak.

Osnovni kriterijumi za izbor tih oglednih površina su bili sledeći:

— da unutar odabranih oglednih površina bude zastupljen svaki bonitetni razred staništa sa približno istim brojem slučajeva;

— da je struktura svake ogledne površine jele, smrče i bukve preborna;

— da se sklop ogledne površine, određen na osnovu projekcija krošanja svih stabala, ne sme razlikovati za veći iznos od 0,2 od sklopa koji je bio utvrđen na osnovu merenja po vizurnim pravcima, koji su postavljeni na rastojanju od po 10 metara (sistem nitnog planimetra). Ovaj uslov je bio postavljen kao garancija za tačan premer projekcije krošnje svakog stabla.

Pridržavajući se izloženog, za izbor stabala za uzorak odabrane su ogledne površine navedene u tabeli 1. Detaljniji podaci o tim površinama mogu se naći u radovima autora (20, 48, 75, 82).

Izbor stabala za uzorak i njihov broj

Kako je zadatak teme bio da se ustanovi zavisnost zapreminskog i debljinskog prirasta stabla, trebalo je sa odabranih privremenih oglednih površina (vidi tabelu 1) izabrati stabla za uzorak. Za svaku vrstu drveta uzeto je oko 500 stabala. To je učinjeno na sledeći način.

Sa izabranih privremenih oglednih površina istog bonitetnog razreda razvrstana su sva stabla iste vrste drveća prema debljini. Pri tome su, umesto crtica, upisivani njihovi redni brojevi iz manuala. Zatim je odbrojavanjem unutar svakog debljinskog stepena širine 5 cm uzeto za uzorak svako n-to stablo. Tako je npr. sa privremenih oglednih površina koje su pripadale prvom bonitetnom razredu s obzirom na jelu uzeto iz debljinskog stepena 12,5 cm svako dvadesetčetvrto od ukupno 296 stabala, iz debljinskog stepena 17,5 cm svako dvadeset drugo od ukupno 270 stabala, iz debljinskog stepena 22,5 cm svako dvadeset peto od ukupno 274 stabala, itd. Do broja n došao sam tako što sam ocenio da bi sa privremenih oglednih površina istog bonitetnog razreda staništa i iste vrste drveta bilo dovoljno uzeti oko 100 stabala za uzorak, pod uslovom da od toga broja u tanjim debljinskim stepenima bude nešto veći broj stabala nego u debljim. Ovo zbog toga što je veće variranje tanjih stabala s obzirom na prekrivenost krošnje. Ta su stabla po pravilu više odnosno češće prekrivena nego debela i unutar njih se mogu javiti svi stepeni prekrivenosti krošnje od 0 do 100%.

Do broja od 100 stabala došlo se deobom 500 stabala (toliko sam stabala s obzirom na raspoloživa finansijska sredstva mogao uzeti za uzorak) sa 5, tj. sa brojem bonitetnih razreda staništa.

Ukoliko se dogodilo da je stablo koje bi odbrojavanjem trebalo uzeti bilo nepravilnog izgleda (deformisana krošnja, trulo, itd.) nije uzeto u obzir. Umesto

Tabela 1

REDNI BROJ	VRSTA DRVEĆA	Privremena ogled- na površina broj:	ŠUMSKA UPRAVA	GOSPODARSKA JEDINICA	Odeljenje br.	Mjerenja su izvršena godine	Nadmorska visina	Ekspozicija	Bonitetni razred	Debljinski prirast mjeren za period od godina:
1.	J E L A	2	OLOVO	Gor. Krivaja	52	1955	1130	SI	1	6
2.		17		Kaljina - Bioštica	263	*	837	SZ	1	6
3.		10	NEMILA	Nemila - Bistričak	94	*	500	SZ	1	10
4.		1		~ ~	48	*	700	SI	2	10
5.		16	OLOVO	Kaljina - Bioštica	262	*	760	SI	2	6
6.		18		Donja Krivaja	186	*	830	Z	2	10
7.		4	FŠ.O.D. IGMAN*	Igman	16	*	1380	SI	3	10
8.		16			64	*	1580	SZ	3	10
9.		13			102	*	1390	SI	3	10
10.		7			39	*	1470	J1	4	10
11.		11			50	*	1320	JZ	4	10
12.		18			21	*	1220	SI	4	10
13.		8			79	*	1440	J	5	10
14.		14			102	*	1465	J	5	10
15.		12			92	*	1570	Z	5	10
16.	S M R Č A	2			OLOVO	Gor. Krivaja	52	*	1130	SI
17.		4	Kaljina - Bioštica	101		*	1120	SI	2	6
18.		16	262	*	760	SI	2	6		
19.		18	KOTOR VAROŠ	Vrbanja	127	1957	700	SZ	2	10
20.		13	FŠ.O.D. IGMAN*	Igman	102	1955	1390	SI	3	10
21.		5	14	*	1400	SZ	3	10		
22.		21	OLOVO	Donja Krivaja	198	*	820	JZ	3	10
23.		4	FŠ.O.D. IGMAN*	Igman	16	*	1380	SI	4	10
24.		12	OLOVO	Kaljina - Bioštica	248	*	920	J1	4	10
25.		21	KOTOR VAROŠ	Vrbanja	129	1957	740	JZ	4	10
26.		11	FŠ.O.D. IGMAN*	Igman	50	1955	1320	JZ	4	10
27.		8			79	*	1440	J	5	10
28.		14			102	*	1465	J	5	10
29.		12			92	*	1570	Z	5	10
30.		V A V K J B	3	KLADANJ	Oskova - Gostilja	131	1956	730	S	1
31.	4		TESLIĆ	Velika Ukrina	81	*	400	S	1	10
32.	10		~ ~	Usora	16	*	380	SZ	2	10
33.	15		KLADANJ	Oskova - Gostilja	119	*	880	S	2	10
34.	2			M Spreča - Brišino	130	*	680	S	2	10
35.	8			162	*	620	SZ	3	10	
36.	10			Oskova - Gostilja	97	*	900	SZ	3	10
37.	9		TESLIĆ	Velika Usora	17	*	500	Z	3	10
38.	3		KOTOR VAROŠ	Vrbanja	7	1957	710	SZ	4	10
39.	4		TUZLA	Oskova - Gostilja	32	1956	450	Z	4	10
40.	14		TESLIĆ	Velika Usora	406	*	420	J1	4	10
41.	16				404	*	440	JZ	4	10
42.	5		KOTOR VAROŠ	Vrbanja	48	1957	740	SI	5	10
43.	15				32	*	980	Z	5	10
44.	26	130			*	920	SI	5	10	

Tabela 2

REDNI BROJ	VRSTA DRVETA	Povremena česljena povr- šina broj	ŠUMSKA UPRAVA	GOSPODARSKA JEDINICA	Odeknje br	Mjerenja su izvršena godine	Nadmorska visina	Ekspozicija	Bonitetni razred	Debljinski prirast mjeren od od godina	
45	H R A S T	3	805. BROD	Vučjak	18	1957	315	J1	1	10	
46		13	DERVENTA	Motajica	138	"	530	J	1	10	
47		15 b	VOZUĆA	Donja Krivaja	425	"	400	S1	1	10	
48		8	DERVENTA	Motajica	117	"	380	J	2	10	
49		18			153	"	590	JZ	2	10	
50		4	805. BROD	Vučjak	22	"	300	JZ	2	10	
51		9	DERVENTA	Motajica	118	"	360	JZ	2	10	
52		5			71	"	340	SZ	3	10	
53		10	TESLIĆ	Mala Ukrina	131	1958	500	I	3	10	
54		8	NEMILA	Nemila-Pepelari	41	"	450	J	3	10	
55		4			44	"	470	J	4	10	
56		6			90	"	380	Z	4	10	
57		1	TESLIĆ	Velika Ukrina	138	"	520	Z	5	10	
58		2			132	"	560	J1	6	10	
59		3			119	"	540	J1	6	10	
60		B I J E L I B O R	21		Kaljina-Biaštica	41	1957	790	JZ	1	10
61			7		Romanija-Jahorina	54	"	1180	J	1	10
62			20	SOKOLAC	Kaljina-Biaštica	42	"	790	JZ	1	10
63			1		Romanija-Jahorina	55	"	1230	JZ	2	10
64	2				56	"	1220	S1	2	10	
65	3		VIŠEGRAD	Sjemeč	238	1958	1240	JZ	2	10	
66	11		PALE	Romanija-Jahorina	24	1957	1230	JZ	3	10	
67	1		BUGOJNO	Prusačka Rijeka	35	1958	1060	J1	3	10	
68	5				10	"	1140	Z	3	10	
69	23		SOKOLAC	Kaljina-Biaštica	46	1957	1190	JZ	4	10	
70	5		VIŠEGRAD	Sjemeč	239	1958	1220	J	4	10	
71	11		BUGOJNO	Prusačka Rijeka	32	"	1890	J	4	10	
72	16		SOKOLAC	Kaljina-Biaštica	46	1957	1250	Z	6	10	
73	9		BUGOJNO	Prusačka Rijeka	32	1958	1430	J	6	10	
74	17				26	"	1380	JZ	5	10	
75	C R N I B O R		11		Višegrad	9	1956	1200	J	1	10
76			13	VIŠEGRAD	Sjemeč	297	"	800	S	1	10
77			22		Višegrad-Bić pl.	59	"	1000	SZ	1	10
78			15		Sjemeč	215	"	440	rovno	2	10
79		2	BUGOJNO	Škrta Nišan	112	1957	1160	JZ	2	10	
80		13			113	"	880	Z	2	10	
81		4	VIŠEGRAD	Višegrad	10	1956	350	Z	3	10	
82		14	BUGOJNO	Škrta Nišan	181	1957	1080	J	3	10	
83		16		Prusačka Rijeka	1	"	880	Z	3	10	
84		8	VIŠEGRAD	Sjemeč	206	1956	1130	J1	4	10	
85	5	BUGOJNO	Škrta - Nišan	114	1957	1020	JZ	4	10		
86	8			19	"	700	J	4	10		
87	9	VOZUĆA	Donja Krivaja	20 a	"	760	Z	5	10		
88	10			22 c	"	1020	J1	5	10		
89	12			30 b	"	640	J	5	10		

njega je uzeto prvo sledeće. Navedene nepravilnosti vanjskog izgleda stabla bile su upisane u terenskom manualu u koloni »primedba«.

Za uzorak je konačno uzet, po vrstama drveća, sledeći broj stabala: 516 za jelu, 528 za smrču, 517 za bukvu, 480 za hrast kitnjak, 492 za beli bor i 466 za crni bor. Struktura tog broja stabala (po debljinskim stepenima) data je u tabeli 2.

Tabela 2

Broj stabala po debljinskim stepenima i vrstama drveća

Vrsta drveća	D e b l j i n s k i s t e p e n													Sve- ga	
	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5		77,5
B r o j s t a b a l a															
Jela	60	60	55	56	58	54	46	45	39	23	20	—	—	—	516
Smrča	58	58	55	53	59	55	47	49	49	28	17	—	—	—	528
Bukva	50	50	45	45	44	43	38	38	33	36	29	24	19	23	57
Hrast	80	80	79	56	55	45	43	35	7	—	—	—	—	—	480
Beli bor	73	75	49	50	50	53	52	54	19	17	—	—	—	—	492
Crni bor	48	50	46	47	44	42	38	37	31	34	25	24	—	—	466
Ukupno:	369	373	329	307	310	292	264	258	178	138	91	48	19	23	2999

Određivanje boniteta staništa stabla

Ovdje treba prvo da se osvrnemo na pitanje određivanja bonitetnog razreda staništa stabla pomoću njegove visine.

Flury Ph. (23, str. 318. i 319.) je utvrdio da se u prebornim šumama bonitet staništa ispoljava kroz visine stabala srednjih i jakih debljinskih stepena, a da se ne ispoljava kroz visine tanjih stabala.

Matić je (50) pokazao da se kod tipičnih vrsta drveća za preborno gospodarenje (jela, smrča i bukva) ispoljava bonitet staništa i kroz visine stabala tanjih debljinskih stepena.

Sumiranjem nalaza ovih autora, dolazi se do zaključka da se bonitet staništa u prebornoj šumi ispoljava kroz visine stabala svih debljinskih stepenova.

Ako uporedimo pojedinačne visine svih stabala, koja su izmerena u jednom odelenju za konstrukciju visinske krive, sa srednjim visinama odgovarajućeg bonitetnog polja kome to odelenje pripada, uverićemo se da će se uvek naći unutar svakog debljinskog stepena bar neko stablo koje će po svojoj visini znatno da odstupa od te srednje visine.

Da bih ovaj navod dokazao, prilažem u tabeli 3 podatke o strukturi broja stabala jele po bonitetnim razredima koji su utvrđeni na osnovu visinskih krivih za privremenu oglednu površinu kao celinu i strukturu koja je dobijena određivanjem boniteta staništa svakog stabla upoređenjem njegove visine sa visinama bonitetnog snopa. Na osnovu te tabele može se videti da je npr. od 101 stabla sa privremenih oglednih površina, koje su pripadale prvom bonitetnom razredu staništa, samo 61 stablo imalo visine koje odgovaraju amplitudi visina polja prvog bonitetnog razreda, 22 stabla je pripadalo drugom bonitet-

Struktura broja stabala po bonitetnim razredima

Izvorna struktura broja stabala po bonitetnim razredima		Nova struktura broja stabala po bonitetnim razredima				
		I	II	III	IV	V
I	101	61	22	16	2	—
II	96	31	35	23	7	—
III	112	5	15	46	26	20
IV	110	4	12	33	38	23
V	97	4	3	10	25	55
Svega:	516	105	87	128	98	98

nom razredu, 16 trećem i dva četvrtom. Slične strukture javile su se i kod ostalih vrsta drveća.

Uzroci ovoj pojavi su donekle poznati. U ovom slučaju su bili bitni položaj stabla i različita plodnost zemljišta unutar iste sastojine. Znatnom rasturanju stabala s obzirom na bonitet u ovom slučaju doprinosi i način izbora stabala za uzorak, jer se moglo da dogodi da je odabrano više onih stabala koja po svojoj visini ne padaju u polje koje određuje izabrani bonitet.

Zbog navedenih razloga nisam bonitet privremene ogledne površine pripisao stablima koja su odabrana za dalju obradu (za uzorak) nego sam s obzirom na vrstu drveta, visinu i debljinu stabla, a pomoću bonitetnih tablica koje sam u tu svrhu izradio, odredio bonitet staništa kome svako pojedino odabrano stablo pripada. Bonitetne tablice su izrađene na osnovu bonitetnih krivulja za pet bonitetnih razreda koje su izradili Matić (50), Vukmirović (82), Drinić (20) i Stojanović (75).

Izračunavanje zapremine krošnje

Zapremina krošnje svakog stabla svih razmatranih vrsta drveća računata je po formuli:

$$v = \frac{b^2 \cdot 3,14}{4} \cdot \frac{L}{2} \quad (1)$$

dakle kao zapremina paraboloida. Ovu formulu je predložio Tjurin (80) a navodi je i Mirković (57). U formuli je slovom »b« označen srednji prečnik najvećeg preseka krošnje (horizontalne projekcije), a »L« dužina krošnje. Ona je primenjena na sve razmatrane vrste drveća zato što se razvrstavanjem obličnih brojeva krošnja, koje je dao Burger za jelu, smrču, buku, hrast i beli bor (12, 13, 14, 15, 16), prema debljini stabla, pokazalo da se većina obličnih brojeva kruna nalazi između vrednosti 0,45 do 0,52, dakle približno broju 0,5. U formuli (1) on iznosi upravo toliko. Burger je svoja istraživanja, kako zaključuju mnogi autori, vršio najtemeljitiije i na znatnom broju stabala.

On (10) i lično predlaže da se za smrču u visokim jednodobnim sastojinama, ukoliko oblični broj krošnje nije posebnim merenjima određen, može upotrebiti oblični broj od 0,5 kao najpribližniji stvarnoj vrednosti. Do tada se smatralo, upravo do godinu dana pre nego što je isti autor dokazao netačnost tog mišljenja (8), da je oblični broj krošnje smrčevog stabla jednak obličnom broju kupe, tj. 0,33, i da, prema tome, kruna smrčevog stabla ima oblik kupe.

Ako se pođe od činjenice, kako to kaže Assmann (2), da »egzaktno izračunavanje zapremine i spoljne površine krune stabala nije moguće«, onda se možemo pomiriti uzetom aproksimacijom za oblični broj krošnje koji se, kako je gore navedeno, kreće u većini slučajeva od 0,45 do 0,52.

Određivanje zapreminskog prirasta stabla po kvadratnom metru projekcije njegove krošnje

Na osnovu tabličnih razlika u zapremini krupnog drveta stabla svake od odabranih vrsta drveća, za svaki bonitet i za svaki debljinski stepen širine 1 cm [zapreminske tablice krupnog drveta dubećeg stabla za jelu, smrču, bukvu, hrast, beli bor i crni bor (5)] sastavljene su tablice zapreminskog prirasta krupnog drveta stabla za navedene vrste drveća. Ulazi u tablice su vrsta drveća, bonitet, debljina stabla u prsnoj visini i debljinski prirast. Pomoću njih je za svako stablo izračunat zapreminski prirast za period od 10 odnosno 6 godina, a zatim, deobom sa površinom horizontalne projekcije krošnje i periodom za koji je debljinski prirast utvrđen, tekući zapreminski prirast po 1 m² projekcije krošnje u dm³.

Indeks projekcije i zapremine krošnje

Kako analize zavisnosti zapreminskog prirasta stabla po 1 m² njegove projekcije krošnje od boniteta, debljine stabla, zapremine i projekcije krošnje i prekrivenosti krošnje nisu vršene posebno za svaki debljinski stepen ili pak debljinsku klasu, nego za sva stabla jedne vrste drveta odjednom, bio sam primoran da u svrhu dobijanja objektivnih predstava o uticaju (korelaciji) navedenih elemenata na ispitivanu pojavu, primenim za neke od njih umesto apsolutnih relativne vrednosti. Bonitet stabla je označen rimskim brojevima od I do V, prekrivenost krošnje je pokazana u postotku od njenog najvećeg horizontalnog preseka a zapremina i projekcija krošnje izražene su indeksima.

Indeksi zapremine i projekcije krošanja su izračunati na bazi prosečne zapremine odnosno projekcije krošnje unutar debljinskih stepena širine 5 cm. Najpre su razvrstana stabla pojedinih vrsta drveća po debljinskim stepenima širokim 1 cm. Zatim su formirani stepeni širine 5 cm. Unutar ovih sabrane su sve projekcije odnosno zapremine krošanja i određena je srednja vrednost. Dobijene srednje vrednosti svakog stepena širokog 5 cm., dakle stepena 12,5... 17,5 itd. označene su indeksom 100. Količnik između horizontalne projekcije krošnje svakog stabla i srednje horizontalne projekcije krošnje debljinskog stepena, kome to stablo pripada, pomnožen sa 100 predstavlja indeks horizontalne projekcije krošnje tog stabla. Isti postupak primenjen je i za određivanje indeksa zapremine krošnje. Zamenom stvarnih veličina projekcija i za-

premina krošanja izraženih kvadratnim odnosno kubnim metrima indeksima, dobila se mogućnost istovremenog razmatranja uticaja veličine ovih elemenata pri raznim debljinama stabla.

Srednje projekcije krošanja po vrstama drveća i debljinskim stepenima (širine 5 cm.) date su u tabeli 4, a srednje zapremine u tabeli 5. Te vrednosti su označene indeksom 100. Indeks projekcije ili zapremine krošnje ma kog stabla može se izračunati na opisani način, tj. deobom projekcije ili zapremine krošnje konkretnog stabla sa projekcijom odnosno zapreminom krošnje iz tabele 4 ili 5 i množenjem dobijenog količnika sa 100.

Tabela 4

Prosečne veličine projekcija krošnji u m²

D _{1,3} vrsta	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5
Jela	6,5	9,0	12,0	14,9	16,2	18,6	24,4	21,6	32,9	26,5	31,4	—	—	—
Smrča	6,2	7,8	9,8	12,7	13,8	14,8	16,9	21,9	25,4	26,9	28,4	—	—	—
Bukva	16,5	22,1	23,2	30,3	37,9	46,5	54,7	63,6	70,0	78,4	89,4	99,4	103,7	115,6
Hrast	10,8	12,5	18,4	22,9	27,8	36,1	44,4	51,0	61,4	—	—	—	—	—
Beli bor	5,0	6,2	9,7	12,7	17,6	23,8	29,7	32,7	41,9	45,0	—	—	—	—
Crni bor	3,6	6,9	10,1	12,0	16,4	23,2	27,8	31,2	46,6	48,8	63,6	61,9	—	—

Tabela 5

Prosečne veličine zapremina krošnji u m³

D _{1,3} vrsta drveća	12,5	17,5	22,5	27,5										
	1	2	3	4	5									
Jela	16,9	33,8	61,6	90,1										
Smrča	20,7	35,6	54,8	82,0										
Bukva	53,8	96,0	118,8	165,6										
Hrast	33,0	46,4	78,1	103,6										
Beli bor	10,1	19,1	41,6	65,0										
Crni bor	7,04	21,2	32,9	49,3										

	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	108,7	132,4	196,7	189,4	326,7	238,1	288,7	—	—	—
	103,2	124,3	145,3	211,2	258,2	291,6	338,1	—	—	—
	263,6	324,1	468,5	500,0	619,3	708,9	911,3	1015,0	1065,8	1223,5
	148,3	217,7	291,9	399,1	476,1	—	—	—	—	—
	101,8	146,3	191,7	222,6	296,5	315,3	—	—	—	—
	71,9	118,8	127,8	169,3	254,4	270,7	384,5	377,6	—	—

ISTRAŽIVANJE ZAVISNOSTI PRIRASTA STABLA OD VELIČINE NJEGOVE KROŠNJE I DRUGIH TAKSACIONIH ELEMENATA

Zadatak ovog rada, kao što je to već u uvodnom delu rečeno, svodi se na osvetljavanje zavisnosti zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje od veličine krošnje, kao i na osvetljavanje zavisnosti debljinskog prirasta stabla od istog taksacionog elementa.

Ta zavisnost biće najrealnije prikazana ako se prilikom istraživanja istovremeno obuhvate svi faktori koji utiču na ispitivanu pojavu. Pri svojim istraživanjima obuhvatio sam samo neke od njih. Te faktore nazvao sam u analizama nezavisno promenljivim ili obuhvaćenim veličinama ili faktorima, a prirast zavisno promenljivom veličinom.

Da bi se mogao dati odgovor na postavljeni zadatak, izvršene su u ovom poglavlju sledeće osnovne analize:

— analize zavisnosti tekućeg debljinskog prirasta stabla od boniteta staništa, debljine stabla, veličine projekcije i prekrivenosti krošnje;

— analize zavisnosti tekućeg zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije krošnje od boniteta staništa, debljine stabla, zapremine i prekrivenosti njegove krošnje;

— analize zavisnosti tekućeg zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije krošnje od boniteta staništa, debljine stabla, veličine njegove projekcije krošnje i njene prekrivenosti.

Primenjeni metod

Za istraživanje zavisnosti prirasta stabla od navedenih taksacionih elemenata stabla primenjen je metod višestruke regresione analize. On danas predstavlja jedan od najsavršenijih metoda statističke analize koji omogućava utvrđivanje mere, pravca i oblika zavisnosti jedne pojave od niza drugih. On pokazuje kako i koliko se menja neka veličina u zavisnosti od kvantitativnih promena niza drugih. To ovim istraživanjima i treba da se sazna, jer se tek tada može govoriti o nekoj konkretnoj meri koju treba poduzeti u svrhu ostvarenja određenog cilja i pojava objasniti.

Detaljnija obrazloženja primenjenog metoda regresionih analiza biće na primeru izložena u sledećem poglavlju.

Tekući debljinski prirast stabla

Ispitivanje zavisnosti ovog taksacionog elementa od boniteta staništa, debljine stabla, veličine projekcije i prekrivenosti krošnje vršena je posebno za svaku od obuhvaćenih vrsta drveća (jela, smrča, bukva, hrast kitnjak, beli bor i crni bor) metodom višestruke regresione analize.

Tekući debljinski prirast svakog stabla dobijen je deobom tekućeg periodičnog prirasta brojem godina u periodu. Za većinu stabala taj period je iznosio 10, a za manji broj 6 godina.

Da bi se mogla izvršiti višestruka regresiona analiza, bilo je potrebno prethodno pretpostaviti kakav je oblik uticaja svakog pojedinog obuhvaćenog

taksacionog elementa na ispitivanu pojavu. U slučaju kada je uticaj pojedinih obuhvaćenih elemenata potpuno nepoznat, polazi se u pravilu od pretpostavke da svaki element utiče na ispitivanu pojavu po pravcu čiji je matematički izraz $Y = a + bx$. U formuli npr. »Y« predstavlja debljinski prirast, a »x« bonitet staništa. Parametre »a« i »b« treba odrediti.

Kako sam na osnovu istraživanja Matića (50), Drinića (20) i Stojanovića (75) znao da bonitet i debljina stabla utiču na veličinu debljinskog prirasta po paraboli oblika $Y = a + bx + cx^2$, pretpostavio sam samo da i preostala dva elementa (projekcija i prekrivenost krošnje stabla) utiču po paraboli drugog reda. Valjanost pretpostavke se kasnije proverava.

Nakon toga je sastavljena funkcija odnosno jednačina višestruke regresije:

$$Y = k + a_1x + a_2x^2 + b_1d + b_2d^2 + c_1p + c_2p^2 + g_1z + g_2z^2 \dots (2)$$

U kojoj je:

- »Y« tekući debljinski prirast stabla u mm (zavisno promenljiva),
- »x« bonitet staništa stabla,
- »d« prsni prečnik stabla,
- »p« projekcija krošnje stabla
- »z« prekrivenost krošnje.

Ove vrednosti su poznate. To su nezavisno promenljive veličine. Parametre $k, a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, g_1$ i g_2 treba odrediti.

Ako bi debljinski prirast stabla razmatrali samo u zavisnosti od njegove debljine u prsnoj visini ne uzimajući u obzir i ostale faktore koji na taj prirast utiču, onda bi kroz sistem od 516 tačaka (vrednosti debljinskog prirasta) nanešenih u koordinatni sistem mogli povući bezbroj parabola drugog reda. Neke bi od njih tom sistemu bile bolje a neke lošije prilagođene. Najbolje će biti prilagođena datom sistemu ona za koju će zbir pozitivnih i negativnih odstupanja pojedinih veličina debljinskog prirasta biti jednak nuli, a zbir kvadrata odstupanja manji nego što bi bio od ma koje parabole drugog stepena povučene kroz dati sistem podataka. To su postavke teorije najmanjih kvadrata. Njenom primenom se omogućava prilagođavanje teorijskog oblika funkcije stvarnim podacima na datim osnovama, odnosno stiče mogućnost da kroz dati sistem tačaka povučemo idealnu prosečnu liniju onog teorijskog oblika koji smo izabrali.

Konkretni slučaj je mnogo složeniji jer izravnavanje podataka debljinskog prirasta treba izvršiti uz istovremeno delovanje četiri faktora (debljina, bonitet, prekrivenost i veličina projekcije krošnje) čije bi grafičko predstavljanje iziskivalo sistem od pet dimenzija. Zbog toga, za takav sistem treba rešiti jednačinu višestruke regresije onog teorijskog oblika koji je predodređen jednačinom (2).

Da bi se teorijski oblik funkcije (2) prilagodio izmerenim podacima debljinskog prirasta, izvršena su uslovljavanja koja iziskuje teorija najmanjih kvadrata:

$$S(Y_c - Y) = 0 \quad \dots \quad (3)$$

$$S(Y_c - Y)^2 = \min. \quad \dots \quad (4)$$

U ovim jednačinama Y predstavlja stvarne, izmerene veličine debljinskog prirasta svakog stabla, a Y_c veličine debljinskog prirasta izračunate po jednačini regresije. Slovo »S« je znak za sumu. Kada je drugi uslov (4) ispunjen, ispunjen je automatski i prvi (3). Drugi uslov biće ispunjen ako je prvi izvod jednačine (4) jednak nuli, dakle:

$$[S(Y_c - Y)^2]' = 0 \quad \dots \quad (5)$$

ili, kako se zapravo radi o složenoj funkciji, (vidi jednačinu (2)), kada je parcijalni izvod jednak nuli.

$$[S(k + a_1x + a_2x^2 + b_1d + b_2d^2 + c_1p + c_2p^2 + g_1z + g_2z^2 - Y)^2]' = 0 \quad \dots \quad (6)$$

Parcijalnom derivacijom jednačine (6) po nepoznatim parametrima k, a_1 , itd. dobija se sistem normalnih jednačina. U konkretnom slučaju on ima devet jednačina. One su navedene u tabeli 6.

Za rešenje normalnih jednačina primenjen je Guldano v (28) skraćeni postupak eliminacije, a za kontrolu zbrova i proizvoda osnovnih podataka upotrebljena je Linder-ova (46) kontrolna šema.

Pošto su normalne jednačine rešene (određeni parametri k, a_1 , a_2 itd.) uvršteni su dobijeni parametri u opšti oblik jednačine regresije (2).

Za jelu su parametri iznosili:

$$k = + 0,621720659$$

$$a_1 = - 0,184424169$$

$$a_2 = + 0,00507781025$$

$$b_1 = + 0,116424271$$

$$b_2 = - 0,00154278955$$

$$c_1 = + 0,0189983066$$

$$c_2 = - 0,0000289684295$$

$$g_1 = - 0,00796363257$$

$$g_2 = - 0,0000759294645$$

a jednačina višestruke regresije za debljinski prirast jelovog stabla glasi:

$$Y_c = 0,6217 - 0,1844 x + 0,00508 x^2 + 0,1164 d - 0,001543 d^2 + 0,019 p - 0,00002897 p^2 - 0,007964 z - 0,00007593 z^2 \quad \dots \quad (7)$$

Da bismo proverili uslov postavljen jednačinom (3), tj. da je suma odstupanja stvarnih veličina debljinskog prirasta od onih koje su izračunate po jednačini regresije jednaka nuli, te da bismo odredili karakteristične pokazatelje višestruke korelacije (standardnu grešku regresije, koeficijent determinacije i koeficijent korelacije) i ocenili u kojoj meri odabrani oblik linije (u našem slučaju parabola) za uticaj pojedinih nezavisno promenljivih faktora od-

TABELA 6.

SISTEM NORMALNIH JEDNAČINA

1.	nK	$+ a_1 Zx$	$+ a_2 Zx^2$	$+ b_1 Zd$	$+ b_2 Zd^2$	$+ c_1 Zp$	$+ c_2 Zp^2$	$+ g_1 Zz$	$+ g_2 Zz^2$	$- Zy$	$= 0$
2.	KZx	$+ a_1 Zx^2$	$+ a_2 Zx^3$	$+ b_1 Zxd$	$+ b_2 Zxd^2$	$+ c_1 Zxp$	$+ c_2 Zxp^2$	$+ g_1 Zxz$	$+ g_2 Zxz^2$	$- Zxy$	$= 0$
3.	KZx^2	$+ a_1 Zx^3$	$+ a_2 Zx^4$	$+ b_1 Zx^2d$	$+ b_2 Zx^2d^2$	$+ c_1 Zx^2p$	$+ c_2 Zx^2p^2$	$+ g_1 Zx^2z$	$+ g_2 Zx^2z^2$	$- Zx^2y$	$= 0$
4.	KZd	$+ a_1 Zxd$	$+ a_2 Zx^2d$	$+ b_1 Zd^3$	$+ b_2 Zd^3$	$+ c_1 Zdp$	$+ c_2 Zdp^2$	$+ g_1 Zdz$	$+ g_2 Zdz^2$	$- Zdy$	$= 0$
5.	KZd^2	$+ a_1 Zxd^2$	$+ a_2 Zx^2d^2$	$+ b_1 Zd^3$	$+ b_2 Zd^4$	$+ c_1 Zd^3p$	$+ c_2 Zd^3p^2$	$+ g_1 Zd^3z$	$+ g_2 Zd^3z^2$	$- Zd^2y$	$= 0$
6.	KZp	$+ a_1 Zxp$	$+ a_2 Zx^2p$	$+ b_1 Zdp$	$+ b_2 Zd^2p$	$+ c_1 Zp^3$	$+ c_2 Zp^3$	$+ g_1 Zpz$	$+ g_2 Zpz^2$	$- Zpy$	$= 0$
7.	KZp^2	$+ a_1 Zxp^2$	$+ a_2 Zx^2p^2$	$+ b_1 Zdp^2$	$+ b_2 Zd^2p^2$	$+ c_1 Zp^3$	$+ c_2 Zp^4$	$+ g_1 Zp^2z$	$+ g_2 Zp^2z^2$	$- Zp^2y$	$= 0$
8.	KZz	$+ a_1 Zxz$	$+ a_2 Zx^2z$	$+ b_1 Zdz$	$+ b_2 Zd^2z$	$+ c_1 Zpz$	$+ c_2 Zpz^2$	$+ g_1 Zz^3$	$+ g_2 Zz^3$	$- Zzy$	$= 0$
9.	KZz^2	$+ a_1 Zxz^2$	$+ a_2 Zx^2z^2$	$+ b_1 Zdz^2$	$+ b_2 Zd^2z^2$	$+ c_1 Zpz^2$	$+ c_2 Zpz^3$	$+ g_1 Zz^3$	$+ g_2 Zz^4$	$- Zz^2y$	$= 0$

govara stvarnim veličinama tj. kako ih izravna, izračunata su ta odstupanja po formuli:

$$d = Y - Y_c \quad \dots \dots (8)$$

U formuli je »d« traženo odstupanje, »Y« stvarna (izmerena) veličina debljinskog prirasta, a »Y_c« veličina debljinskog prirasta svakog stabla izračunatog po jednačini regresije (7). Izračunavanje je izvršeno na taj način što su u jednačini (7) uvrštavane stvarne veličine za bonitet (x), debljinu (d), projekciju krošnje (p) i prekrivenost krošnje (z) koje je imalo svako pojedino stablo iz uzorka, što znači da je samo za jelova stabla 516 puta izračunata vrednost Y_c po jednačini (7).

Suma izračunatih odstupanja po jednačini (8) bila je ravna nuli. Suma kvadrata odstupanja iznosila je 1.127,5256.

Standardna greška regresije S_y predstavlja meru varijacije podataka oko »linije« regresije. »Poznavanje mere varijacije od krupnog je značaja za ocene koje se mogu donositi na osnovu jednačine regresije, jer služi i kao mera pouzdanosti takve ocene. Ako je varijacija oko linije regresije velika, ocene prosečne vrednosti Y_c važiće uz rezervu velikog intervala faktičnih odstupanja. Varijacija u nižim granicama znači i pouzdaniju ocenu«. »Ona služi kao sredstvo kojim se meri verovatna greška ocene na osnovu jednačine regresije i zato se zove standardna greška regresije« (61). Standardna greška regresije pokazuje veličinu variranja koje nastaje delovanjem neobuhvaćenih elemenata jednačinom regresije. Ona je izračunata po formuli:

$$S_y = \pm \sqrt{\frac{Sd^2}{n}} \quad \dots \dots (9)$$

u kojoj je Sd² suma kvadrata odstupanja stvarnih veličina debljinskog prirasta od veličina po jednačini regresije, a »n« je broj slučajeva koji je iznosio 516. Praktično značenje ovog pokazatelja ogleda se u sledećem: Ako na osnovu jednačine regresije (7) želimo da ocenimo koliki je npr. debljinski prirast stabla za neke proizvoljno uzete veličine nezavisno promenljivih faktora (x, d, p i z), onda nas svakako zanima i kolika je pouzdanost te ocene. Tu pouzdanost određuje standardna greška regresije S_y. Ona je kod debljinskog prirasta jele iznosila ± 1,478217 mm, što znači da se od 100 konkretnih veličina debljinskog prirasta pojedinih stabala (obuhvaćenih uzorkom) jele 68,27 nalazi u pojasu oko »linije« regresije širokom ± 1,478 mm, a 95 slučajeva u pojasu od ± 2 x 1,4782 = ± 2,9564 mm = 2S_y ili od 100 veličina debljinskog prirasta koje bismo izmerili kod stabala jele iz uzorka 68,27 bi se mogle razlikovati najviše za ± 1,4782 mm od one koju bismo izračunali po jednačini regresije (7), a kod 95 stabala od 100 mogla bi se konkretna veličina debljinskog prirasta razlikovati za ± 2,9564 mm, skoro 3 mm. Preostalih pet stabala moglo bi se razlikovati i za veće iznose.

Ovako širok pojas mogućeg rasturanja podataka, uslovljen je velikim variranjem tekućeg debljinskog prirasta od stabla do stabla, što potiče od elemenata koji nisu obuhvaćeni analizom.

Koeficijent korelacije (R) predstavlja relativni pokazatelj varijacije oko »linije« regresije i on »pokazuje meru u kojoj se varijacija posmatrane pojave (Y), prema promenama obuhvaćenih faktora (x, d, p i z), približava funkcionalnom odnosu koji je postavljen jednačinom regresije« (61, 62). On je izračunat po formuli:

$$R = \sqrt{1 - \left(\frac{S_y^2}{\sigma_y^2} \cdot \frac{n-1}{n-m} \right)} \quad \dots (10)$$

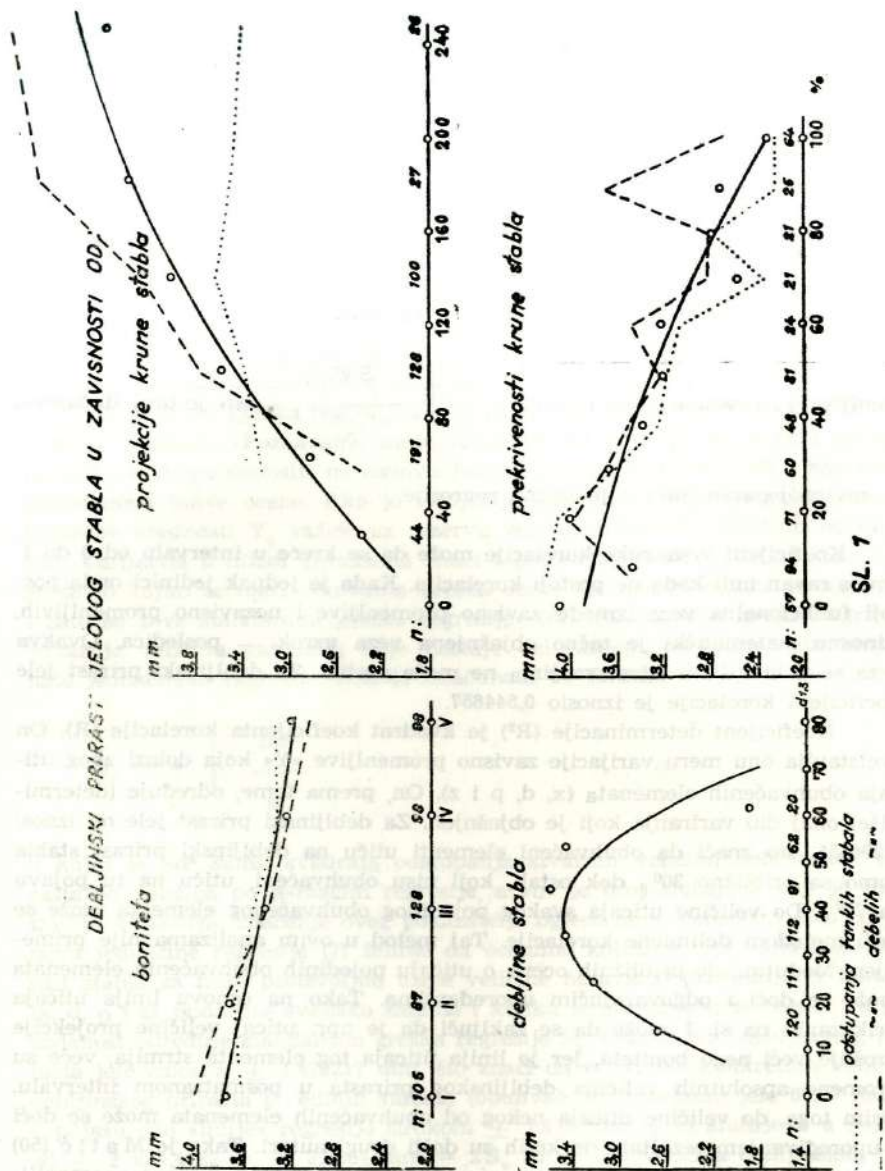
u kojoj je S_y^2 kvadrat standardne greške regresije, σ_y^2 varijansa zavisno pro-

menljive Y, a računa se po formuli $\sigma_y = \sqrt{\frac{S_y^2}{n}}$ »n« je broj slučajeva,

a »m« broj parametara u jednačini regresije.

Koeficijent višestruke korelacije može da se kreće u intervalu od 0 do 1. On je ravan nuli kada ne postoji korelacija. Kada je jednak jedinici onda postoji funkcionalna veza između zavisno promenljive i nezavisno promenljivih, odnosno matematički je tačno objašnjena veza uzrok — posledica. Ovakva veza se u biološkim istraživanjima ne može postići. Za debljinski prirast jele koeficijent korelacije je iznosio 0,544657.

Koeficijent determinacije (R^2) je kvadrat koeficijenta korelacije (R). On predstavlja onu meru varijacije zavisno promenljive »Y« koja dolazi zbog uticaja obuhvaćenih elemenata (x, d, p i z). On, prema tome, određuje (determiniše) onaj dio variranja koji je objašnjen. Za debljinski prirast jele on iznosi 0,296651, što znači da obuhvaćeni elementi utiču na debljinski prirast stabla samo sa približno 30% dok ostali, koji nisu obuhvaćeni, utiču na tu pojavu sa 70%. Do veličine uticaja svakog pojedinog obuhvaćenog elementa može se doći metodom delimične korelacije. Taj metod u ovim analizama nije primenjen. Međutim, do približnih ocena o uticaju pojedinih obuhvaćenih elemenata može se doći i odgovarajućim upoređenjima. Tako na osnovu linija uticaja prikazanih na sl. 1 može da se zaključi da je npr. uticaj veličine projekcije krošnje veći nego boniteta, jer je linija uticaja tog elementa strmija, veće su promene apsolutnih veličina debljinskog prirasta u posmatranom intervalu. Osim toga, do veličine uticaja nekog od obuhvaćenih elemenata može se doći i upoređivanjem rezultata do kojih su došli drugi autori. Tako je Matić (50) pri analizi zavisnosti debljinskog prirasta jele uzeo kao nezavisno promenljive faktore: debljinu stabla, bonitet privremene ogledne površine za tu vrstu drveta, sklop, omer smese jele, omer smese smrče, omer smese bukve i srednji prečnik sastojine, dakle uglavnom taksacione elemente sastojine. Koeficijent determinacije je kod tih analiza iznosio 0,36. Istovrsni elementi su bili debljina i bonitet. Matić nije u svojim analizama obuhvatio veličinu projekcije i prekrivenost krošnje, ali je umesto ova dva imao pet taksacionih elemenata sastojine kao nezavisno promenljive veličine. Koeficijent determinacije



SL. 7

mu je bio veći samo za 0,06, odnosno za 6% su tih pet elemenata imali veći uticaj nego naša dva. To govori da je uticaj veličine projekcije krošnje ili nje-ne prekrivenosti najverovatnije veći nego bilo koji izdvojeni uticaj navedenih pet elemenata sastojine na tekući debljinski prirast stabla. Uz ovo se napominje da je Matić za njegove analize imao u uzorku daleko veći broj stabala što mu je omogućilo da dobije tačnije podatke (verodostojnije) a ne i veći koefi-

cijent determinacije, i da je kao prirast stabla uzeo debljinski prirast sa izravnate krivulje debljinskog prirasta ogledne privremene površine zbog čega je variranje ovog prirasta ispadalo mnogostruko manje od stvarnog variranja prirasta pojedinih stabala.

Veća tačnost podataka sastoji se u užem pojasu u kome može da leži prava veličina. Širina tog pojasa se računa po formuli: $S_y : \sqrt{n}$ u kojoj je S_y standardna greška regresije a »n« broj slučajeva.

Budući da ostale elemente koji utiču na debljinski prirast, a od kojih verovatno na prvo mesto dolaze: intenzitet osvetljenja, površina aktivnog lišća u pogledu asimilacije, nasledne osobine, starost stabla, zdravstveno stanje, vremenske prilike itd., ne možemo jednostavnim metodama da izmerimo, primorani smo da pre nego upoznamo i uticaje navedenih elemenata usvojimo konstatovane uticaje uz uslov da oni ne objašnjavaju u potpunosti ispitivanu pojavu, ali koji nam realno pokazuju zakonitost po kojoj će se u proseku odvijati ispitivana pojava pod njihovim dejstvom. Svesnim delovanjem na obuhvaćene elemente, dakle, na one čiji je uticaj objašnjen, vodiće se ispitivana pojava u onom smeru koji želimo.

Do uticaja svakog pojedinog obuhvaćenog faktora na ispitivanu pojavu se dolazi ako se uticaj ostalih isključi. Isključenje se vrši tako što se u jednačinu višestruke regresije (7) uvrste prosečne veličine onih nezavisno promenljivih faktora čiji uticaj želimo da isključimo. Prosečne veličine nezavisno promenljivih faktora iznosile su za jelu:

za bonitet	$x = 2,99418605$
	$x^2 = 8,965150102$
za debljinu stabla	$d = 32,5755814 \text{ cm}$
	$d^2 = 1.061,168503548$
za veličinu projekcije krošnje	$p = 99,9534884$
	$p^2 = 9990,699843328$
za prekrivenost krošnje	$z = 39,5155039 \%$
	$z^2 = 1561,475048471$

Do njih se došlo deobom sume svake nezavisno promenljive veličine sa brojem slučajeva (ovde stabala, kojih je bilo 516).

Na slici 1 punim linijama prikazani su uticaji boniteta (x), debljine (d), veličine horizontalne projekcije krošnje (p) i prekrivenosti krošnje (z) na tekući debljinski prirast stabla. Dobijeni uticaj, npr. za bonitet je predstavljen blago zakrivljenom linijom. Ovaj uticaj je realan uz date prosečne vrednosti ostalih obuhvaćenih faktora na celom potezu od I do V bonitetnog razreda, jer su u uzorku bila zastupljena u dovoljnom broju i stabla tih graničnih slučajeva (vidi tabelu 3). Za druge veličine isključenih nezavisno promenljivih, različitih od navedenih prosečnih vrednosti, uticaj boniteta prikazan na sl. 1 biće u toliko nerealniji ukoliko se te veličine više udaljuju od prosečnih, ne toliko po obliku koliko po apsolutnim iznosima debljinskog prirasta. Zbog toga se može reći da linija uticaja pokazuje isto što pokazuje i linija povećanja zapremine prizme usled promene njene visine ako su stranice osnove nepromenjene (pri konstantnim iznosima). Ako se promeni istovremeno i jedna od stranica

osnove, ranije utvrđene zapremine neće biti jednake novoutvrđenim. Ukoliko vršimo veće promene samo jedne strane osnove od prvobitne uzete, utoliko će biti veća odstupanja dobijene linije povećanja zapremine zbog promene visine od one koja se dobila prvim računanjem. To isto pravilo važi i kod našeg razmatranja, pa je zbog toga i konstatovano da je prikazani uticaj utoliko nerealniji, ukoliko se udaljujemo od srednjih veličina onih elemenata čiji smo uticaj želeli da isključimo. Ovaj problem je za višestruke regresione analize, koje se vrše na bazi sabiranja uticaja obuhvaćenih elemenata, rešio približno M a t i ć (50), polazeći od pretpostavke da dobijena linija uticaja na osnovu prosečnih veličina ne menja svoj tok po obliku udaljavanjem od srednje veličine ma kojeg od obuhvaćenih elemenata čiji se uticaj ne posmatra, nego samo nagib tj. strmost. Tačna rešenja mogu se dobiti samo međusobnim množenjem osnovnih oblika funkcija za uticaj pojedinih obuhvaćenih elemenata, slično kao i kod formule za računanje zapremine prizme. Taj metod je u nekim svojim analizama primenio M a t i ć (50) i on ističe da je primena tog metoda, u širokim razmerama za sada još praktično neostvariva zbog malog broja specijalnih računskih mašina pomoću kojih je jedino moguće rešiti sisteme jednačina sa velikim brojem nepoznatih parametara koji se primenom toga metoda javljaju. Osim toga, valja odmah naglasiti da primena tog metoda ima smisla jedino u slučaju kada obuhvaćeni elementi utiču na ispitivanu pojavu u znatnoj meri, tj. kada je koeficijent determinacije visok. Kako pri ispitivanju bioloških pojava, naročito iz oblasti šumarstva, nismo u stanju ni da konstatujemo — registrujemo sve elemente koji utiču na neku pojavu, nismo u mogućnosti ni da postavimo funkciju po kojoj bi se ta pojava strogo odvijala, primenjujući makar i najkomplicovanije računске radnje. Jedna od tih pojava je i prirast stabla.

Odstupanja stvarnih veličina debljinskog prirasta (svakog od obuhvaćenih stabala u uzorak) od »linije« regresije razvrstana su prema svakoj od nezavisno promenljivih veličina. Tako su npr. ta odstupanja prvo razvrstana prema bonitetu stabla. Zatim su sabrana sva ona koja su pripadala stablima prvog bonitetnog razreda, pa onda drugog itd., i izračunato prosečno odstupanje za svaki bonitetni razred deobom sume odstupanja sa brojem stabala koja su mu pripadala. Ta prosečna odstupanja su prikazana na slikama kružićima za veličine apscise I, II, III, IV i V. Iznad apscisne ose upisan je broj slučajeva na koji se odnosi prosečno odstupanje. Ova odstupanja nanešena oko linije uticaja nezavisnih faktora ili reziduumi pokazuju nam kako su izabranom funkcijom za posmatranu nezavisno promenljivu veličinu (u ovom slučaju bonitet), izravnati stvarni (izmereni) podaci zavisno promenljive veličine. Oni, prema tome, približno ocrtavaju liniju kojom bi se stvarni podaci mogli bolje izravnati. U konkretnom slučaju, ako posmatramo uticaj boniteta na sl. 1, onda bi s obzirom na raspored odstupanja od postojeće linije, za realnije prikazivanje uticaja posmatranog faktora, bolje odgovarala kriva linija izduženog slova »s« koja bi se s lošijim bonitetom približavala »x« osi. Matematički formulisano, to bi bila parabola trećeg reda. Uvrštavanjem ove linije u jednačinu regresije za uticaj boniteta umesto parabole drugog reda, dobili bismo u pogledu uticaja boniteta na debljinski prirast stabla jele nešto verniju sliku, koja se obzirom na povećanu tačnost izražena apsolutnom merom ne bi mogla da

opravda uloženi trud i sredstva za ovu korekciju, jer su ta odstupanja od postojeće linije uticaja jako mala. Ona iznose 0,125 mm kod II bonitetnog razreda i 0,062 mm kod četvrtog, a tačnost kojom se debljinski prirast, bez posebnih instrumenata, može meriti je 0,5 mm.

Izloženo pokazuje da se mogu da prihvate konstatovani uticaji i jednačina regresije i da se po njoj mogu računati debljinski prirasti za sve one veličine nezavisno promenljivih faktora koje se nalaze u intervalu vrednosti koje su imala stabla uzeta u uzorak, uz odgovarajuću tačnost o kojoj je bilo ranije govora. Kod jele taj interval iznosi:

- za bonitet od I do V, za debljinu od 10 do 65 cm, za veličinu projekcije krošnje — indeks od 20 do 250 unutar svakog debljinskog stepena i
- za prekrivenost krošnje: od 0 do 100%.

Rezultati istraživanja debljinskog prirasta stabla

Izloženim postupkom u poglavlju o tekućem debljinskom prirastu stabla izvršene su i analize zavisnosti debljinskog prirasta za stabla smrče, bukve, hrasta, belog bora i crnog bora. Rezultati tih istraživanja prikazani su na slikama 2, 3, 4, 5 i 6. Jednačine regresije debljinskog prirasta navedenih vrsta drveća date su u tabeli 7, karakteristični pokazatelji višestruke regresione analize i prosečne vrednosti zavisno i nezavisno promenljivih veličina dati su u tabeli 8, a intervali veličina unutar kojih se mogu jednačina regresije i linije uticaja primeniti u tabeli 9.

Na osnovu izvršenih istraživanja može se zaključiti da se uz prosečne ostale elemente:

1. Kod svih ispitivanih vrsta drveća tekući debljinski prirast povećava ako se povećava horizontalna projekcija krošnje. Kulminaciju postižu bukva i crni bor kod projekcije krošnje koja je dvostruko veća od prosečne, a kod jele, smrče, hrasta i belog bora se ona pri tim veličinama projekcija krošnji još nije javila;

2. Tekući debljinski prirast stabla se za sve ispitivane vrste drveća smanjuje ako se povećava prekrivenost krošnje;

3. Povećanjem debljine stabla do izvesnog debljinskog stepena tekući debljinski prirast jele, bukve i belog bora se povećava, a zatim opada. Debljinski prirast crnog bora opada usled povećanja debljine, a hrastovog i smrčevog stabla stalno raste;

4. Tekući debljinski prirast jele, hrasta i crnog bora usled opadanja (lošijeg) boniteta staništa opada, a kod smrče, bukve i belog bora se povećava.

Zakovitosti do kojih se došlo, kako je već rečeno, važe za svaki uticaj koji posmatramo, uz prosečne vrednosti ostalih obuhvaćenih elemenata. Kako su prosečne vrednosti mogle biti i drukčije od onih u tabeli 8, to je u svrhu provere valjanosti dobijenih uticaja i za neke druge srednje vrednosti, tj. u svrhu uopštavanja dobijenih rezultata trebalo izvršiti odgovarajuća ispitivanja naročito za one nezavisno promenljive čijom se promenom mogu očekivati drukčiji uticaji. Radi se o debljini stabla. Ona su izvršena na sledeći približan način:

Tabela 7

Jednačine regresije (funkcije) debljinskog prirasta

za jelu	$Y_c = 0,6217 - 0,1844x + 0,00508x^2 + 0,1164d - 0,001543d^2 + 0,019p - 0,00002897p^2 - 0,007964z - 0,00007593z^2$
za smrču	$Y_c = 2,3665 + 0,2720x - 0,03214x^2 - 0,2395d + 0,0004952d^2 + 0,0118p - 0,00001586p^2 - 0,03285z + 0,000162z^2$
za bukvu	$Y_c = 0,9904 + 0,1248x + 0,2873x^2 + 0,08614d - 0,0008929d^2 + 0,0094p - 0,00002804p^2 - 0,02236z + 0,000072z^2$
za hrast	$Y_c = 2,0896 - 0,1691x - 0,2002x^2 - 0,02805d + 0,001004d^2 + 0,00767p - 0,0000108p^2 - 0,001199z - 0,000072z^2$
za beli bor	$Y_c = 0,4072 - 0,0646x + 0,01399x^2 + 0,5356d - 0,000935d^2 + 0,0095p - 0,00000745p^2 - 0,01505z + 0,000079z^2$
za crni bor	$Y_c = 0,9106 + 0,1542x - 0,05439x^2 + 0,001836d - 0,0000976d^2 + 0,00853p - 0,0000223p^2 - 0,009066z + 0,000033z^2$

Tabela 8

Pokazatelji višestruke regresione analize i prosečne veličine za analize debljinskog prirasta

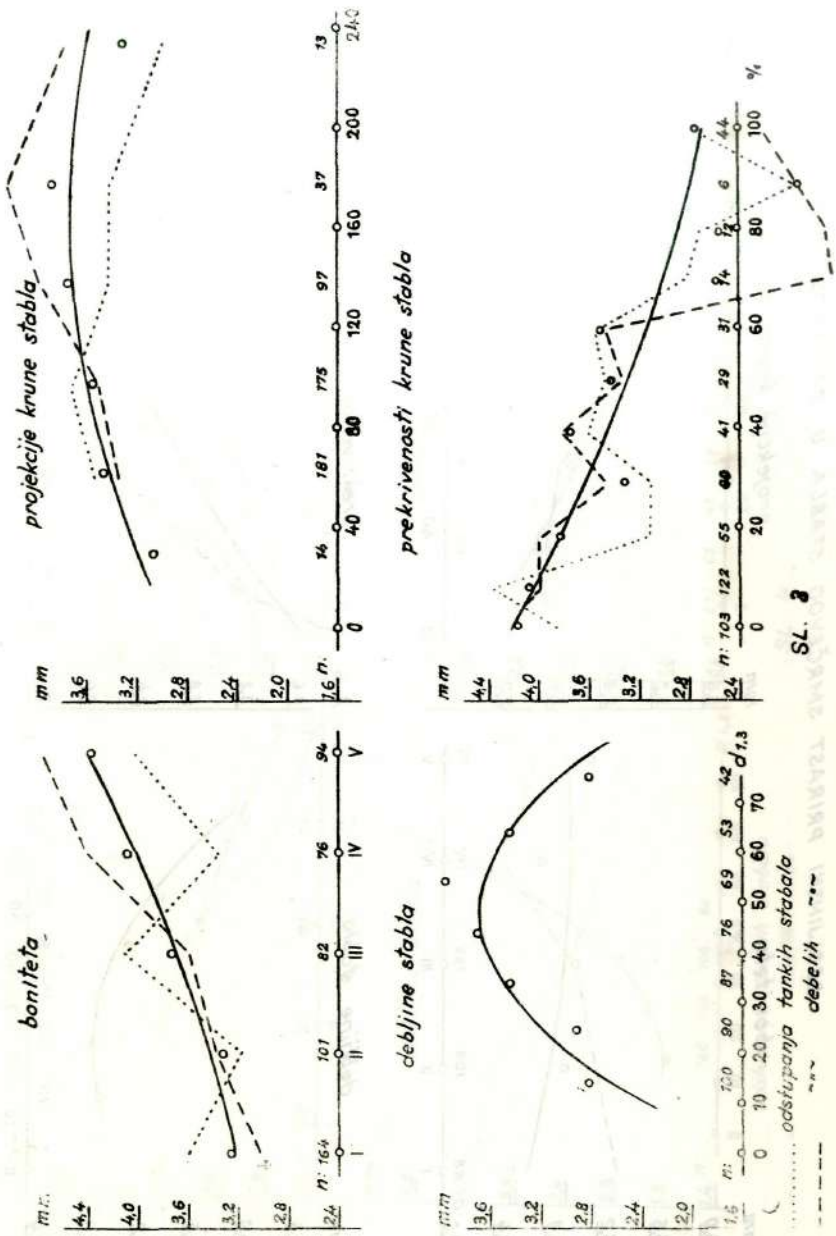
Vrsta drveta	Prosečni bonitetni razred	Prosečna debljina stabla d. l. 3 cm	Prosečna projekcija krošnje indeks	Prosečna prekrivenost krošnje %	Prosečni debljinski prirast mm	Standardna greška regresije Sy	Standardna devijacija Y _{cy}	Koeficijent višestruke korelacije R	Koeficijent determinacije R ²
Jela	2,994	32,576	99,95	39,516	2,9633	± 1,4782	± 1,7764	0,5446	0,2967
Smrča	3,042	33,383	99,98	25,672	3,0990	± 1,4538	± 1,6697	0,4798	0,2302
Bukva	2,681	39,122	99,99	29,739	3,3447	± 1,8095	± 2,0293	0,4386	0,1924
Hrast	3,004	26,540	100,01	17,344	1,9786	± 0,7091	± 0,9770	0,6814	0,4643
Beli bor	2,841	30,039	100,06	15,691	1,6438	± 0,8513	± 0,9955	0,5066	0,2566
Crni bor	2,841	35,854	100,00	18,155	1,1666	± 0,7541	± 0,8159	0,3615	0,1307

Tabela 9

Intervali veličina nezavisno promenljivih faktora u kojima se mogu primeniti jednačine višestruke regresije

Vrsta drveta	Bonitetni razredi	Debljina stabla a cm	Veličina projekcije krošnje indeks	Veličine zapremine krošnje indeks	Prekrivenost krošnje %
Jela	I—V	10—65	20—250	20—300	0—100
Smrča	I—V	10—65	20—250	20—300	0—100
Bukva	I—V	10—80	20—250	20—300	0—100
Hrast	I—V	10—55	20—200	20—250	0—100
Beli bor	I—V	10—60	20—250	20—250	0—100
Crni bor	I—V	10—70	20—250	20—250	0—100

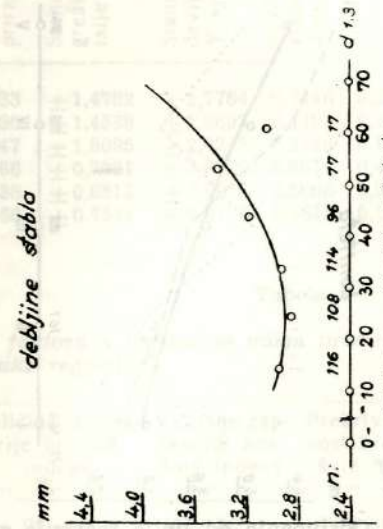
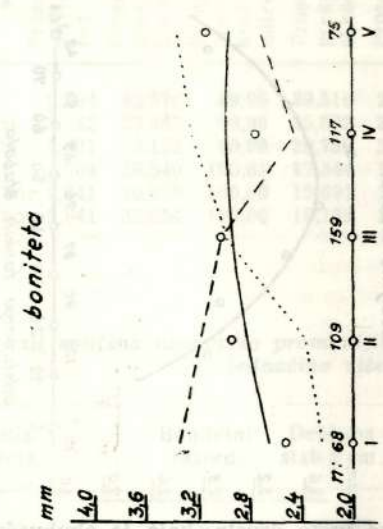
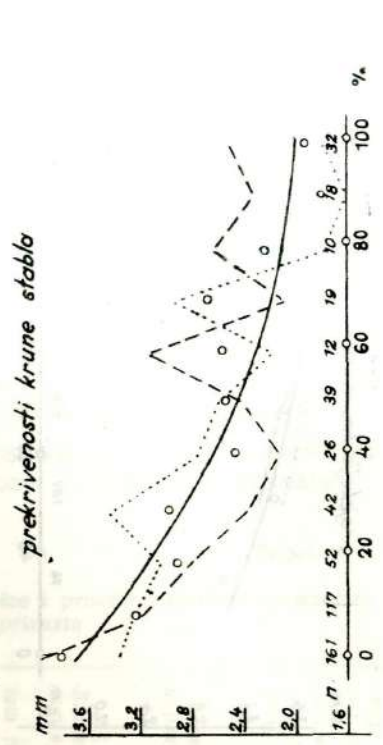
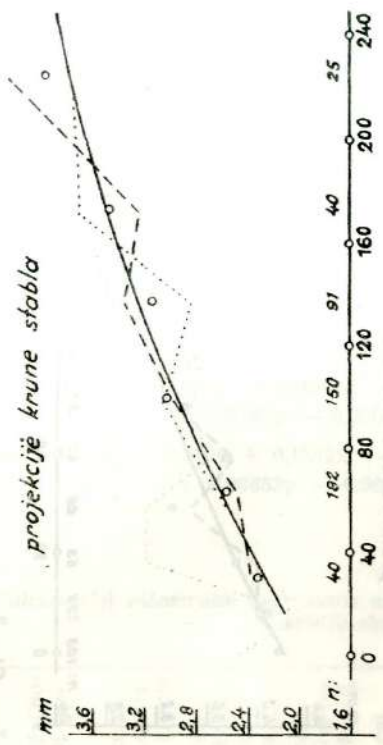
DEBLJINSKI PRIRAST BUKOVOG STABLA U ZAVISNOSTI OD :



SL. 3

Odstupanja od linije regresije svake vrste drveta, koja je obuhvaćena ispitivanjem, razvrstana su unutar svakog nezavisno promenljivog faktora, izuzev debljine stabla, posebno za tanka (do 30 cm) a posebno za debela (iznad 30 cm) stabla. Zatim su sabrana, podeljena na isti broj grupa kao i pri prvom nanošenju na linije uticaja i određeni proseci za svaku gru-

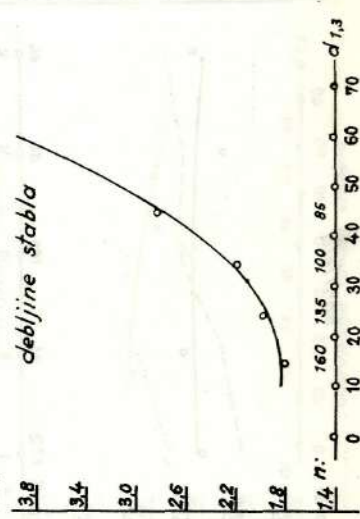
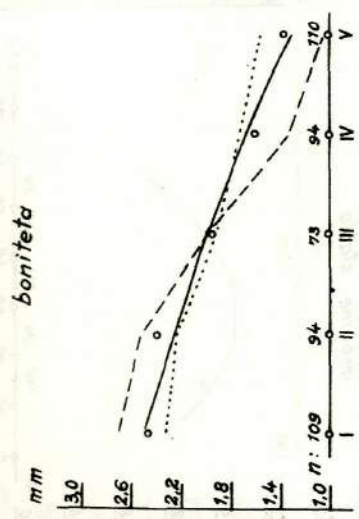
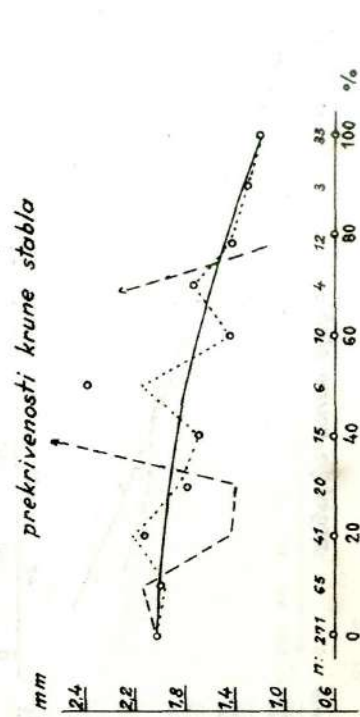
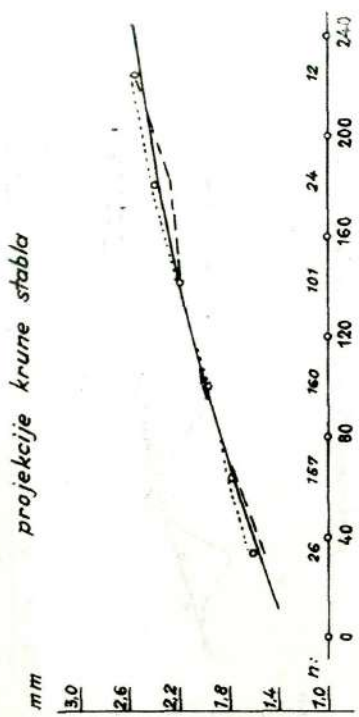
DEBLJINSKI PRIRAST SMRČEVOG STABLA U ZAVISNOSTI OD:



SL 2

pu. Ti proseci su nanešeni oko odgovarajuće linije uticaja koja je dobijena uvrštavanjem prosečnih vrednosti nezavisno promenljivih elemenata u jednačine regresije prikazanih na slikama od 1 - 6.

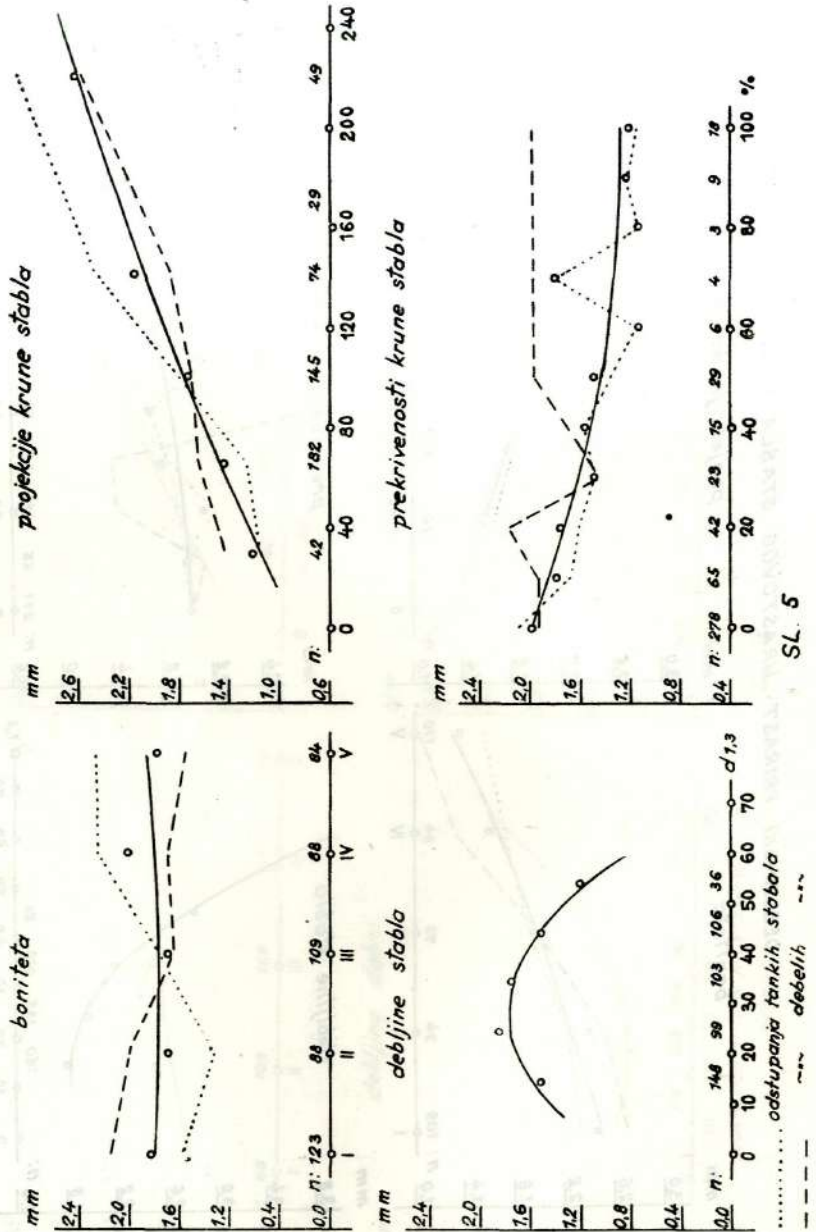
DEBLJINSKI PRIRAST HRASTOVOG STABLA U ZAVISNOSTI OD:



SL. 4
odstupanja tankih stabala
odstupanja debelih stabala

Pošto su odstupanja od linije regresije kako za tanka tako i za debela stabla izračunata pomoću iste jednačine regresije na osnovu koje je i prikazan uticaj posmatranog nezavisno promenljivog faktora, to bi, uz pretpostavku da dobijeni uticaj važi i za promenjene srednje vrednosti obuhvaćenih elemenata, naznačena odstupanja tankih, odnosno debelih stabala, morala,

DEBLJINSKI PRIRAST STABLA BELOG BORA U ZAVISNOSTI OD:



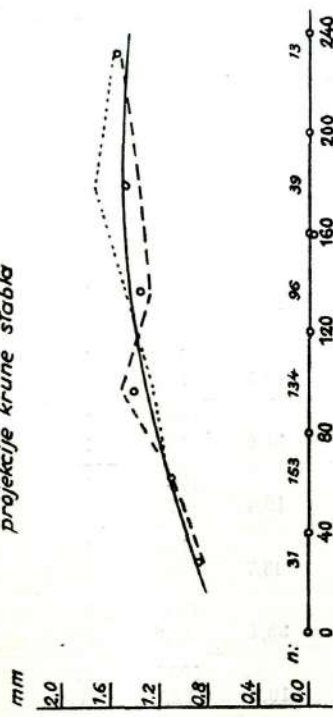
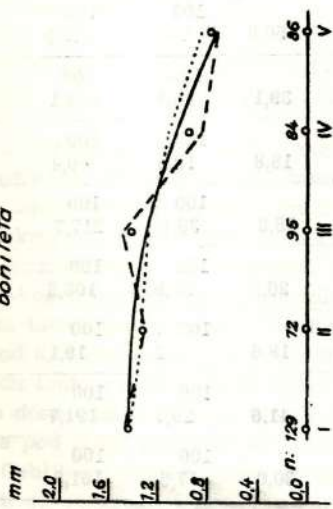
SL. 5

ako bi ih spojili, da daju liniju koja ne bi smela da pokazuje dijamelno drukčiji tok nego postojeća. Te linije morale bi da pokazuju isti smer delovanja. Odstupanja tankih i debelih stabala prikazana su na sl. od 1 — 6 tačkicama za tanka i crticama za debela stabla.

DEBLJINSKI PRIRAST STABLA CRNOG BORA U ZAVISNOSTI OD:

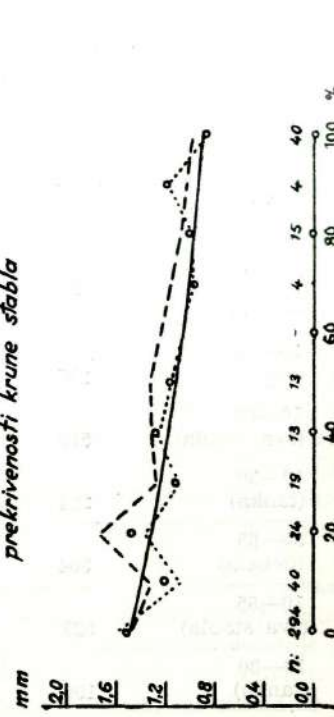
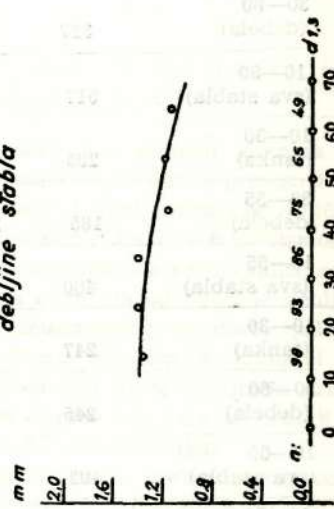
boniteta

projekcije krune stabla



debljine stabla

prekrivenosti krune stabla



SL. 6

Rezultati ovog preispitivanja su sledeci:

- kod jele odstupanja tankih i debelih stabala vrlo dobro prate linije uticaja prikazane na slici 1 kod svih nezavisno promenljivih elemenata;

Tabela 10

Prosečne veličine nezavisno promenljivih faktora u analizi i tankih
i debelih stabala

Vrsta drveta	Stabla debljine od do cm	Broj stabala kom.	Prosečni bonitet	Prosečna debljina cm.	Prosečna projekcija krošnje in. deks/m ²	Prosečna zapremina krošnje in. deks/m ³	Prosečna prekrivenost krošnje %
Jela	10—30 (tanki)	231	2,9	19,1	100 9,0	100 33,8	54,2
	30—65 debela	285	3,1	43,5	100 24,4	100 196,7	27,6
	10—65 (sva stabla)	516	3,0	32,6	100 16,2	100 108,7	39,5
Smrča	10—30 (tanki)	224	3,0	19,4	100 7,8	100 35,6	38,3
	30—65 (debela)	304	3,1	43,7	100 16,9	100 145,3	16,4
	10—65 (sva stabla)	528	3,0	33,4	100 13,8	100 103,2	25,7
Bukva	10—30 (tanki)	190	2,8	19,1	100 22,1	100 96,0	51,8
	30—80 (debela)	327	2,6	50,8	100 70,0	100 619,3	16,9
	10—80 (sva stabla)	517	2,7	39,1	100 46,5	100 324,1	29,7
Hrast	10—30 (tanki)	295	3,1	18,8	100 12,5	100 46,4	26,5
	30—55 (debela)	185	2,9	38,8	100 36,1	100 217,7	2,8
	10—55 (sva stabla)	480	3,0	26,5	100 22,9	100 108,6	17,3
Beli bor	10—30 (tanki)	247	2,7	18,6	100 6,2	100 19,1	26,6
	30—60 (debela)	245	3,0	41,6	100 29,7	100 191,7	4,7
	10—60 (sva stabla)	492	2,8	30,0	100 17,6	100 101,8	15,7
Crni bor	10—30 (tanki)	191	2,6	19,5	100 6,9	100 21,2	36,5
	30—70 (debela)	275	3,0	47,2	100 31,2	100 169,3	5,4
	10—70 (sva stabla)	466	2,8	35,9	100 23,2	100 118,8	18,2

- kod smrčee se, izuzev boniteta, linije uticaja i odstupanja tankih i debelih stabala prate. Kod uticaja boniteta reziduali ukazuju da za tanka stabla dobijeni uticaji važe, dok reziduali debelih stabala pokazuju sasvim obrnut smer, tj. da s lošijim bonitetom opada debljinski prirast;
- kod bukve reziduali tankih i debelih stabala prate linije uticaja;
- kod hrasta reziduali tankih i debelih stabala prate linije uticaja;
- kod belog bora javio se isti slučaj kao kod smrčee;
- kod crnog bora reziduali tankih i debelih stabala prate linije uticaja.

Da bi se stekao uvid o veličini izmenjenih srednjih vrednosti obuhvaćenih nezavisno promenljivih faktora, date su te vrednosti zaokružene na jedno decimalno mesto u tabeli 10 po vrstama drveća, a radi upoređenja i srednje vrednosti svih obuhvaćenih stabala za koje su prikazani uticaji na slikama. U kolonama »prosečna projekcija krošnje« i »prosečna zapremina krošnje« date su po dve vrednosti. Prva predstavlja indeks, a druga (donja) apsolutni iznos koji odgovara tom indeksu za navedenu debljinu stabla. Prilikom analize zapreminskog prirasta takođe su vršena izložena proveravanja pa pošto je kod tih analiza kao nezavisno promenljivi faktor uzeta i zapremina krošnje, u tabeli 10 je data i ta veličina.

Na osnovu provedenih kontrola može se zaključiti da svi prikazani uticaji obuhvaćenih nezavisno promenljivih veličina kod ispitivanih vrsta drveća pokazuju zakonitost po kojoj se odvija njihovo delovanje na godišnje prirašćivanje stabla u debljinu za onaj interval debljina stabala koji je dat u tabeli 9. Od ovog se izuzima jedino uticaj boniteta na debela stabla (iznad 30 cm) kod smrčee i belog bora.

Osvrt na rezultate i njihovo upoređenje s rezultatima drugih autora

Debljinski prirast je vrlo značajan taksacioni element, kako sa stanovišta uređivanja šuma tako i sa stanovišta nauke o prirastu i prinosu i nauke o uzgoju šuma. Smatra se da je on u vrlo velikoj meri zavisen od veličine projekcije krošnje. To se može videti i iz priloženih slika 1 — 6 po strmosti linija koje pokazuju uticaj tog elementa. Ali, i pored toga što su u analize zavisnosti debljinskog prirasta ušla još tri taksaciona elementa od kojih je debljina stabla isto tako uticajan faktor, koeficijenti determinacije su dosta maleni. Kreću se od 0,13 kod crnog bora do 0,46 kod hrasta kitnjaka (maksimalni iznos R^2 može da bude 1 a minimalni nula). Oni pokazuju da je debljinski prirast kao pojava dosta slabo objašnjen obuhvaćenim elementima i da još postoji niz elemenata pod čijim dejstvom on može da bude jako izmenjen.

Debljinski prirast stabla iz sastojina kojima se preborno gospodari u zavisnosti od veličine njegove projekcije krošnje ne mogu direktno s ničijim rezultatima da upoređujem, jer takvih rezultata nema. Naime, iako je poznato i uslovno tačno tvrđenje da je debljinski prirast stabla veći, ako mu je projekcija krošnje veća, nisam mogao naići na rad koji je uticaj tog elementa posmatrao unutar istog debljinskog stepena, ili jednom rečju unutar istih ostalih uslova, a samo uz promenu veličine projekcije krošnje. Sličan je slučaj i za uticaj prekrivenosti krošnje na debljinski prirast.

No i pored toga, rezultati uticaja veličine projekcije krošnje do kojih se došlo ovim analizama slažu se s rezultatima do kojih je došao Busse (19) za hrast, smrču, bukvu, i bor, kao i s nalazima Flury-a (22) za smrču i bukvu, koja potiču iz jednodobnih sastojina.

Kada je reč o uticaju boniteta staništa ili debljine stabla, onda postoje mogućnosti upoređenja, ali samo približnih. Merodavna upoređenja moguća su samo s onim rezultatima koji su dobijeni na osnovu istraživanja kojima je obuhvaćeno i delovanje svih faktora obuhvaćenih ovom analizom.

Uticaj boniteta staništa i debljine stabla na debljinski prirast stabla istraživali su Matić (50) za jelu, smrču i bukvu, Drinić (20) za crni bor, Vukmirović (82) za hrast kitnjak i Stojanović (75) za beli bor.

Upoređenje ću vršiti po vrstama drveća:

jela — uticaj debljine se po obliku slaže. Uticaj boniteta se po tendenciji opadanja prirasta slaže s uticajem ovog taksacionog elementa kod Matića za debela stabla, a za tanja se ne slaže;

smrča — uticaj boniteta se slaže, a debljine samo do prečnika od 50 cm. Razlog ovom neslaganju je računске prirode. Zbog manjeg broja debelih stabala njihovo delovanje nije došlo do izražaja, te je linija uticaja nastavila svoj tok porasta iako reziduali pokazuju da bi morala da se povije (sl. 2);

bukva — uticaji boniteta staništa i debljine se slažu.

Prema tome postoje neslaganja jedino u delovanju boniteta staništa kod jele. Matić je i sam upozorio da uticaj boniteta može biti izmenjen ako bi se isključilo delovanje projekcije krošnje. Ono se, po njegovom mišljenju, ispoljavalo zbog toga što analizom nisu bile obuhvaćene i veličine projekcija krošnji.

hrast kitnjak — uticaji boniteta se slažu. Uticaji debljina se slažu do debljine od 40 cm po tendenciji porasta. Po obliku se ne slažu. Razlog je isti kao kod smrče;

beli bor — uticaji boniteta i debljine se slažu;

crni bor — uticaji boniteta se slažu. Uticaji debljine stabla se ne slažu, jer se kulminaciona tačka kod Drinićevih istraživanja nalazi kod srednje debelih stabala, dok je kod ovih istraživanja ona kod tankih stabala. Zbog toga se, prema rezultatima ovog rada, debljinski prirast povećavanjem debljine stabla smanjuje.

Na osnovu izvršenih upoređenja može se zaključiti da gotovo nema razlika između rezultata do kojih su došli drugi autori i analiza ovog rada u pogledu uticaja ova dva elementa. Pri tome se mora istaknuti činjenica da su analize debljinskog prirasta koje su poslužile za upoređenja izvršene za svaku od navedenih vrsta drveća na bazi velikog broja stabala, te slaganje uticaja daje rezultatima ovog rada veću težinu, naročito za one uticaje čiji oblik zavisi u znatnoj meri i od strukture uzorka. To su debljina i bonitet.

Na kraju razmatranja zavisnosti debljinskog prirasta od obuhvaćenih taksacionih elemenata prilažem tabelu relativnih promena veličine debljinskog prirasta stabla ispitivanih vrsta drveća zbog promene veličine njegove projekcije krošnje, ako se veličina projekcije krošnje uz indeks 50 označi sa 1. Date relativne promene se odnose na srednje vrednosti ostalih obuhvaćenih elemenata, tj. određeni prsni prečnik, određeni bonitet staništa i određenu prekrivenost krošnje, koje su date u tabeli 8. Za ostale debljinske stepene i izmenjene srednje vrednosti bonitetnog razreda staništa i prekrivenosti krošnje, apsolutni iznosi debljinskog prirasta imaće druge vrednosti, ali će relativne promene, ako se primeni *Matičev* postupak (50, str. 77 do 84), ostati iste.

Tabela 11

Relativne promene debljinskog prirasta stabla zbog promene veličine projekcije krošnje

Vrsta drveta	Veličina horizontalne projekcije krošnje izražena indeksom			
	50	100	150	200
Jela	1,00	1,27	1,49	1,65
Smrča	1,00	1,19	1,35	1,48
Bukva	1,00	1,08	1,11	1,11
Hrast	1,00	1,18	1,33	1,44
Beli bor	1,00	1,31	1,60	1,90
Crni bor	1,00	1,24	1,38	1,41

Ovdje se još ističe činjenica koja je konstatovana u analizama o tome da se tekući debljinski prirast stabla, ako se veličina krošnje izrazi samo veličinom projekcije, ne povećava linearno usled povećanja veličine projekcije krošnje, već da posle određene veličine projekcije krošnje stagnira ili se neznatno povećava.

Tekući zapreminski prirast stabla po 1m² projekcije njegove krošnje*

Poznavanje ovog taksacionog elementa je neophodno, ako se želi upoređivati prirast stabala. Kao što se ne mogu upoređivati prirasti sastojina ako se ne svedu na jedinicu površine, tako se ni prirasti stabala ne mogu upoređivati ako nisu svedeni na istu površinu koju zauzimaju u sastojini. Ta površina koju stablo zauzima u sastojini naziva se stajališna površina. Nju za pojedino stablo sastojine nije moguće odrediti. »Kao najbolja približna veličina za zauzetu stajališnu površinu nameće se zastrta površina, dakle horizontalna projekcija najvećih bočnih rasprostranjenja krune. U prirastu po projekciji, odnosno u zapreminskom prirastu po m² projekcije, izraženom u dm³/m² imamo upotrebljivo merilo za istraživanje ekonomije prostora za rastenje« (*A s s m a n n* (2) str. 117). Isto mišljenje ima i *R. M a y e r* (52).

* Rezultati istraživanja ovog taksacionog elementa objavljeni su u časopisu „Narodni šumar“, Sarajevo, 1964, sv. 9—10.

Za istraživanje zavisnosti tekućeg zapreminskog prirasta krupnog drveta stabla po 1 m² projekcije krošnje od veličine njegove krošnje, izvršene su u ovom poglavlju sledeće analize:

— analize zavisnosti tekućeg zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije krošnje od boniteta staništa, debljine stabla, zapremine krošnje i prekrivenosti krošnje, kao i

— analize zavisnosti tekućeg zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje od boniteta staništa, debljine stabla, veličine projekcije i prekrivenosti krošnje.

Prema tome, razlika između navedenih analiza sastoji se u tome, što je u prvoj, pored ostalih, kao nezavisno promenljivi faktor uzeta zapremina, a u drugoj projekcija krošnje. Zbog jednostavnijeg izlaganja prva analiza će biti nazivana kao prva varijanta, a druga, kao druga varijanta.

Za izvršenje analiza primenjen je metod višestruke regresione analize. Za uzorak su uzeta unutar svake analizirane vrste drveta ista ona stabla koja su poslužila kao uzorak kod analiza tekućeg debljinskog prirasta.

Višestruke regresione analize tekućeg zapreminskog prirasta stabla po m² projekcije krošnje

Izvršene su za jelu, smrču, bukvu, hrast kitnjak, beli bor i crni bor, a unutar njih posebno za prvu i posebno za drugu varijantu. Metod višestruke regresione analize izložen je kod analiza debljinskog prirasta pa ovde neće biti obrazlagan.

Kao i prilikom analiza zavisnosti debljinskog prirasta i ovde se pošlo od pretpostavke da svaki od obuhvaćenih nezavisno promenljivih elemenata (bonitet staništa, debljina stabla, prekrivenost krošnje i zapremina odnosno projekcija krošnje) utiče na ispitivanu pojavu (tekući zapreminski prirast krupnog drveta po 1 m² horizontalne projekcije krošnje) po paraboli drugog reda, te su jednačine regresije u obe varijante imale ove opšte oblike:

$$Y_c = k + a_1x + a_2x^2 + b_1d + b_2d^2 + c_1v + c_2v^2 + g_1z + g_2z^2$$

odnosno za drugu varijantu

$$Y_c = k + a_1x + a_2x^2 + b_1d + b_2d^2 + c_1p + c_2p^2 + g_1z + g_2z^2$$

U njima je:

Y_c — tekući zapreminski prirast stabla po kvadratnom metru projekcije krošnje,

x — bonitet stabla,

d — debljina stabla u prsnoj visini,

v — zapremina krošnje izražena indeksom,

p — projekcija krošnje izražena indeksom,

z — prekrivenost krošnje stabla, a

$k, a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, g_1, g_2$, su parametri.

Pošto su normalne jednačine sastavljene i rešene, dobijene su jednačine višestruke regresije za uticaj obuhvaćenih elemenata na tekući zapreminski prirast po 1 m² projekcije krošnje. One su date u tabeli 12. Na slikama od 7 do 18 prikazani su uticaji svakog obuhvaćenog nezavisno promenljivog elementa uz prosečne veličine ostalih. Do njih se došlo tako što su u odgovarajuću jednačinu regresije uvrštene prosečne veličine elemenata čiji uticaj ne tražimo, a menjane vrednosti onog nezavisnog faktora čiji uticaj tražimo. Te prosečne vrednosti i karakteristični pokazatelji višestruke regresione analize dati su u tabeli 13. Na osnovu reziduala, koji su prikazani oko linija uticaja kružićima, vidi se da se može ostati kod odabranih funkcija (parabole drugog reda) za uticaj svakog pojedinog nezavisnog promenljivog elementa.

Rezultati istraživanja zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije krošnje

Rezultati izvršenih analiza sadržani su u jednačinama regresije u tabeli 12 i u karakterističnim pokazateljima višestruke regresione analize (tabela 13), kao i u priloženim slikama od 7—18.

Prva varijanta je imala zadatak da pokaže uticaj veličine krošnje izražene samo njenom zazreminom, a druga uticaj veličine krošnje izražene njenom projekcijom na zapreminski prirast stabla po 1 m² projekcije krošnje uz istovremeno delovanje boniteta staništa, debljine stabla i prekrivenosti krošnje.

Analize prve varijante

Na tekući zapreminski prirast krupnog drveta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje utiču obuhvaćeni elementi kod svih razmatranih vrsta drveća na sledeći način (slike od 7—12):

- povećanjem zapremine krošnje, kao samostalnog pokazatelja veličine krošnje, prirast se smanjuje;
- povećanjem prekrivenosti krošnje smanjuje se prirast;
- povećanjem debljine stabla prirast se povećava, kulminira i zatim smanjuje;
- opadanjem dobre staništa smanjuje se prirast.

Ove zakonitosti važe za svaki uticaj koji posmatramo uz prosečne vrednosti ostalih obuhvaćenih elemenata. Da bi se ustanovilo da li bi obuhvaćeni elementi pokazivali isti smer uticaja i pri izmenjenim srednjim vrednostima debljine stabla, izvršeno je proveravanje na isti način kao i prilikom analiza debljinskog prirasta. Naime, odstupanja od »linije« regresije razvrstana su za svaku nezavisno promenljivu, izuzev debljine, posebno za tanka stabla (do 30 cm. debljine) i posebno za debela (preko 30 cm.). Zatim su podeljena na isti broj grupa kao i odstupanja od »linije« regresije svih stabala i određena su prosečna odstupanja svake grupe. Tim grupisanjem dobijene su druge srednje vrednosti obuhvaćenih nezavisnih faktora. One su date u tabeli 10.

Prosečna odstupanja nanešena su oko linije uticaja odgovarajućeg nezavisnog faktora, koja je dobijena uvrštavanjem prosečnih vrednosti nezavisno promenljivih elemenata u jednačinu višestruke regresije (oko linije koje su prikazane na slikama 7—12) i spojena tačkicama za tanka i crticama za

Jednačina regresije (funkcije) za zapreminski prirast stabla po m³
projekcije krošnje

za jelu	I var.:	$Y_c = 0,607 - 0,25x + 0,0128x^2 + 0,10d - 0,0012d^2 - 0,0038v + 0,000004v^2 - 0,005z - 0,0000003z^2$
	II "	$Y_c = 0,944 - 0,20x + 0,0077x^2 + 0,10d - 0,0012d^2 - 0,0099p + 0,000019p^2 - 0,005z + 0,0000019z^2$
za smrčju	I "	$Y_c = 1,656 - 0,18x - 0,0083x^2 + 0,09d - 0,0011d^2 - 0,0151v + 0,0000034v^2 - 0,015z + 0,000102z^2$
	II "	$Y_c = 2,338 - 0,14x - 0,0047x^2 + 0,10d - 0,0011d^2 - 0,029p + 0,000081p^2 - 0,017z + 0,000111z^2$
za bukvu	I "	$Y_c = 0,541 - 0,10x + 0,0086x^2 + 0,04d - 0,0004d^2 - 0,0054v + 0,000010v^2 - 0,003z + 0,000013z^2$
	II "	$Y_c = 0,861 - 0,04x + 0,0009x^2 + 0,04d - 0,0004d^2 - 0,0129p + 0,000034p^2 - 0,004z + 0,000022z^2$
za hrast	I "	$Y_c = 0,943 - 0,22x + 0,0070x^2 + 0,026d - 0,0003d^2 - 0,0046v + 0,000008v^2 - 0,0004z - 0,0000165z^2$
	II "	$Y_c = 1,134 - 0,18x + 0,0086x^2 + 0,025d - 0,0003d^2 - 0,0103p + 0,000029p^2 - 0,0011z - 0,0000077z^2$
za beli bor	I "	$Y_c = 0,798 - 0,27x + 0,0264x^2 + 0,043d - 0,0007d^2 - 0,00247v + 0,0000034v^2 - 0,0045z + 0,000044z^2$
	II "	$Y_c = 0,916 - 0,27x + 0,032x^2 + 0,044d - 0,0007d^2 - 0,00427p + 0,000003p^2 - 0,0043z + 0,0000396z^2$
za crni bor	I "	$Y_c = 1,066 - 0,19x + 0,006x^2 + 0,01d - 0,0002d^2 - 0,00289v + 0,000005v^2 - 0,0019z + 0,0000035z^2$
	II "	$Y_c = 1,441 - 0,16x + 0,01x^2 + 0,009d - 0,00018d^2 - 0,0101p + 0,00003p^2 - 0,0031z + 0,00000495z^2$

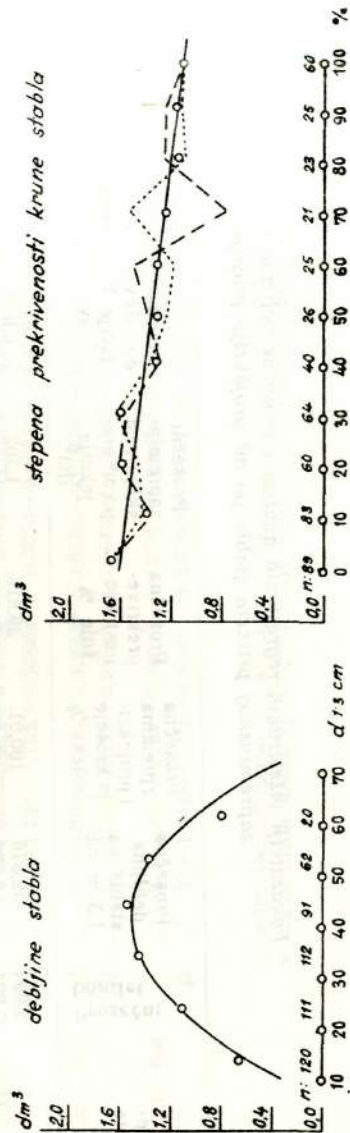
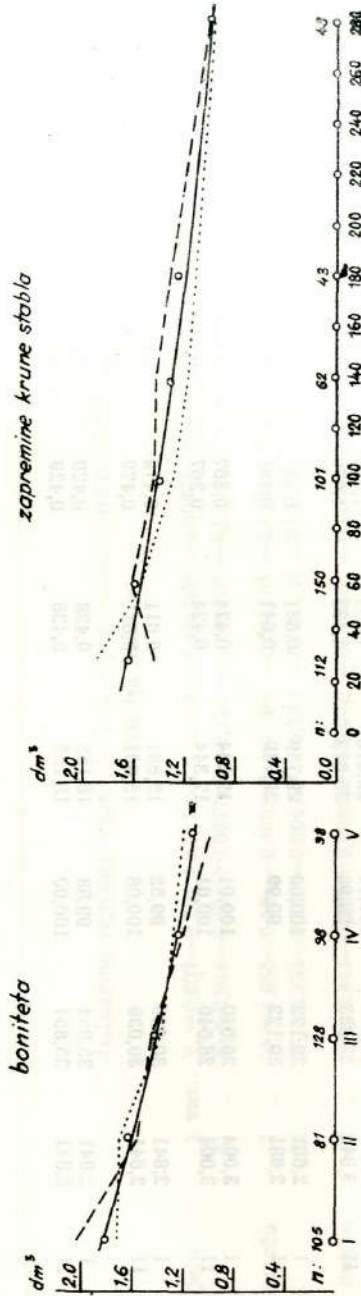
u ovim jednačinama je: x = bonitet staništa, d = prečnik stabla,
v = zapremina krošnje, p = projekcija krošnje i z = prekrivenost krošnje

Tabela 13

Pokazatelji višestrukih regresionih analiza i prosečne veličine za analize
zapreminskog prirasta stabla po m² projekcije prošnje

Vrsta drve- ta i varijante	Prosečni bonitet	Prosečna debljina stabla na 1,3 m. cm	Prosečna zpremina i projekci- ja krošnje indeks %	Prosečna prekrive- nost kro- šnje %	Prosečni zapremi- nski prirast po m ² pro- jekcije dm ³	Standar- dna devi- jacija Y oy	Standar- dna greš- ka regre- cije Sy	Koeficijent višestruke korelacije R	Koeficijent determina- cije K
jela	I	2,994	32,576	100,01	39,516	1,202	0,6647	0,5849	0,342
	II	2,994	32,576	99,95	39,516	1,202	0,6391	0,6260	0,392
smrča	I	3,042	33,383	100,00	25,672	1,433	0,8631	0,5827	0,340
	II	3,042	33,383	99,98	25,672	1,433	0,8114	0,6453	0,416
bukva	I	2,681	39,122	100,00	29,739	0,641	0,4079	0,5458	0,298
	II	2,681	39,122	99,99	29,739	0,641	0,3730	0,5958	0,355
hrast	I	3,004	26,540	100,01	17,344	0,424	0,2325	0,7652	0,586
	II	3,004	26,540	100,01	17,344	0,424	0,2290	0,7768	0,603
beli bor	I	2,841	30,039	99,53	15,691	0,611	0,4101	0,5052	0,255
	II	2,841	30,039	100,06	15,691	0,611	0,3982	0,5615	0,315
crni bor	I	2,841	35,854	99,88	18,155	0,438	0,3275	0,6381	0,407
	II	2,841	35,854	100,00	18,155	0,438	0,3143	0,6737	0,454

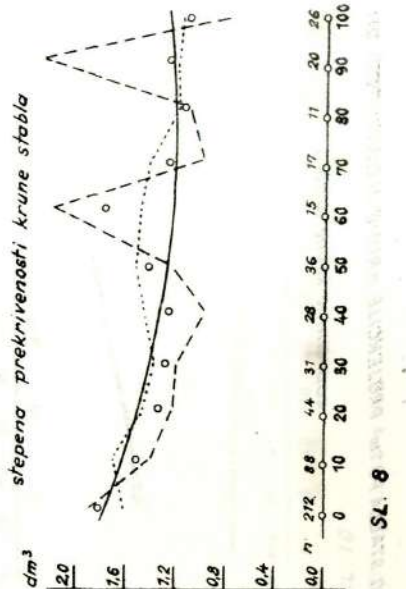
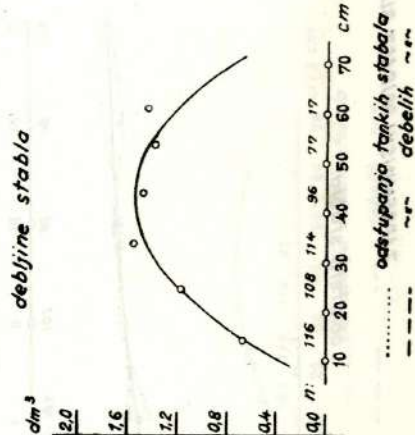
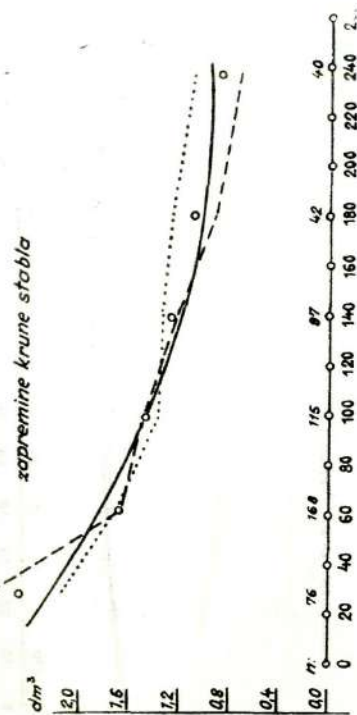
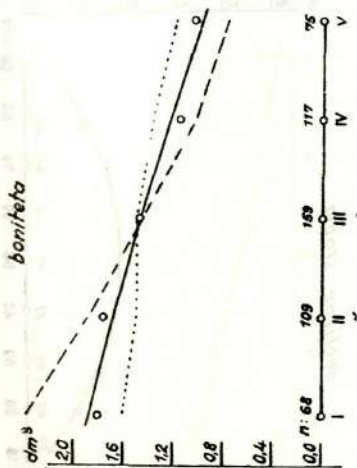
ZAPREMINSKI PRIRAST JELOVUG STABLA PO 1m³ PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD:



SL. 7

debela stabla. Vrlo lako se može videti da ona pokazuju uglavnom isti smer delovanja kao i linije uticaja, pa se može reći, da ispitivani nezavisno pro-

ZAPREMINSKI PRIKAST SMRČEVOG STABLA PO 1 m² PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD:

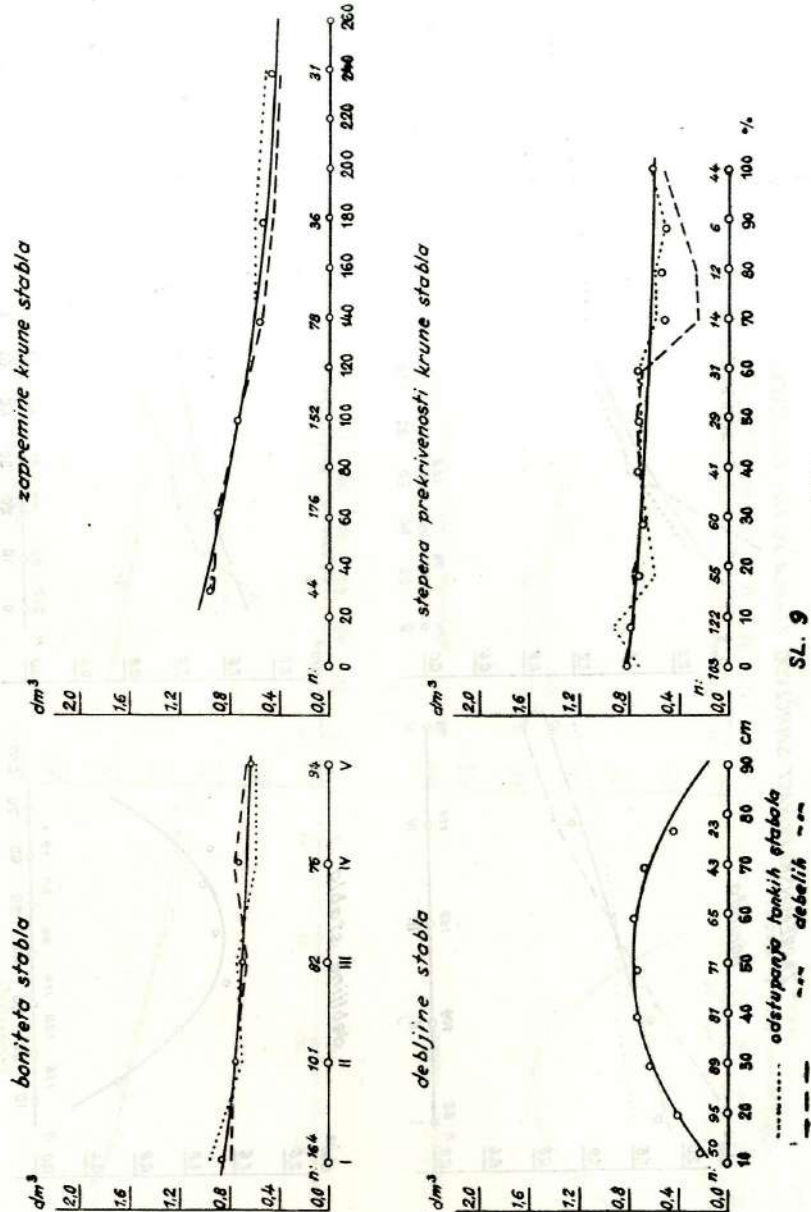


odstupanja tankih stabala
debelih

SL. 8

menljivi faktori deluju na isti način i pri drugim srednjim vrednostima nezavisnih faktora, ali ne i istim intenzitetom. Pri navedenim proveravanjima najveća pažnja je poklonjena delovanju veličine krošnje. Ako se pažljivije pogleda na slici 7 figura koja predstavlja uticaj veličine zapremine krošnje

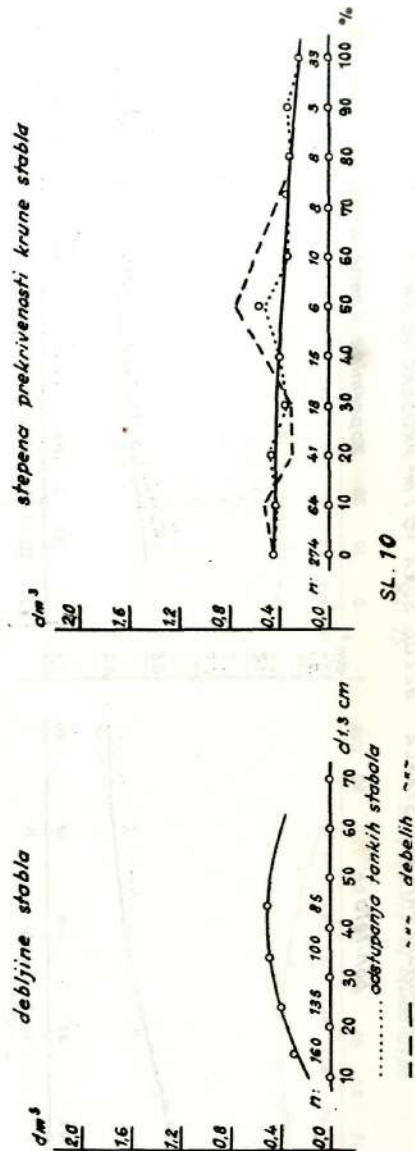
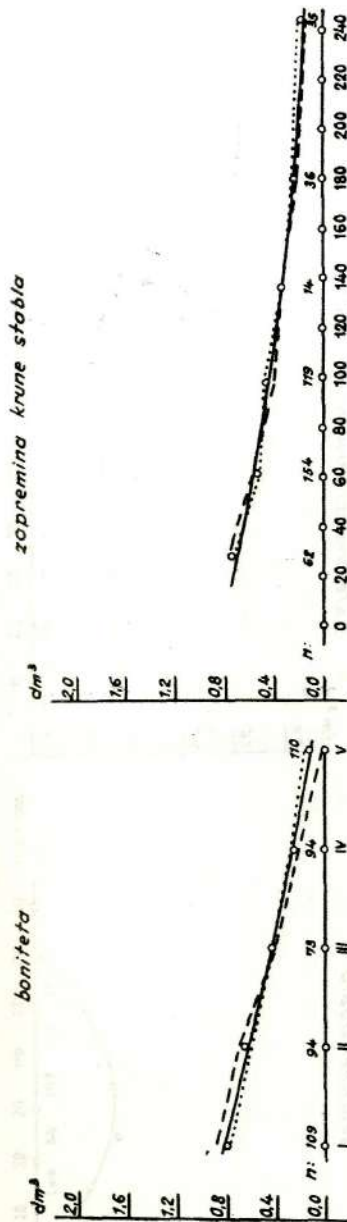
ZAPREMINSKI PRIRAST BUKOVOG STABLA PO 1m² PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD:



SL. 9

jele, može se videti da odstupanje debelih stabala od linije uticaja ne pokazuju isti tok delovanja, tj. neprestano smanjenje prirasta s povećanjem zapremine krošnje, nego izgleda kao da se povećanjem zapremine krošnje prirast povećava, a zatim smanjuje. Zbog toga je uticaj veličine krošnje debelih

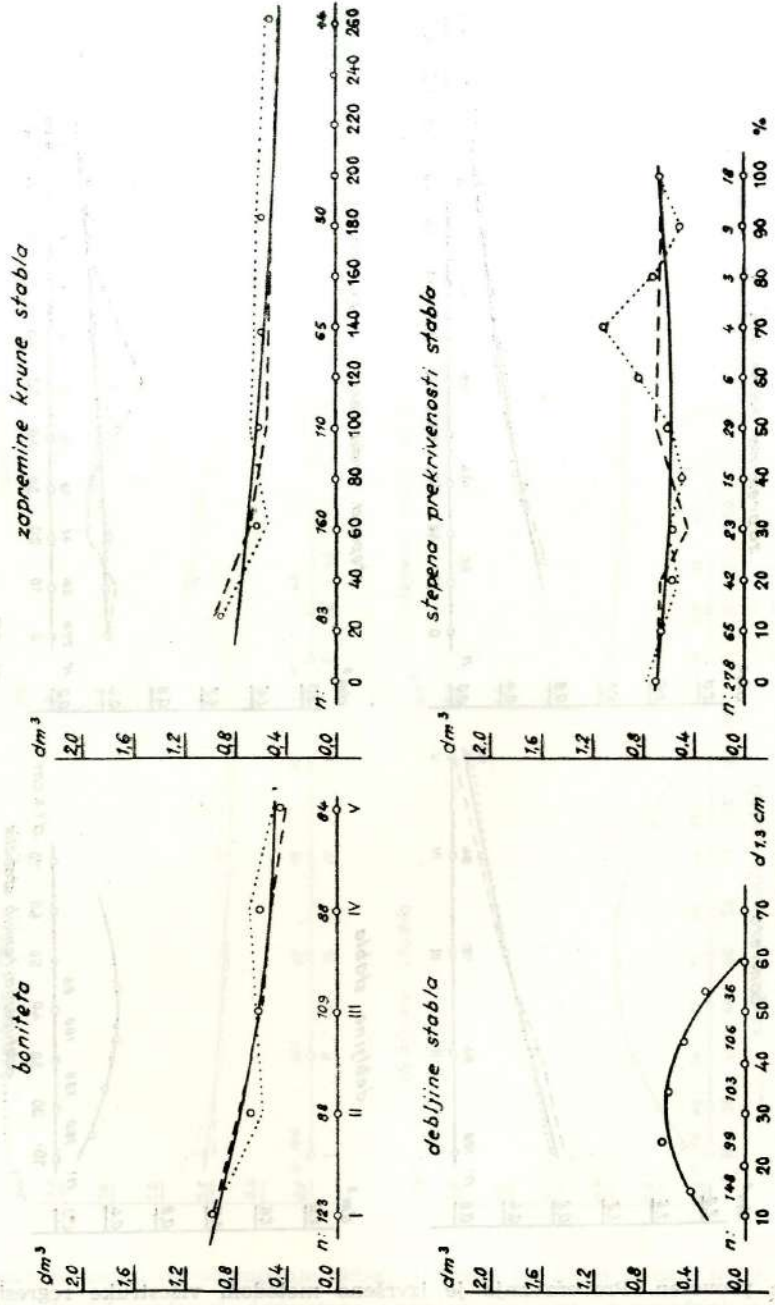
ZAPREMINSKI PRIRAST HRASTOVOG STABLA PO 1 m² PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD:



SL. 10

stabala proveren. Proveravanje je izvršeno metodom višestruke regresione analize na ranije opisani način, s tim što su za uzorak uzeta samo debela stabla te vrste drveta. Rezultat naknadno provedenih analiza je pokazao da svi obuhvaćeni faktori utiču na opisani način, dakle i veličina zapremine krošnje.

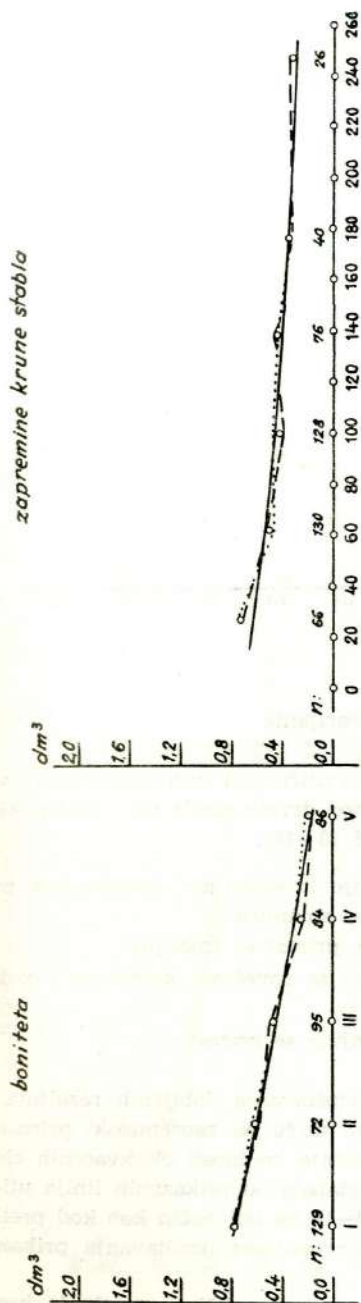
ZAPREMINSKI PRIRAST STABLA BELOG BORA DO 1 m² PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD:



SL. 11

Na slici 19 je prikazan uticaj samo tog faktora. Na njoj se vidi da se prirast stalno smanjuje povećanjem zapremine krošnje.

ZAPREMINSKI PRIRAST STABLA CRNOG BORA PO 1 m² PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD:



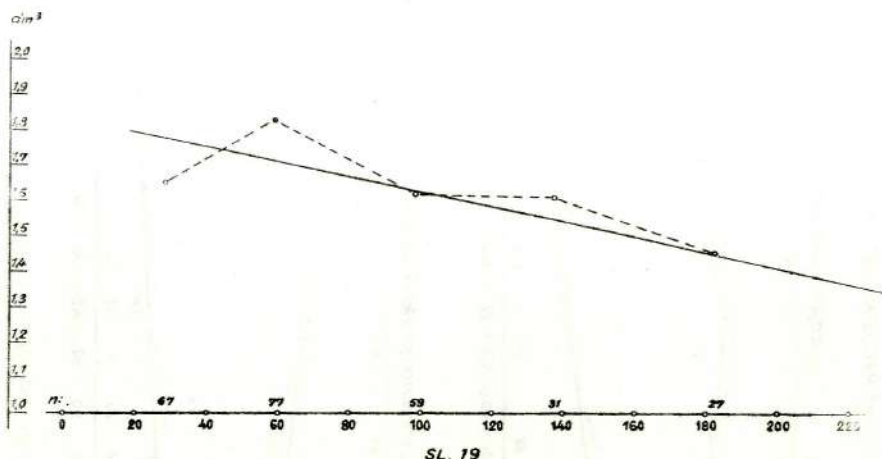
stepena prekrivenosti krune stabla



SL. 12

Navedena preispitivanja dobijenih uticaja ukazuju na mogućnost da se način delovanja obuhvaćenih faktora na ispitivanu pojavu okarakterise kao zakonitost.

UTICAJ ZAPREMINE KRUNE STABLA
na tekući prirast zapremine stabla po m^2 proj. krune



Analize druge varijante

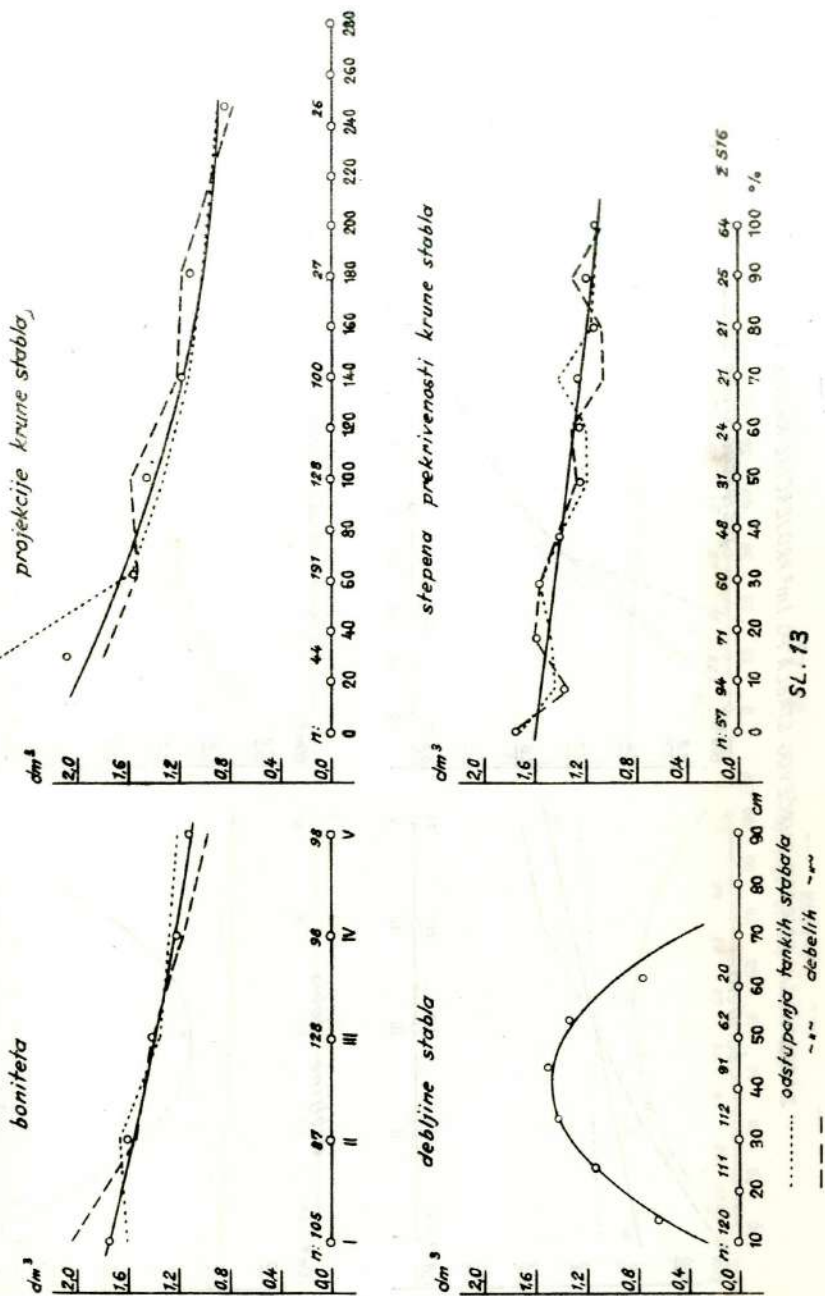
Obuhvaćeni taksacioni elementi stabla utiču kod svih obuhvaćenih vrsta drveća na tekući zapreminski prirast krupnog drveća stabla po $1 m^2$ projekcije njegove krošnje na sledeći način (slike od 13—18):

- povećanjem horizontalne projekcije krošnje, kao samostalnog pokazatelja veličine krošnje, prirast se smanjuje;
- povećanjem prekrivenosti krošnje, prirast se smanjuje;
- povećanjem debljine stabla, prirast se povećava, kulminira i onda se smanjuje;
- opadanjem dobrote staništa, smanjuje se prirast.

I pri ovim analizama je u svrhu uopštavanja dobijenih rezultata kao zakonitosti, po kojima obuhvaćeni elementi utiču na zapreminski prirast, izvršeno proveravanje uticaja i za druge srednje vrednosti obuhvaćenih elemenata pomoću odstupanja tankih i debelih stabala od prikazanih linija uticaja. Ta odstupanja su prikazana na slikama 13—18 na isti način kao kod prethodnih analiza. Rezultati proveravanja daju mogućnost uopštavanja prikazanih uticaja kao zakonitosti.

Takođe se i pri ovim analizama za uticaj veličine projekcije krošnje jelovog stabla pokazalo, da bi se taj uticaj kod debelih stabala jele možda mogao da izravna parabolom obrnutog izgleda od postojeće. Ona bi u tom slučaju pokazivala da se povećanjem projekcije krošnje prirast povećava,

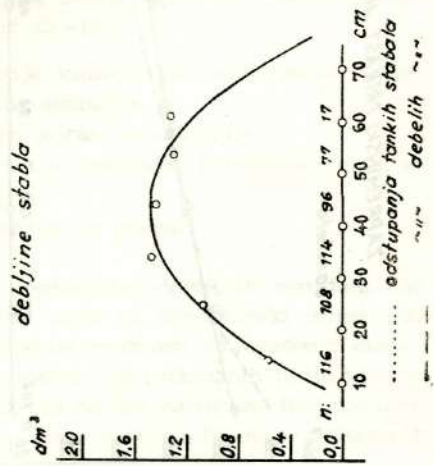
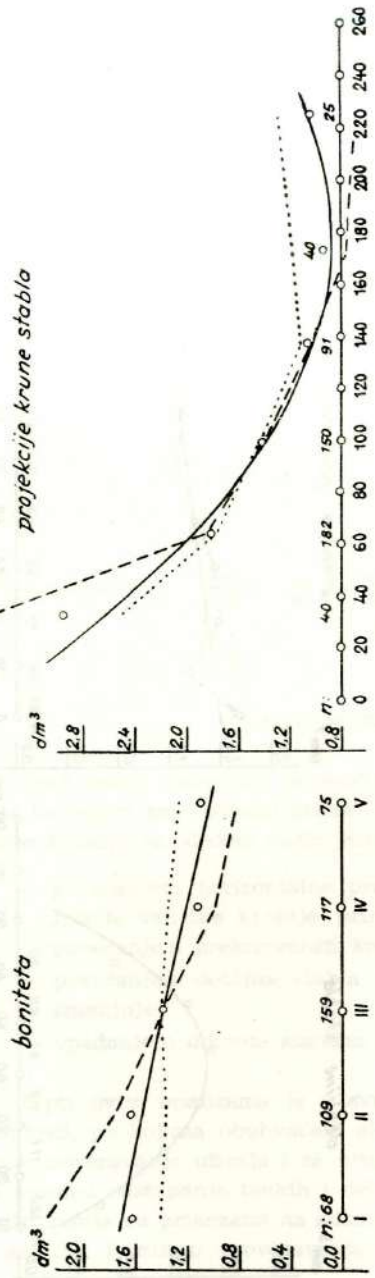
ZAPREMINSKI PRIRAST JELOVOG STABLA PO 1m² PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD:



SL. 13

kulminira i zatim smanjuje. Da bi sumnja bila otklonjena, izvršena je i ova posebna višestruka regresiona analiza samo za debela ($d_{1,3}$ veće od 30 cm.) stabla jele. Dobijeni rezultati su potvrdili konstatovane uticaje obuhvaćenih

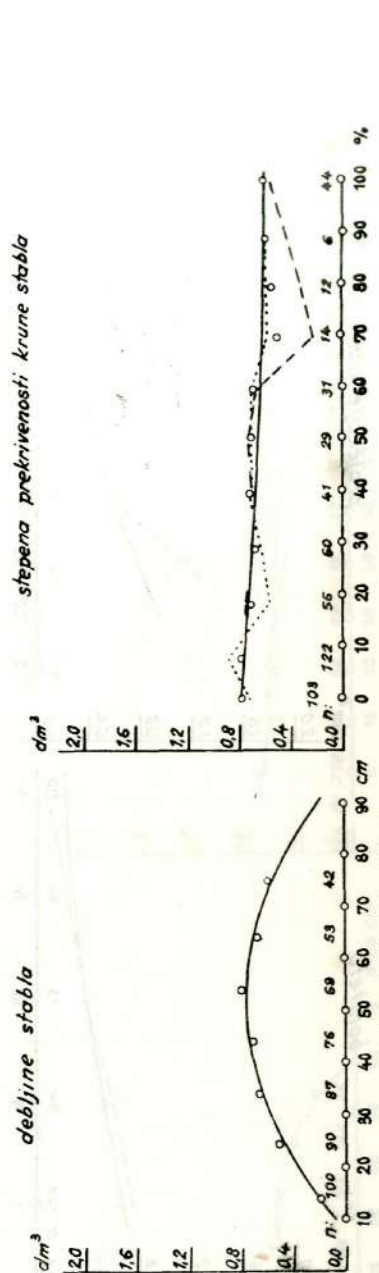
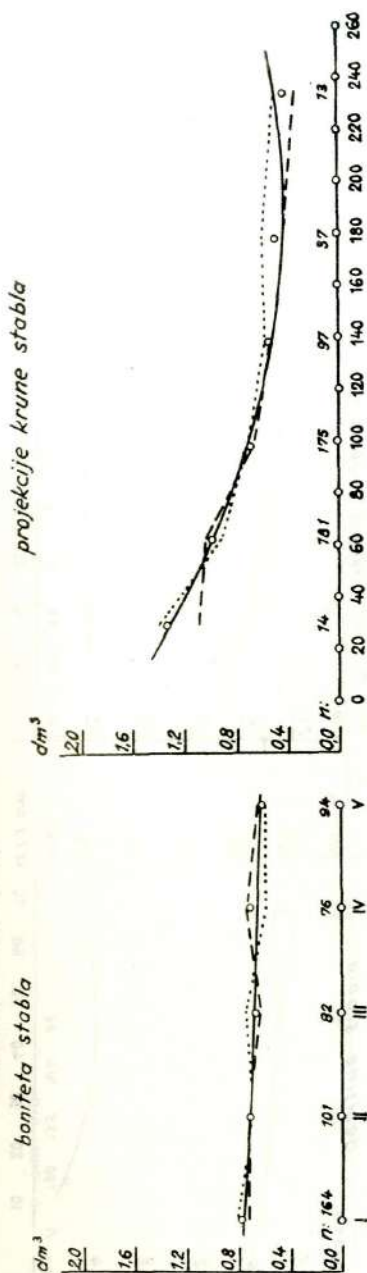
ZAPREMINSKI PRIRAST SMRČEVOG STABLA PO 1 m² PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD:



SL. 14

faktora na zapreminski prirast stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje i time otklonili izrečenu sumnju. Na slici 20 prikazan je uticaj veličine projek-

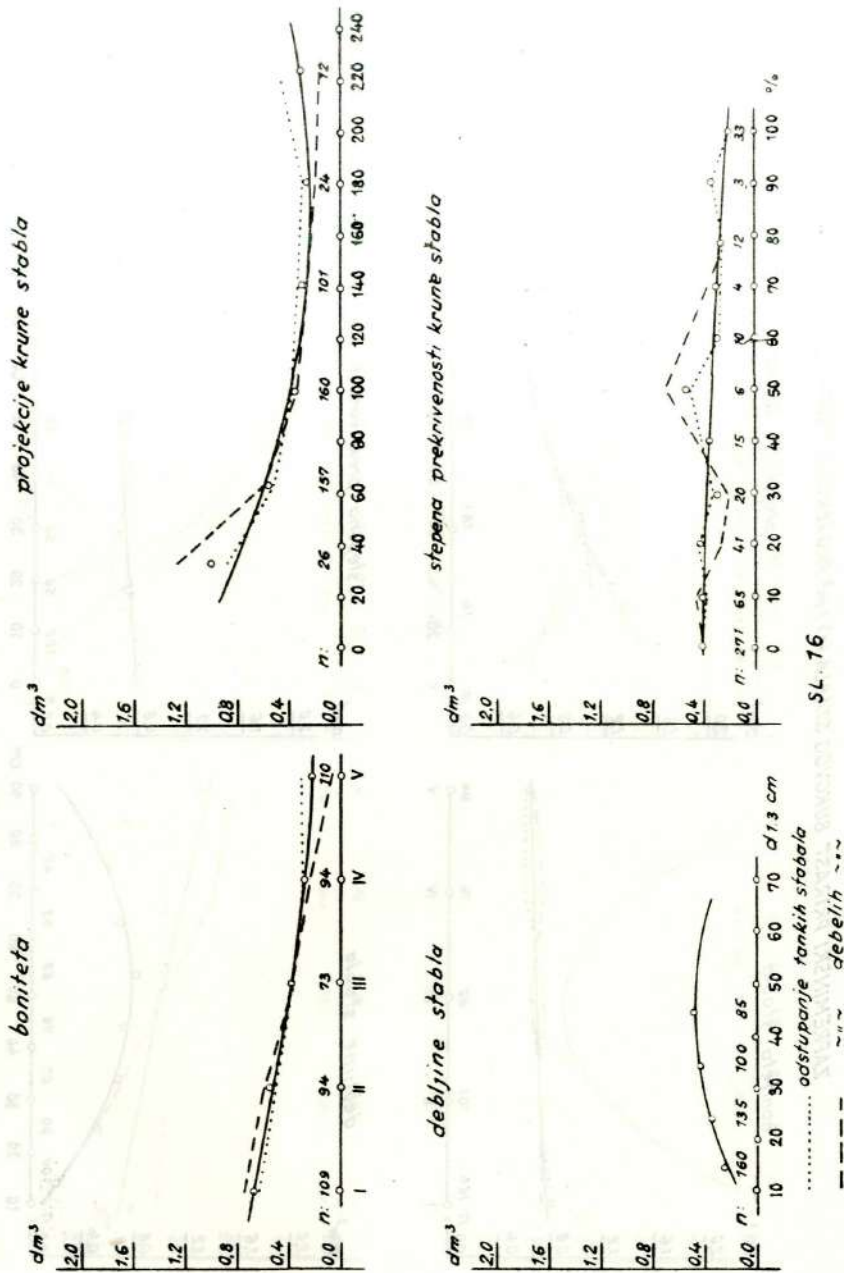
ZAPREMINSKI PRIRAST BUKOVOG STABLA PO 1 m³ PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD:



SL. 15

cije krošnje debelog jelovog stabla. Grafikon pokazuje da se povećanjem projekcije krošnje, zapreminski prirast stabla po 1 m² projekcije smanjuje.

ZAPREMINSKI PRIRAST HRASTOVOG STABLA PO 1 m² PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD

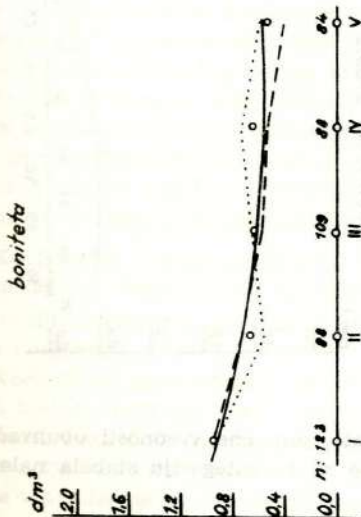


SL. 16

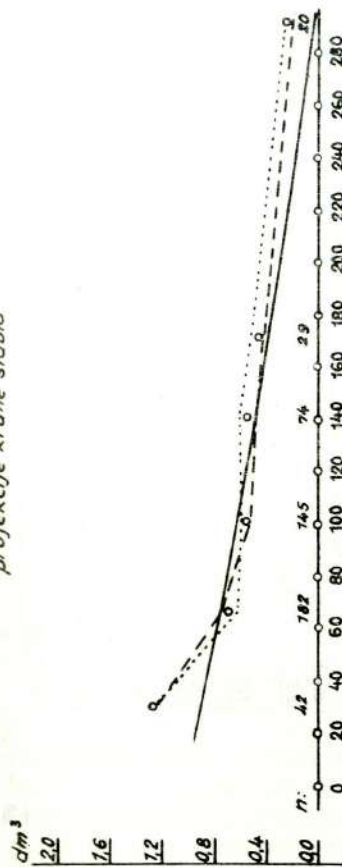
Zbog izloženog može se i ovde smatrati da prikazani uticaji predstavljaju zakonitosti po kojima obuhvaćeni nezavisni faktori deluju na zapreminski prirast stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje.

ZAPREMINSKI PRIRAST STABLA BELOG BORA PO 1 m² PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD:

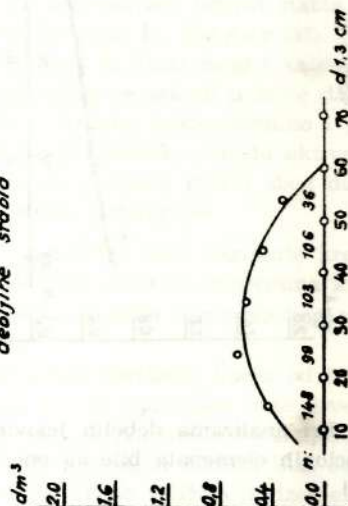
boniteta



projekcije krune stabla

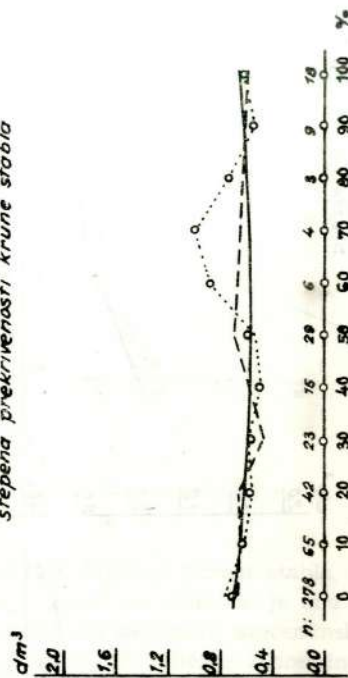


debljine stabla



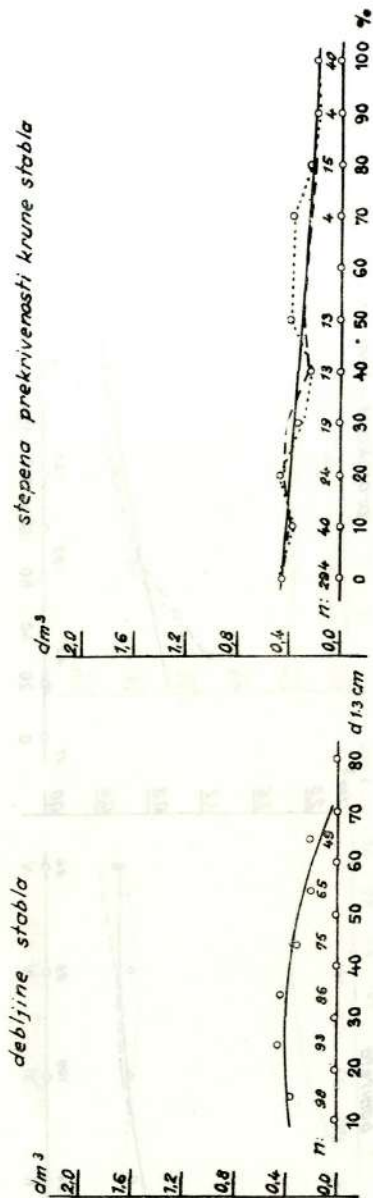
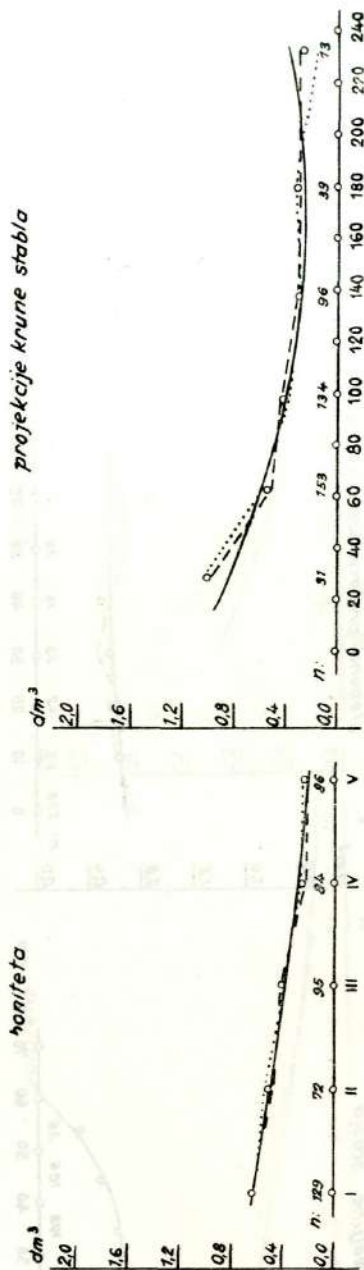
..... odstupanja tankih stabala
- - - - - odstupanja debelih

stepena prekrivenosti krune stabla



SL. 17

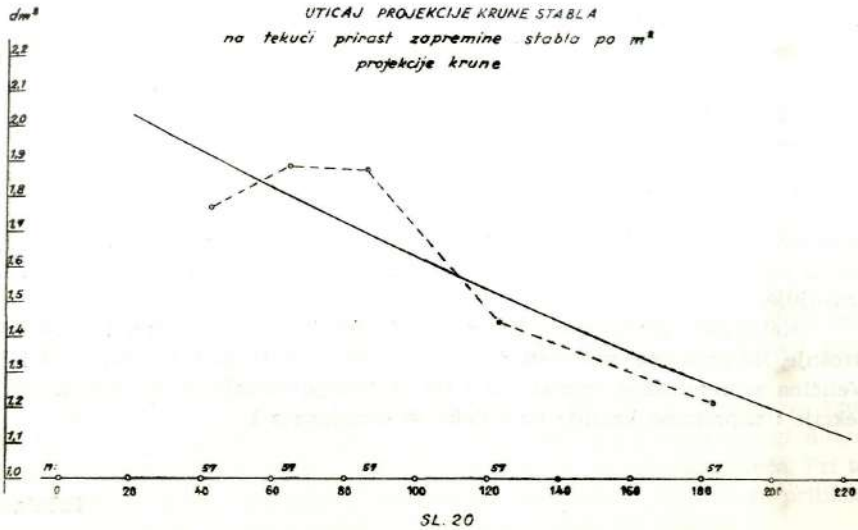
ZAPREMINSKI PRIRAST STABLA CRNOG BORA PO 1 m² PROJEKCIJE KRUNE U ZAVISNOSTI OD:



SL. 18

..... odstupanja tankih stabala
- - - - - debljih

Pri analizama debelih jelovih stabala, prosečne vrednosti obuhvaćenih taksacionih elemenata bile su one koje se za tu kategoriju stabala nalaze u tabeli 10.



Osvrt na rezultate i njihova upoređenja sa rezultatima drugih autora

Pri analizama uticaja veličine krošnje na debljinski prirast stabla, nisam se upuštao u objašnjenja tog delovanja, jer sam smatrao da je ono logično i u priličnoj meri objašnjeno (52). Pri analizama zavisnosti zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje od veličine zapremine i veličine projekcije krošnje dobijeni su rezultati koji izgledaju nelogični. Objasnjenje za uticaj veličine projekcije krošnje na zapreminski prirast stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje dao je za hrast kitnjak R. Mayer (52). Ono se može primeniti i na zapreminu krošnje ne samo za hrast nego i za ostale vrste drveta obuhvaćene ovim radom. To objašnjenje se sastoji u tome da se povećanjem projekcije i zapremine krošnje ne povećava proporcionalno i površina omotača krošnje stabla. Zbog toga dolazi do nesklada između aktivnog i pasivnog lišća u pogledu asimilacije, javljaju se povećani gubici zbog disanja i uz to se znatan deo asimilata troši na prirast granjevine.

Koeficijenti determinacije (R^2), koji se za analize prve varijante kreću od 0,255 (za beli bor) do 0,586 (za hrast kitnjak) pokazuju da zapremina krošnje i ostali obuhvaćeni elementi ne objašnjavaju veličinu zapreminskog prirasta u potpunosti.

Koeficijenti determinacije se za analize druge varijante kreću od 0,315 (za beli bor) do 0,603 (za hrast kitnjak) i imaju za sve ispitivane vrste drveća veće iznose nego kod analiza prve varijante. Na osnovu većih koeficijenata determinacije kao i činjenice da su preostala tri nezavisna faktora bila obuhvaćena u analizama obe varijante, moglo bi se tvrditi da veličina horizontalne

projekcije krošnje kao pokazatelj njene celokupne veličine ima veći uticaj na ispitivanu pojavu, tj. njenom promenom više će se menjati zapreminski prirast stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje, nego ako se menja veličina zapremine krošnje, ako su ostali uslovi isti.

Nadalje se može zaključiti da je zapreminski prirast po 1 m² projekcije krošnje bolje objašnjen obuhvaćenim faktorima nego debljinski prirast stabla, jer su koeficijenti determinacije veći.

Kao što je već ranije istaknuto, zadatak analiza zavisnosti zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje od obuhvaćenih nezavisnih faktora je bio u tome da se utvrdi kako na taj prirast utiče veličina krošnje izražena njenom projekcijom ili zapreminom. Utvrđeno je za svih šest ispitivanih vrsta drveća, da se povećanjem projekcije krošnje ili zapremine prirast smanjuje.

Relativno smanjenje prirasta usled povećanja zapremine i projekcije krošnje, uz prosečne vrednosti ostalih elemenata, dato je u tabelama 14 i 15. Veličina zapreminskog prirasta po 1 m² projekcije krošnje je kod veličina projekcije i zapremine krošnje uz indeks 50 označena s 1.

Tabela 14

Relativne promene tekućeg zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije krošnje zbog promene veličine zapremine krošnje

Vrsta drveta	Veličina zapremine krošnje izražena indeksom			
	50	100	150	200
Jela	1,00	0,90	0,81	0,73
Smrča	1,00	0,74	0,57	0,49
Bukva	1,00	0,79	0,63	0,53
Hrast	1,00	0,72	0,50	0,34
Beli bor	1,00	0,86	0,75	0,67
Crni bor	1,00	0,81	0,67	0,57

Tabela 15

Relativne promene tekućeg zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije krošnje zbog promena veličine projekcije krošnje

Vrsta drveta	Veličina projekcije krošnje izražena indeksom			
	50	100	150	200
Jela	1,00	0,80	0,65	0,55
Smrča	1,00	0,62	0,42	0,41
Bukva	1,00	0,64	0,44	0,39
Hrast	1,00	0,57	0,36	0,36
Beli bor	1,00	0,77	0,55	0,36
Crni bor	1,00	0,59	0,40	0,43

Uz pretpostavku istih relativnih promena prirasta zbog promene pojedinih nezavisnih faktora (50) navedene relativne promene zapreminskog prirasta važiće pri svim debljinama stabla unutar intervala za koji vrede regresione analize.

Rezultate uticaja veličine zapremine krošnje na tekući zapreminski prirast stabla raslog u prebornoj sastojini ne mogu direktno da uporedim s ničijim rezultatima, jer takvih istraživanja, koliko je meni poznato, nije bilo. Jedino je potvrđen Hartig-ov (29) opit, izvršen na jednom hrastovom stablu iz jednodobne sastojine, kojim je pokazano da se zapreminski prirast stabla ne smanji na polovinu, ako mu se zapremina krošnje prepolovi, što praktično znači da je prirast po m^2 projekcije krošnje tog stabla bio veći uz manju (prepolovljenu) krošnju.

Uticaj veličine projekcije krošnje na zapreminski prirast stabla po $1 m^2$ projekcije krošnje za hrast i smrču, do kojih se došlo ovim radom, slažu se s rezultatima R. Mayera (52) i R. Kennela (36) dobijenih na osnovu istraživanja u jednodobnim sastojinama.

Zavisnost zapreminskog prirasta stabla po $1 m^2$ projekcije njegove krošnje od boniteta staništa i debljine stabla do sada su ispitivali mnogi autori. Upoređenja vlastitih rezultata s njihovim izvršeno je po vrstama drveća. Pri tome je najveća pažnja poklonjena rezultatima onih autora, koji su se prilikom svojih istraživanja koristili metodom višestruke regresione analize.

- jela — uticaj boniteta staništa slaže se s rezultatima Matića (50), a debljina stabla s rezultatima Matića (50, 49), Burgera (14),¹⁾ Mitscherlicha (59) i Assmann-a (2);
- smrča — uticaj boniteta slaže se s rezultatima Matića (50), a debljine stabla s rezultatima Matića (50, 49), Burgera (14),¹⁾ Mitscherlicha (59) i Assmann-a (2);
- bukva — uticaj boniteta slaže se s rezultatima Matića (50), a debljine stabla s rezultatima Matića (50), Burgera (14)¹⁾ i Assmann-a (2).
- hrast kitnjak — drugi autori nisu vršili istraživanja uticaja boniteta i debljine stabla na zapreminski prirast po $1 m^2$ projekcije krošnje;
- crni bor — uticaji boniteta staništa i debljine stabla slažu se s rezultatima Drinića (20);
- beli bor — uticaji boniteta slažu se s rezultatima Stojanovića (75), a debljine stabla s rezultatima Stojanovića (75) i Badoxa (5).

Na kraju želim da istaknem da se, i pomoću podataka o uticaju veličine projekcije krošnje po $1 m^2$, može da potvrdi opšte poznata zakonitost da je, pri istim ostalim uslovima, zapreminski prirast stabla u proseku veći ako mu je projekcija krošnje veća. Ova tvrdnja se može dokazati i pomoću relativnih

¹⁾ Na osnovu Burger-ovih (14) podataka o veličini projekcije krošnje i zapreminskog prirasta stabla po debljinskim stepenima, izračunau sam prirast po m^2 projekcije krošnje. Pošto se pokazala ista zakonitost, uvrstio sam ga među autore, koji su tu zakonitost konstatovali.

odnosa, koji su dati u tabeli 15, ako se veličina indeksa uzme kao veličina projekcije krošnje (50 m², 100 m² itd.), a relativni odnos, koji je izražen u delovima jednog celog, kao veličina zapreminskog prirasta po 1 m² projekcije krošnje.

Apsolutne vrednosti kako debljinskog prirasta stabla tako i zapreminskog prirasta po 1 m² projekcije krošnje, mogu se na osnovu priloženih grafova da uporede s rezultatima sličnih istraživanja s područja SRBiH. Odgovarajuća upoređenja maksimalnih prirasta s rezultatima Matića (50) pokazala su male razlike. Tom pitanju u ovom radu nije poklonjena osobita pažnja, jer apsolutne vrednosti prirasta stabla nemaju značaja za ovaj rad.

Razmatranje dobijenih rezultata

Na osnovu do sada izvršenih analiza o zavisnosti tekućeg debljinskog prirasta stabla i tekućeg zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije krošnje od veličine krošnje, konstatuje se za jelu, smrču, bukvu, hrast kitnjak, beli bor i crni bor sledeće:

1. Pri istim ostalim uslovima, tekući debljinski prirast stabla se povećava povećanjem projekcije krošnje. To povećanje se odvija po krivoj liniji koja, kada projekcija krošnje dostigne određenu veličinu, stagnira ili se njen tok nastavlja pod malim usponom;

2. Pri istim ostalim uslovima tekući zapreminski prirast krupnog drveta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje smanjuje se povećanjem zapremine ili projekcije krošnje. To smanjenje nije linearno nego je veće do određenih veličina projekcija i zapremina kruna, a zatim sve manje;

3. Povećanjem prekrivenosti krošnje smanjuju se i debljinski i zapreminski prirast;

4. Koeficijenti determinacije pokazuju da analizama obuhvaćeni faktori ne objašnjavaju dovoljno pouzdano debljinski niti zapreminski prirast stabla. Zapreminski prirast stabla po 1 m² projekcije krošnje je bolje determinisan obuhvaćenim taksacionim elementima.

Ovi rezultati pokazuju kako će se u proseku menjati debljinski i zapreminski prirast stabla promenom faktora koji su obuhvaćeni analizama. Od njih je bila najznačajnija veličina krošnje, koja je, kako je već isticano, jednom bila izražena projekcijom a drugi put zapreminom. Izražavanjem veličine krošnje na taj način, pošlo se od pretpostavke da pri istom prsnom prečniku stabla, većoj projekciji krošnje odgovara i veća zapremina i obrnuto, što je u proseku potpuno tačno. Tačno je, međutim, i to, da se odgovarajućim delovanjem u sastojini (ili nekim drugim načinom) može postići da krošnje stabla pri istoj zapremini imaju različite veličine projekcija i obrnuto, tj. da se može postići različita vitkost krošnje (različit odnos njene širine i dužine).

Istraživanja Boysen Jensena (7), Möllera (60), Burgera (8), Wohlfahrtha (84) i Flurya (22) izvršena u jednodobnim sastojinama upućuju na znatan uticaj vitkosti krošnje kada ističu značaj njene dužine. R. Mayer (52) je objasnio veći prirast po 1 m² projekcije krošnje hrastovih stabala, uz malene projekcije krošnji njihovom većom vitkošću.

Prema tome, da bi se stekao uvid u delovanje stepena vitkosti krošnje, tj. njene dužine i širine na prirast stabla i da bi se moglo određenije govoriti o najpovoljnijim dimenzijama krošnje s obzirom na taj elemenat, bilo je pot-

rebno istovremeno međusobno povezati razne veličine projekcija krošnji i iste zapremine i obrnuto, uz prosečne vrednosti ostalih obuhvaćenih faktora. Način na koji su do sada vršene analize to ne dopušta. One su vršene posebno za uticaj veličine projekcije krošnje i posebno za uticaj veličine zapremine krošnje. Zbog toga su izvršene odgovarajuće analize ali zbog nedovoljnih sredstava samo za smrčevo stablo. Smrča je izabrana zato što je u literaturi u tom pogledu najviše razmatrana.

PROŠIRENA ISTRAŽIVANJA ZAVISNOSTI PRIRASTA STABLA OD VELIČINE NJEGOVE KROŠNJE

Analize zavisnosti debljinskog prirasta i zapreminskog prirasta po 1m² projekcije krošnje za smrčevo stablo

Analize zavisnosti tekućeg debljinskog i tekućeg zapreminskog prirasta krupnog drveta stabla po 1² m projekcije njegove krošnje od boniteta staništa, debljine stabla, veličine projekcije i zapremine krošnje, i prekrivenosti krošnje izvršene su metodom višestruke regresione analize. U odnosu na ranije izvršene analize za smrčevo stablo, ova je proširena time što se istovremeno razmatra uticaj veličine projekcije i uticaj veličine zapremine krošnje, čime je u suštini obuhvaćen oblik krošnje. U prethodnom poglavlju je rečeno da bi trebalo istovremeno razmatrati veličinu projekcije i dužinu krošnje. Dužina krošnje nije direktno uzeta zbog toga što bi njeno uvrštavanje u sistem normalnih jednačina i dalji postupak pri metodi višestrukih regresionih analiza iziskivao dugotrajne i skupe računске radnje. Svi potrebni podaci za zapreminu krošnje bili su sređeni, a zapremina krošnje, pošto je oblični broj krošnje bio 0,5 za sve debljine stabala, uz istovremeno obuhvatanje veličine projekcije, indirektno predstavlja dužinu krošnje, tj. ako su poznati zapremina, projekcija i oblični broj krošnje, lako se da izračunati njena dužina.

I pri ovim analizama je prvo postavljen opšti oblik jednačine višestruke regresije. Ranije je konstatovano da svaki od obuhvaćenih elemenata utiče na ispitivanu pojavu po liniji koja se da matematički izraziti parabolom drugog reda, te su i za debljinski i za zapreminski prirast jednačine regresije imale ovaj opšti oblik:

$$Y_c = k + a_1x + a_2x^2 + b_1d + b_2d^2 + c_1p + c_2p^2 + g_1z + g_2z^2 + h_1v + h_2v^2$$

u kojoj je:

Y_c = jednom bio tekući debljinski prirast stabla, a drugi put tekući zapreminski prirast krupnog drveta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje,

x = bonitet staništa,

d = debljina stabla u prsnoj visini,

SISTEM NORMALNIH JEDNAČINA ZA PROŠIRENE VIŠESTRUKU REGRESIONE ANALIZE TABELA 10.

1.	$\sum x_n$	$+ a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 + b_1 \sum d + b_2 \sum d^2 + c_1 \sum p + c_2 \sum p^2 + g_1 \sum z + g_2 \sum z^2 + h_1 \sum v + h_2 \sum v^2 - \sum y = 0$
2.	$\sum x^2$	$+ a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 + b_1 \sum xd + b_2 \sum xd^2 + c_1 \sum xp + c_2 \sum xp^2 + g_1 \sum xz + g_2 \sum xz^2 + h_1 \sum xv + h_2 \sum xv^2 - \sum xy = 0$
3.	$\sum x^3$	$+ a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 + b_1 \sum x^2d + b_2 \sum x^2d^2 + c_1 \sum x^2p + c_2 \sum x^2p^2 + g_1 \sum x^2z + g_2 \sum x^2z^2 + h_1 \sum x^2v + h_2 \sum x^2v^2 - \sum x^2y = 0$
4.	$\sum d$	$+ a_1 \sum dx + a_2 \sum dx^2 + b_1 \sum d^2 + b_2 \sum d^3 + c_1 \sum dp + c_2 \sum dp^2 + g_1 \sum dz + g_2 \sum dz^2 + h_1 \sum dv + h_2 \sum dv^2 - \sum dy = 0$
5.	$\sum d^2$	$+ a_1 \sum d^2x + a_2 \sum d^2x^2 + b_1 \sum d^3 + b_2 \sum d^4 + c_1 \sum d^2p + c_2 \sum d^2p^2 + g_1 \sum d^2z + g_2 \sum d^2z^2 + h_1 \sum d^2v + h_2 \sum d^2v^2 - \sum d^2y = 0$
6.	$\sum p$	$+ a_1 \sum px + a_2 \sum px^2 + b_1 \sum pd + b_2 \sum pd^2 + c_1 \sum p^2 + c_2 \sum p^3 + g_1 \sum pz + g_2 \sum pz^2 + h_1 \sum pv + h_2 \sum pv^2 - \sum py = 0$
7.	$\sum p^2$	$+ a_1 \sum p^2x + a_2 \sum p^2x^2 + b_1 \sum p^2d + b_2 \sum p^2d^2 + c_1 \sum p^3 + c_2 \sum p^4 + g_1 \sum p^2z + g_2 \sum p^2z^2 + h_1 \sum p^2v + h_2 \sum p^2v^2 - \sum p^2y = 0$
8.	$\sum z$	$+ a_1 \sum zx + a_2 \sum zx^2 + b_1 \sum zd + b_2 \sum zd^2 + c_1 \sum zp + c_2 \sum zp^2 + g_1 \sum z^2 + g_2 \sum z^3 + h_1 \sum zv + h_2 \sum zv^2 - \sum zy = 0$
9.	$\sum z^2$	$+ a_1 \sum z^2x + a_2 \sum z^2x^2 + b_1 \sum z^2d + b_2 \sum z^2d^2 + c_1 \sum z^2p + c_2 \sum z^2p^2 + g_1 \sum z^3 + g_2 \sum z^4 + h_1 \sum z^2v + h_2 \sum z^2v^2 - \sum z^2y = 0$
10.	$\sum v$	$+ a_1 \sum vx + a_2 \sum vx^2 + b_1 \sum vd + b_2 \sum vd^2 + c_1 \sum vp + c_2 \sum vp^2 + g_1 \sum vz + g_2 \sum vz^2 + h_1 \sum v^2 + h_2 \sum v^3 - \sum vy = 0$
11.	$\sum v^2$	$+ a_1 \sum v^2x + a_2 \sum v^2x^2 + b_1 \sum v^2d + b_2 \sum v^2d^2 + c_1 \sum v^2p + c_2 \sum v^2p^2 + g_1 \sum v^2z + g_2 \sum v^2z^2 + h_1 \sum v^3 + h_2 \sum v^4 - \sum v^2y = 0$

- p = projekcija krošnje stabla izražena indeksom,
 z = prekrivenost krošnje izražena $\%$,
 v = zapremina krošnje stabla izražena indeksom a

$k, a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, g_1, g_2, h_1, i, h_2$ su parametri.

Sistem normalnih jednačina dat je u tabeli 16. Pošto su rešene normalne jednačine, dobijene su jednačine višestruke regresije. Pomoću njih se može izračunati prirast za sve one veličine nezavisno promenljivih faktora, koje se nalaze u intervalu vrednosti, koje su imala stabla uzeta u uzorak uz odgovarajuću tačnost. Isto tako može se doći do uticaja svakog od obuhvaćenih faktora, ako se u jednačinu regresije uvrste prosečne veličine ostalih (Tabela 8, 10, 12).

Jednačina višestruke regresije za debljinski prirast je:

$$y_c = 2,2745 + 0,3944 x - 0,0289 x^2 - 0,023767 d + 0,0005111 d^2 - 0,023809 p + 0,000053568 p^2 - 0,033 z + 0,00017957 z^2 + 0,031545 v - 0,0000603269 v^2$$

a za zapreminski prirast:

$$Y_c = 2,3209 - 0,092448 x - 0,00601 x^2 + 0,09663 d - 0,0011145 d^2 - 0,04463 p + 0,000122259 p^2 - 0,0172054 z + 0,000117888 z^2 + 0,0140968 v - 0,000036348 v^2$$

Izloženim postupkom izračunate su promene veličine prirasta koje nastaju delovanjem svakog od obuhvaćenih faktora. One su prikazane grafički na slikama 21 i 22.

Zatim su izračunata odstupanja stvarnih (izmerenih) veličina debljinskog i zapreminskog prirasta svakog stabla od onih koja su dobijena po jednačinama. Na osnovu sume kvadrata tih odstupanja izračunati su karakteristični pokazatelji višestruke regresije. Oni su dati u tabeli 17.

Tabela 17

Prirast	Prosečna veličina \bar{y}	Standardna devijacija y_{cy}	Standardna greška regresije S_y	Koficijent više struke korelacije R	Koficijent determinacije R^2
Tekući debljinski	3,099 m/m	$\pm 1,6697$	$\pm 1,40943$	0,5231	0,2737
Tekući zapreminski	1,433 dm^3	$\pm 1,070$	$\pm 0,80031$	0,6557	0,4300

Iz ovog pregleda se vidi da je koeficijent determinacije kako debljinskog tako i zapreminskog prirasta neznatno veći od onoga koji je dobijen u ranije izvršenim analizama (0,2302 i 0,416). To znači da ni debljinski a ni za-

preminski prirast stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje nisu mnogo bolje objašnjeni iako su analizama istovremeno obuhvaćeni i veličina zapremine i veličina projekcije krošnje.

U prethodno izvršenim analizama koeficijenti determinacije su imali neznatno manji iznos jer se pri analizama debljinskog ili zapreminskog prirasta stabla u zavisnosti od veličine projekcije krošnje kao samostalnog pokazatelja veličine krošnje ispoljio i uticaj zapremine, odnosno dužine krošnje. Isto tako, kada je analizama bila obuhvaćena samo zapremina krošnje ispoljio se i uticaj veličine projekcije. Zbog toga je postizanje znatno većih koeficijentata determinacije za sve vrste drveća obuhvaćenih ovim radom, od onih koji su prethodnim analizama već ustanovljeni, nemoguće bez proširivanja istraživanja i na druge faktore koji utiču na prirast.

Pri oceni veličina koeficijentata korelacije ne treba zaboraviti da oni pokazuju tačnost kojom je određen pomoću funkcije u prosjeku prirast jednog stabla ako se radi o debljinskom prirastu, a ako se razmatra zapreminski prirast onda pokazuju tačnost utvrđivanja prirasta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje. Stablo u sastojini je jedinka. Odstupanja jedinke od prosjeka ili individualna variranja, naročito su velika kada se radi o biološkoj oblasti, jer zavise od velikog broja faktora. Ako se razmatraju prirasti pojedinih stabala koji imaju u odnosu na zapreminu ili debljinu stabla vrlo male iznose, a čija kolebanja mogu od stabla do stabla biti jako velika, dobijena tačnost funkcija debljinskog i zapreminskog prirasta za stablo je dosta visoka. Veliko variranje je uslovljeno i relativno velikom međusobnom udaljenošću sastojina iz kojih su uzeta stabla u uzorak.

Rezultati proširenih istraživanja

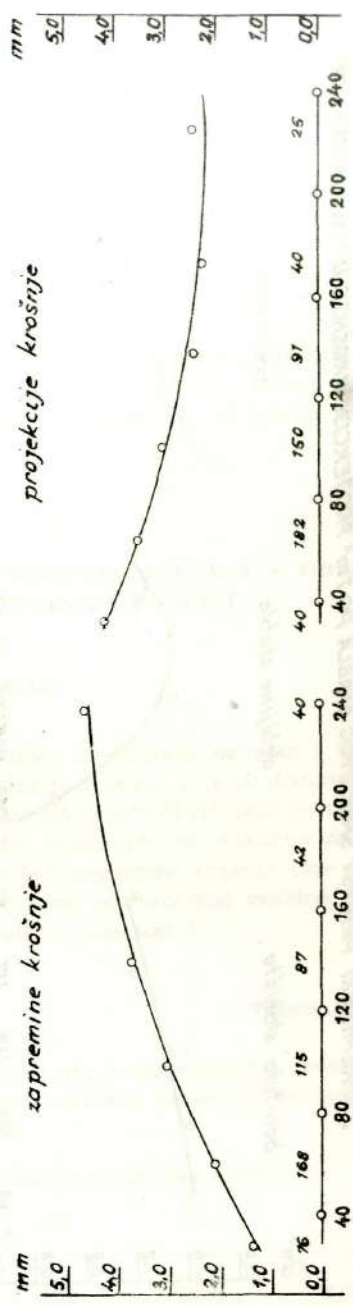
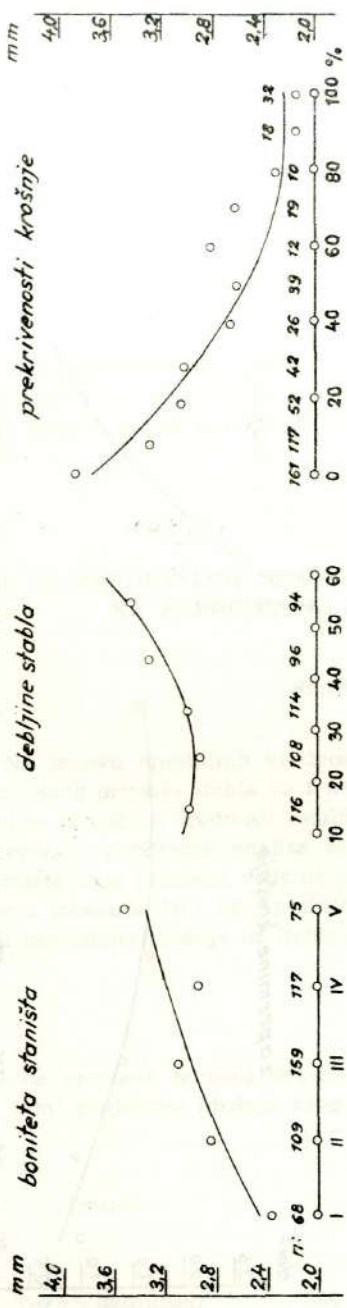
Iz slika (21 i 22) se može videti da se: tekući debljinski prirast stabla, uz prosečne iznose ostalih nezavisno promenljivih faktora:

1. povećava usled povećanja zapremine krošnje (pri istoj projekciji krošnje);
2. smanjuje povećanjem projekcije krošnje (pri istoj zapremini krošnje);
3. povećava usled opadanja boniteta staništa;
4. smanjuje povećanjem prekrivenosti krošnje, i
5. povećava usled povećanja debljine stabla;

— i da se tekući zapreminski prirast krupnog drveta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje:

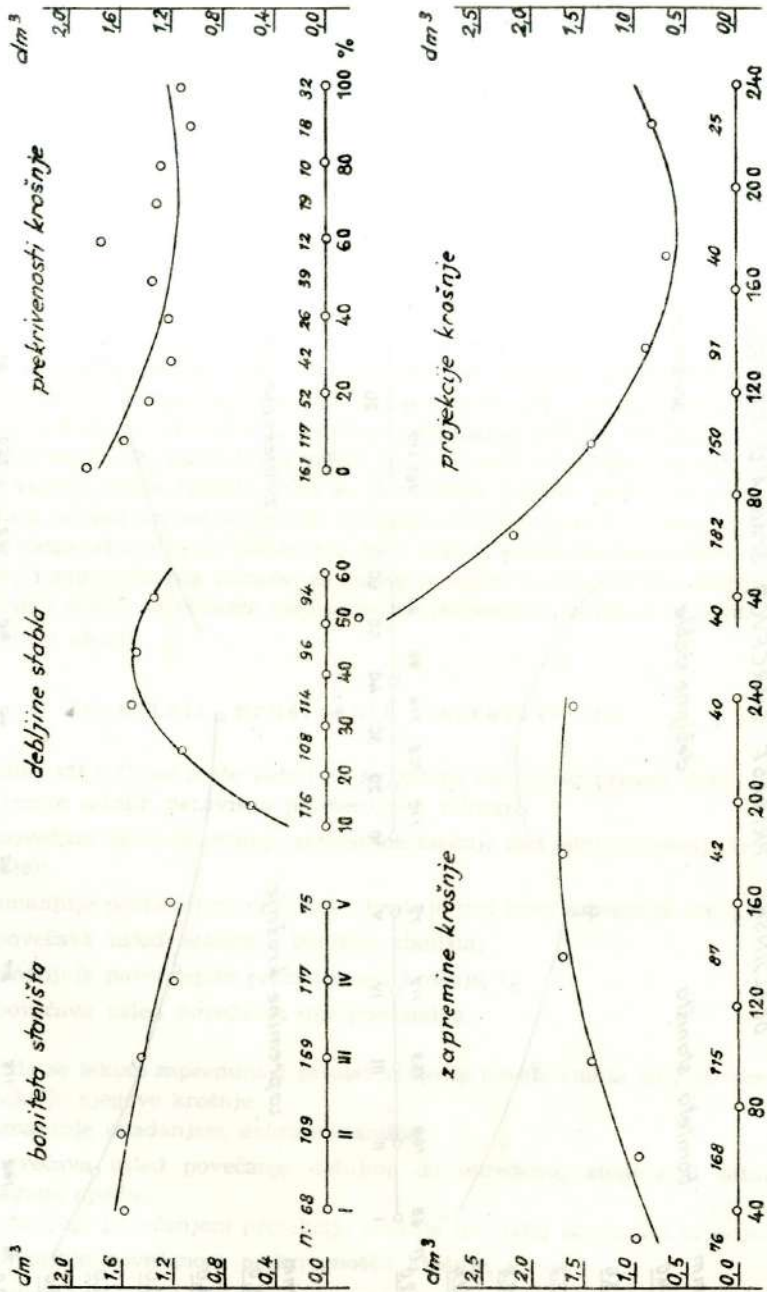
1. smanjuje opadanjem dobrote staništa;
2. povećava usled povećanja debljine do određenog stepena a zatim lagano opada;
3. smanjuje povećanjem projekcije krošnje (pri istoj zapremini krošnje);
4. smanjuje povećanom prekrivenošću krošnje, i
5. povećava usled povećanja zapremine krošnje (pri istoj projekciji krošnje).

DEBLJINSKI PRIRAST SMRČEVOG STABLA U ZAVISNOSTI OD:



SL. 21

ZAPREMINSKI PRIRAST SMRČEVOG STABLA PO 1 m³ PROJEKCIJE KROŠNJE U ZAVISNOSTI OD:



SL. 22

Osvrt na rezultate i njihovo upoređenje s rezultatima drugih autora

Na osnovu upoređenja proširenih analiza za smrčevo stablo i onih koje su izvršene ranije može se reći da se uticaji boniteta staništa, debljine stabla, i prekrivenosti krošnje stabla gotovo od njih ne razlikuju po smeru delovanja. Najveće izmene, gledano formalno, pretrpeo je uticaj veličine zapremine krošnje, a zatim uticaj veličine projekcije krošnje. Povećanjem zapremine krošnje i debljinski i zapreminski prirast sada se povećavaju! U pogledu uticaja veličine projekcije krošnje na zapreminski prirast stabla po 1 m² projekcije krošnje nisu nastupile izmene toka delovanja, ali je u pogledu uticaja tog faktora na veličinu debljinskog prirasta došlo do obrta, naime povećanjem projekcije krošnje debljinski prirast se smanjuje!

Ove zakonitosti daju mogućnost da se predoče najpovoljnije dimenzije krošnje stabla uz koje će ono, pod jednakim ostalim uslovima, morati da ima najveći mogući zapreminski prirast po jedinici površine, pa prema tome i sastojina.

IZBOR NAJPOVOLJNIJIH DIMENZIJA KROŠNJE STABALA S OBZIROM NA ZAPREMINSKI I DEBLJINSKI PRIRAST

Smrčevo stablo

Na osnovu apsolutnih vrednosti tekućeg debljinskog prirasta i tekućeg zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije krošnje, koje su dobijene uvrštavanjem prosečnih vrednosti ostalih nezavisno promenljivih faktora u jednačine regresije proširenih analiza za smrču, izračunate su relativne promene tih prirasta zbog promena veličine projekcije i zapremine krošnje. One su prikazane u tabelama 18 i 19. Apsolutnim iznosima prirasta kod veličine projekcije ili zapremine krošnje uz indeks 50 data je vrednost 1.

Tabela 18

Relativne promene tekućeg debljinskog prirasta i zapreminskog prirasta po 1 m² projekcije krošnje zbog promena veličine projekcije krošnje

Prirast	Indeks projekcije krošnje			
	50	100	150	200
Tekući debljinski	1,00	0,79	0,65	0,59
Tekući zapreminski	1,00	0,52	0,26	0,23

Tabela 19

Relativne promene tekućeg debljinskog prirasta i zapreminskog prirasta po 1 m² projekcije krošnje zbog promena veličine zapremine krošnje

Prirast	Indeks zapremine krošnje			
	50	100	150	200
Tekući debljinski	1,00	1,59	2,04	2,31
Tekući zapreminski	1,00	1,44	1,70	1,77

Iz tabele 18 i 19 se može videti da se pri istoj zapremini krošnje i debljinski i zapreminski prirast smanjuju, ako se projekcija krošnje povećava, dok se povećanjem zapremine krošnje pri istoj projekciji prirasti povećavaju. Zbog toga bi smrčevo stablo trećeg bonitetnog razreda staništa, debelo na prsnoj visini 33,4 cm i prekriveno sa 26% moralo da ima unutar intervala za koji vrede analize, najveći mogući debljinski prirast a isto tako i zapreminski prirast po 1 m² projekcije krošnje, ako mu je projekcija krošnje one veličine koja odgovara indeksu 50, a zapremina koja odgovara indeksu 200. Svakom drugom kombinacijom veličine krošnje ti prirasti bi bili manji. To se može videti i iz tabele 20, koja pokazuje apsolutne vrednosti tekućeg zapreminskog prirasta smrčevog stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje. Ona je izrađena prema Matičevom (50) postupku na bazi jednakih relativnih promena prirasta pod uticajem nekog drugog obuhvaćenog faktora. U ovom slučaju to je bila veličina projekcije krošnje izražena indeksom.

Tabela 20

Apsolutne veličine tekućeg zapreminskog prirasta smrčevog stabla po 1 m² projekcije krošnje

Veličina prjekcije krošnje izražena indeksom	Zapremina krošnje izražena indeksom			
	50	100	150	200
	tekući zapreminski prirast dm ³ m ²			
50	1,89	2,73	3,21	3,34
100	0,98	1,41	1,66	1,73
150	0,49	0,71	0,83	0,87
200	0,43	0,61	0,72	0,75

Ukoliko se želi znati koliki bi bio prirast na I bonitetnom razredu treba veličine iz tabele 20 pomnožiti s 1,165, za drugi bonitetni razred staništa s 1,086, za četvrti s 0,905 i peti s 0,802.

Međutim, sve kombinacije veličine krošnje smrčevo stablo trećeg bonitetnog razreda staništa i debljinskog stepena 32,5 cm ne može postići, jer je visoko u proseku 23 metra. Tako, na primer, zapremine krošnje uz indeks 200 kod deb-

ljine stabla od 32,5 cm iznosi 206 m³ (vidi tabelu 5) a projekcija uz indeks 50 iznosi 6,9 m². Ako se pomoću formule 1, po kojoj je računata zapremina krošnje, izračuna dužina krošnje uz koju bi bila postignuta navedena zapremina pri datoj veličini projekcije, dobije se 60 m. Očigledno je da se ta kombinacija ne da ostvariti ni kod visina koje odgovaraju I bonitetnom razredu staništa. Isto tako su neostvarive kombinacije sa zapreminama krošnji uz indeks 150 i 100, jer bi njihove dužine tada bile 45 odnosno 30 m. Praktično je ostvarljiva kombinacija kada je indeks projekcije i zapremine krošnje 50. Dužina krošnje bi iznosila 15 m, a prečnik najvećeg horizontalnog preseka krošnje 2,9 m. Količnik između širine krošnje i njene dužine (b : l) ili kako ga Assmann (2) naziva stepen zdepastosti krošnje, iznosi 0,19 (ovaj odnos će u daljem tekstu biti nazivan stepenom vitkosti krošnje).

U tabeli 21 su na osnovu tabele 20 izračunate relativne promene tekućeg zapreminskog prirasta stabla po 1 m² projekcije krošnje zbog promena veličine projekcije i zapremine krošnje i dati su apsolutni iznosi širina i dužina krošnji i stepeni vitkosti. Prirast kod najmanje krošnje je označen sa 1.

Tabela 21

Relativne promene tekućeg zapreminskog prirasta smrčevog stabla po 1 m² projekcije krošnje, apsolutne veličine širina i dužina krošnji i stepeni vitkosti

Indeks projekcije košnje	Indeks zapremine krošnje			
	50	100	150	200
50				
prirast	1,00	—	—	—
b : L metara	2,9:15	—	—	—
stepen vitkosti	0,19	—	—	—
100				
prirast	0,52	0,75	0,88	—
b : L metara	4,2:7,5	4,2:15	4,2:22	—
stepen vitkosti	0,56	0,28	0,19	—
150				
prirast	0,26	0,37	0,44	0,46
b : L metara	5,1:5	5,1:10	5,1:15	5,1:20
stepen vitkosti	1,02	0,51	0,34	0,25
200				
prirast	0,22	0,32	0,38	0,40
b : L metara	5,9:3,7	5,9:7,5	5,9:11	5,9:15
stepen vitkosti	1,59	0,79	0,54	0,39

Iz tabele 20 i 21 može se videti da:

- stablo uz različitu veličinu krošnje može imati isti zapreminski prirast po m² projekcije krošnje;
- pri istoj veličini projekcije krošnje imaju veći prirast ona stabla čije su krošnje duže, vitkije;

- apsolutno najveći prirast po m^2 projekcije krošnje postiže, unutar istog debljinskog stepena, ono stablo koje ima najmanju projekciju i zapreminu krošnje, i da
- nije prirast stabla pri istoj njegovoj debljini uvek veći ako mu je projekcija krošnje veća. On je, naprotiv, manji ako je, pored ostalih faktora, i zapremina krošnje ista.

Neki od ovih zaključaka potvrđuju i rezultate istraživanja drugih autora.

R. Mayer (52) je na osnovu izvršenih istraživanja za hrast kitnjak zaključio da unutar iste klase stabala (Kraft) imaju najveći prirast ona s najmanjim projekcijama krošnje i najvitkija.

U radu Flury-a (22) može se videti da su stabla smrče i bukve uz stepen prorede C imala nešto veći prirast krupnog drveta nego uz stepen D i da su imala vitkije krošnje.

Lindquist B. (47) u tekstu, a i mnogobrojnim fotografijama ističe brži rast stabala bora, smrče i hrasta, uz vitke krošnje i njihov tehnički kvalitet.

Mitscherlich (59) ističe da u sastojini ne postižu najveći prirast po $1 m^2$ projekcije krošnje ona stabla, koja su svoje projekcije raširila, već ona kod kojih još nije nastupio taj slučaj, a nalaze se u gornjem sloju.

Kako su u tabeli 21 date relativne promene prirasta po $1 m^2$ projekcije krošnje, to se procentualni gubitak na prirastu u odnosu na stablo sa najmanjom veličinom krošnje (indeks 50 sa 50) može izračunati kao razlika između vrednosti u tabeli i jednog celog pomnožena sa 100.

Relativne promene zapreminskog prirasta u tabeli 21 važe i za ostale debljinske stepene. Razumljivo je da će apsolutne vrednosti širine i dužine krošnji i stepena vitkosti biti izmenjene u zavisnosti od veličine projekcije i zapremine krošnje razmatranog debljinskog stepena. Veličine projekcija i zapremine krošnji uz indeks 100 date su u tabelama 4 i 5. Relativne promene će ostati iste i pri promeni ostalih obuhvaćenih faktora, ali će od svih mogućih kombinacija biti najrealnije one koje se odnose na prosečne vrednosti obuhvaćenih faktora.

Da bi se mogla dati kompletna ocena najpovoljnijih dimenzija krošnji s obzirom na veličinu prirasta, mora se poznavati i vreme koje je stablu potrebno da postigne određene dimenzije. Za određivanje tog vremena služi nam debljinski prirast, te će zbog toga sada biti razmatran.

Postupak pri izradi tabela je bio isti kao kod razmatranja zapreminskog prirasta.

U tabeli 22 date su apsolutne veličine debljinskog prirasta smrčevog stabla zbog promene veličine projekcije i zapremine krošnje a uz prosečne veličine ostalih obuhvaćenih faktora. Veličina debljinskog prirasta za prvi bonitetni razred dobiće se, ako se debljinski prirast u tabeli 22 pomnoži s 0,814, za drugi 0,916, za četvrti s 1,064 i peti 1,109.

U tabeli 23 date su relativne promene tekućeg debljinskog prirasta izračunate na osnovu tabele 22 kada se debljinski prirast kod najmanje veličine krošnje (indeks 50 sa 50) označi sa 1. Pošto se radi o istom stablu kao i kod

razmatranja zapreminskog prirasta nisu prikazane širine i dužine krošnji kao i stepeni vitkosti, jer su te veličine date u tabeli 21.

Tabela 22

Apsolutne veličine tekućeg debljinskog prirasta smrčevog stabla za razne veličine zapremine i projekcije krošnje

Veličina projekcije krošnje izražena indeksom	Zapremina krošnje izražena indeksom			
	50	100	150	200
	debljinski prirast milimetara			
50	2,374	3,794	4,833	5,491
100	1,881	3,006	3,830	4,351
150	1,554	2,483	3,164	3,594
200	1,396	2,230	2,842	3,228

Tabela 23

Relativne promene tekućeg debljinskog prirasta smrčevog stabla zbog promene veličine projekcije i zapremine krošnje

Indeks projekcije krošnje	Indeks zapremine krošnje			
	50	100	150	200
50	1,00	—	—	—
100	0,79	1,26	1,61	—
150	0,65	1,05	1,33	1,51
200	0,59	0,94	1,20	1,36

Tabela 23 pokazuje relativne promene debljinskog prirasta, ne samo za debljinski stepen 32,5 nego i za sve ostale debljinske stepene. Iste relativne promene mogu se očekivati i pri promenama ostalih obuhvaćenih faktora. I ovde se može videti da stablo, pri istoj veličini projekcije krošnje, ima veći debljinski prirast ako mu je krošnja duža odnosno ako je vitkija. Razlika između relativnih veličina debljinskog prirasta i 1, pomnožena sa 100, pokazuje procentualni gubitak odnosno dobitak na debljinskom prirastu zbog promene veličine krošnje.

Povećanje debljinskog prirasta usled povećanja zapremine krošnje je neophodno da stablo postigne zapreminski prirast po 1 m² projekcije krošnje iz tabele 20.

Iz tabele 23 se vidi da stablo povećanjem veličine svoje krošnje može maksimalno da poveća godišnju brzinu rasta u debljinu za 51%. To bi stablo povećalo svoj zapreminski prirast za nešto veći procent.

Sada treba da se odgovori na pitanje koja je veličina krošnje najpovoljnija. Da bi se na to pitanje moglo odgovoriti, mora se početi od tačno odre-

denog cilja koji se želi postići. Kako je u ovom radu taj cilj bio postavljen u iznalaženju mogućnosti povećanja prirasta sastojine, a drugi put u povećanju procenta prirasta, pokušaće se dati predlog za najpoželjnije dimenzije krošnji s obzirom na te ciljeve, a na osnovu uticaja razmatranih faktora.

Očigledno je da će s obzirom na veličinu zapreminskog prirasta sastojine biti najpovoljnije ono stablo koje ima najveći prirast po m² projekcije svoje krošnje. Da bi se ta tvrdnja dokazala dovoljno ga je uporediti sa stablom istih ostalih uslova, koje ima veliku krošnju, i veliki debljinski i veliki zapreminski prirast. Neka to bude krošnja one veličine projekcije i zapremine koja odgovara indeksu 200.

Površina tla koju to stablo u sastojini zauzima, uz pretpostavku da je stajališna površina kvadrat, iznosi 35,165 m² (pošto je prečnik krošnje 5,93 m, vidi tabelu 21). Na tu površinu može da stane samo jedno stablo debljine 33,38 cm, ako mu je veličina projekcije krošnje 27,6 m². Takvo je stablo za godinu dana imalo zapreminski prirast po 1 m² projekcije krošnje 0,75 dm³ (tabela 20), a po celoj površini projekcije: $0,75 \times 27,6 = 20,700$ dm³. Odebljalo je godišnje 3,228 mm.

Stablo iste debljine, ali četiri puta manje projekcije (indeks 50 sa 50) i četiri puta manje zapremine krošnje, imalo je po 1 m² projekcije krošnje tekući zapreminski prirast od 1,89 dm³. Po celoj površini projekcije krošnje koja iznosi 6,9 m² stablo je priraslo $1,89 \times 6,9 = 13,041$ dm³. Prečnik krošnje stabla uz tu projekciju iznosi 2,96 m, a kvadratna površina na koju to stablo može da stane iznosi 8,76 m². Na površinu tla oblika kvadrata, koju zaprema jedno stablo velike krošnje, mogu da stanu 4 stabla male krošnje ($35,165 : 8,76 = 4$ komada).

Tekući zapreminski prirast četiri stabla bi iznosio $13,041 \times 4 = 52,164$ dm³. On bi, prema tome, bio 2,52 puta veći nego onaj kod jednog stabla koje ima veliku krošnju. Tekući debljinski prirast jednog stabla s malom krošnjom iznosi 2,374 mm. Debljinski prirast stabla s većom krošnjom je veći od toga $3,228 : 2,374 = 1,36$ odnosno za 36%. Zbog toga će to stablo 1,36 puta pre dostizati određene dimenzije. S obzirom na površinu tla koju zauzima, stablo s velikom krošnjom neće više imati 2,5 puta manji prirast od ona četiri nego će ta razlika biti smanjena pošto će posle seče koja će nastupiti ranije, ta površina tla ostati slobodna za novu proizvodnju. Može se, prema tome, reći da će u tom slučaju zapreminski prirast stabla s velikom krošnjom biti približno $20,7 \times 1,36 = 28,152$ dm³. On je sada manji 1,85 puta.

Kako zapremina krupnog drveta smrčevog stabla debelog 33 cm iznosi 0,99 m³, to će procent prirasta za stablo koje ima veliku krošnju iznositi približno 2,09%, a stabala s malom krošnjom 1,32%.

Ovde bismo mogli, pre donošenja definitivne odluke o najpovoljnijim dimenzijama krošnje stabla, da razmotrimo i stablo čija je veličina projekcije krošnje 100 i zapremine 100. Uz te indekse projekcija krošnje smrčevog stabla je 13,8 m² a širina krošnje 4,2 m. Kvadratna površina tla stranice 4,2 m iznosi 17,64 m². Prirast stabla je bio 19,458 dm³, odnosno 24,517 dm³, ako se uzme u obzir da ono 1,26 puta brže deblja. Na površinu tla od 17,64 m² mogu da stanu dva stabla veličine krošnje uz indeks 50 sa 50. Ona bi imala prirast

$13,041 \times 2 = 26,082 \text{ dm}^3$, dakle 1,34 puta veći ili ako se uzme u obzir i vreme 1,06 puta veći. Procent prirasta ta dva stabla iznosi 1,97%.

Apsolutne vrednosti prirasta bi za navedene primere bile veće jer je pri ovim razmatranjima pretpostavljeno da krošnje stabala nisu prekrivene, a uzeti podaci o veličini prirasta se odnose na stabla čije su krošnje prekrivene prosečnim iznosom prekrivanja. On je bio 26%.

Prema tome, na primeru je pokazano da će smrčevo stablo uz prosečne vrednosti ostalih obuhvaćenih faktora imati u pogledu veličine zapreminskog prirasta uvek prednost, ako mu je veličina projekcije i zapremine krošnje jednaka onoj uz indeks 50, te s obzirom na taj momenat treba težiti takvim krošnjama. S obzirom na veličinu procenta prirasta i vreme koje je potrebno stablu da odeblja do željenih dimenzija povoljnije su kombinacije sa većim krošnjama. Međutim, treba naglasiti da su u pogledu brzine rasta takođe povoljnije kombinacije s dužom krošnjom, ukoliko su ostvarljive, jer je kod njih debljinski prirast veći. Tako bi, na primer, kombinacija: veličina projekcije krošnje uz indeks 100 i zapremine krošnje uz indeks 150 bila povoljnija od one s indeksom 200 s 200, jer je veći debljinski prirast.

Veličina krošnji smrčevih stabala na oglednoj površini u prebornoj šumi *Toppwald*, za koje daje Burger (14) podatke, odgovarale su najbolje kombinaciji indeksa 200 s 200. Zbog velike podudarnosti daju se u tabeli 24 podaci o dužini i veličini projekcija krošnji navedene šume i onih koje bi uz kombinaciju 200 s 200 trebalo da imaju stabla prema našim tablicama:

Tabela 24

d _{1,8}	Dužina krošnje m		Projekcija krošnje m ²	
	prema Burger-u	naši podaci	prema Burger-u	naši podaci
12	5,6	6,8	11	12
18	9,2	9,2	17	16
22	12,0	11,2	19	20
28	15,1	13,0	22	25
32	15,8	15,0	25	28
38	16,6	16,5	29	30
42	17,0	17,2	32	34
48	17,6	19,1	37	44
52	18,1	20,2	42	51
58	18,7	21,6	49	54

Do sada je razmatran prirast smrčevog stabla koje je pripadalo debljinskom stepenu 32,5 cm i trećem bonitetnom razredu. Pri tim razmatranjima je konstatovano, da su neostvarljive za to stablo neke od kombinacija veličine projekcije i veličine zapremine krošnji, jer stablo nema potrebnu dužinu, ili pak zbog toga što bi se krošnja pružala do zemlje.

U kombinacije koje su bile posebno razmatrane i upoređivane ušle su one kod kojih je dužina krošnje iznosila 15 metara, odnosno 2/3 od visine stabla koja je iznosila 23 m. Ostale kombinacije koje su izgledale povoljnije bile su neostvarljive, a ostvarljive su bile nepovoljnije te nisu razmatrane. Razume

se da u intervalu veličina krošnji od indeksa 50 s 50 do indeksa 200 s 200 postoji još čitav niz kombinacija koje bi se mogle razmotriti. Ako bi se u njih upustili, izgubili bismo mnogo vremena, a efekat bi uglavnom bio isti.

Ovde bi trebalo još razmotriti koje su kombinacije ostvarljive kod ostalih debljinskih stepenova pri trećem bonitetnom razredu staništa, a zatim i za ostale bonitetne razrede. To je učinjeno u tabeli 25.

U njoj su znakom »+« označene ostvarljive a znakom »—« neostvarljive kombinacije. Znak »x« pokazuje da je dužina krošnje jednaka visini stabla.

Za svaku kombinaciju veličine krošnje u intervalu od indeksa 50 s 50 do 200 s 200 mogu se lako da izračunaju dimenzije krošnji za one debljine stabla za koje postoje podaci o veličini projekcije odnosno zapremine krošnje u tabelama 4 i 5.

Iako je do sada već isticano da je omotač krošnje pri istoj zapremini krošnje veći ako je krošnja duža a uža nego ako je kratka i široka, kao i da je sa strane drugih autora utvrđeno da je prirast stabla proporcionalan omotaču krošnje, potrebno je ovde ukazati na još neke pojedinosti koje doprinose objašnjenju prednosti stabala s vitkim krošnjama u pogledu veličine prirasta.

Iz radova Burgera (9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18), Jovanovića (33, 34, 35) i Petrovića (66) vidi se da stablo uz različite količine lišća ili četina može imati isti prirast.

Boysen J. (7) je pokazao da je suha količina lišća bila gotovo ista u proređivanoj i neproređivanoj mladoj jasenovoj sastojini, da je ukupno proizvedena organska materija bila po količini ista i da je prirast bio veći u proređivanom delu sastojine. Stabla su u proređivanom delu sastojine imala i duže krošnje.

Möller (60) je konstatovao za bukove jednodobne sastojine da se količina lišća po hektaru zbog proreda (od 35 m² — 18 m² temeljnice) ne menja, a da takođe bonitet staništa ne utiče na količinu lišća po ha, tj. ona je ista na svim bonitetima ako su sastojine iste starosti. Stoga je autor zaključio da se ne može govoriti o zavisnosti između količine lišća i prirasta, već o zavisnosti prirasta od intenziteta asimilacije.

U faktore koji utiču na intenzitet asimilacije ubraja se i svetlo. Količina i intenzitet sunčevog zračenja isti su za velike površine tla. Kako će ono biti iskorišćeno za asimilaciju zavisi od položaja lišća. Ako se usvoje rezultati istraživanja o konstantnosti količine lišća, onda će ista količina lišća biti raspoređena na većoj površini omotača krošnje ako su krošnje pri istoj zapremini vitkijeg oblika, pa će time imati i bolji položaj u odnosu na svetlo. Biće manji broj lišća senke i manji gubici asimilata za respiraciju neproduktivnog lišća. Pošto vitke krošnje imaju kraće i tanje grane, to će odliv asimilata za njihovo rastenje biti manji. Prirast debla mora biti veći.

R. Hartig (29) je ukazao na činjenicu da svetlo može biti »mač sa dve oštrice«, jer ako je ono prekomerno izaziva stvaranje nepotrebne količine lišća. Najbolji dokaz za to je stablo raslo na slobodnom položaju. Autor je, osim toga, takođe isticao da količina lišća nije merilo prirasta, tj. da on nije proporcionalan količini lišća.

Pored toga, što stabla s vitkijim krošnjama imaju veći prirast, ona i u pogledu kvaliteta imaju prednost nad granatim. Tako Šafar (76) kaže: »U

TABELA 25

BONITET- NI RAZRED STANIŠTA	VISINA STABALA M	INDEKS PROJEKCIJE KROŠNJE															
		50				100				150				200			
		INDEKS ZAPREKINE KROŠNJE															
		50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200
DEBLJ. STEPEN 12,5																	
I	12	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
II	11	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
III	10	+	-	-	-	+	+	X	-	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	9	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	X	+	+	+	+
V	8	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
DEBLJ. STEPEN 17,5																	
I	17	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
II	15	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
III	14	+	-	-	-	+	+	X	-	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	12	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	X	+	+	+	+
V	10	X	-	-	-	+	+	-	-	+	+	X	-	+	+	+	X
DEBLJ. STEPEN 22,5																	
I	21	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
II	20	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
III	17	+	-	-	-	+	+	X	-	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	15	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	X	+	+	+	+
V	13	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
DEBLJ. STEPEN 27,5																	
I	26	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
II	23	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
III	21	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	18	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
V	15	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
DEBLJ. STEPEN 32,5																	
I	29	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
II	26	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
III	23	+	-	-	-	+	+	X	-	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	20	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	X	+	+	+	+
V	17	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
DEBLJ. STEPEN 37,5																	
I	32	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
II	28	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
III	25	+	-	-	-	+	+	X	-	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	21	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
V	18	+	-	-	-	+	X	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
DEBLJ. STEPEN 42,5																	
I	34	+	-	-	-	+	+	+	X	+	+	+	+	+	+	+	+
II	30	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
III	27	+	-	-	-	+	+	X	-	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	23	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	X	+	+	+	+
V	19	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
DEBLJ. STEPEN 47,5																	
I	36	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
II	32	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
III	28	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	24	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
V	20	X	-	-	-	+	X	-	-	+	+	X	-	+	+	+	X
DEBLJ. STEPEN 52,5																	
I	37	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
II	33	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
III	29	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	25	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
V	21	X	-	-	-	+	X	-	-	+	+	X	-	+	+	+	X
DEBLJ. STEPEN 57,5																	
I	38	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
II	34	+	-	-	-	+	+	X	-	+	+	+	+	+	+	+	+
III	29	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	X	+	+	+	+
IV	26	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
V	22	X	-	-	-	+	X	-	-	+	+	X	-	+	+	+	X

+ ostvarive kombinacije; - neostvarive kombinacije; x dužina krošnje = visini stabla;

svrhu oblikovanja što čišćeg debla od grana i u svrhu stvaranja što tanjih grana, općenito je potrebno da se stabla već od rane mladosti uzgajaju u grupama i da se njeguju uske krošnje.

Iz dosadašnjeg izlaganja proizlazi da su u pogledu veličine prirasta najpovoljnije vitke krošnje.

Rezultati proširenih analiza omogućuju da se unapred odrede dimenzije krošnji smrčevog stabla uz koje će ono imati, uzimajući u obzir i ostale gospodarske momente, najveći prirast po m² projekcije krošnje. Te dimenzije će s povećanom debljinom stabla biti u stalnom porastu, što znači da, ukoliko se žele postići, zahtevaju neprekidnu intervenciju šumara u sastojini. Kada bi se to radilo i u jednoj manjoj sastojini, ne bi moglo biti potpuno uspješno. Kako se proizvodnja drveta zasniva na rastu velikog broja stabala na velikoj površini, intervencija šumara je neizvodljiva u izloženom smeru. Proizvodnja drveta može biti velika ako većina stabala ima veliki prirast po jedinici površine tla koju zauzima. Takav prirast će biti postignut ako, između ostalog, krošnje imaju najpovoljniji oblik, odnosno najpovoljnije dimenzije. Na osnovu ovog rada, konstatuje se za stablo iz sastojina s prebornim oblikom gospodarenja da su, s obzirom na veličinu prirasta stabla po m² projekcije krošnje, najpovoljnije vitke i malene krošnje.

Konstatovane zavisnosti između veličine krošnje i prirasta stabla mogu prilikom doznake stabala za sječu da posluže za pouzdaniju procenu veličine prirasta stabla kao i za donošenje sigurnije odluke o stablu koje više obećava s obzirom na veličinu prirasta.

U tabeli 26 date su dimenzije krošnji smrčevog stabla po debljinskim stepenima za kombinacije koje su se pokazale najpovoljnijim, tj. 50 s 50, 100 s 100, 150 s 150 i 200 s 200.

Tabela 26

Dimenzije krošnji smrčevog stabla po debljinskim stepenima

d _{1,3}	Veličina krošnje							
	Indeks 50 sa 50		Indeks 100 sa 100		Indeks 150 sa 150		Indeks 200 sa 200	
	širina	dužina	širina	dužina	širina	dužina	širina	dužina
	m e t a r a							
12,5	2,0	6,8	2,8		3,5		4,0	
17,5	2,2	9,2	3,2	isto kao kod kombinacije uz indeks 50 sa 50	3,9	isto kao kod kombinacije uz indeks 50 sa 50	4,5	isto kao kod kombinacije uz indeks 50 sa 50
22,5	2,5	11,2	3,5		4,3		5,0	
27,5	2,8	13,0	4,0		4,9		5,7	
32,5	3,0	15,0	4,2		5,1		5,9	
37,5	3,1	16,5	4,3		5,3		6,1	
42,5	3,3	17,2	4,6		5,7		6,5	
47,5	3,7	19,1	5,3		6,5		7,5	
52,5	4,0	20,2	5,7		7,0		8,0	
57,5	4,1	21,6	5,9		7,2		8,3	

Stabla ostalih razmatranih vrsta drveća

Za jelovo, bukovo i hrastovo stablo i za stablo belog i crnog bora, nisu vršene proširene analize zavisnosti debljinskog zapreminskog prirasta od veličine njegove krošnje i ostalih obuhvaćenih faktora. Zbog toga se za te vrste drveća ne mogu vršiti tako detaljna razmatranja najpovoljnijih dimenzija krošnji kao što je to bilo moguće za smrčevo stablo.

Međutim, postoje realne mogućnosti da se bar u opštim crtama opiše kakav bi oblik trebalo da imaju krošnje tih vrsta drveća.

Na osnovu prvobitno izvršenih analiza zavisnosti debljinskog prirasta stabla od veličine njegove projekcije krošnje i zavisnosti tekućeg zapreminskog prirasta krupnog drveta stabla po 1 m^2 projekcije krošnje od veličine projekcije i zapremine krošnje može se videti da je tok linija uticaja veličine krošnje na prirast bio isti kao kod izvršenih analiza za smrčevo stablo. Zbog toga se može očekivati da bi se pri proširenim analizama za preostale vrste drveća dobili po obliku isti uticaji veličine projekcije i zapremine krošnje kao i kod proširenih analiza za smrču. One bi se samo razlikovale po intenzitetu tj. po veličini prirasta. Zbog toga se, a i zbog rezultata do kojih su došli ranije spomenuti autori, može tvrditi da će i za preostale vrste drveća biti povoljnije vitkije krošnje.

Ovu tvrdnju potkrepljuju i razvrstavanja stepena vitkosti stabala jele i hrasta, koja su uzeta u uzorak. Razvrstavanja su izvršena po debljinskim stepenima i indeksima veličine projekcija krošnji unutar svakog bonitetnog razreda staništa. U tabeli 27 dati su sažeti rezultati tih razvrstavanja po veličinama projekcija krošnji i bonitetnim razredima staništa. Oni pokazuju da se:

— povećanjem projekcije krošnje unutar istog bonitetnog razreda povećava odnos $b : L$, što znači da su krošnje velikih projekcija bile zdepastije izgrađene i da se,

— stepen vitkosti povećava unutar iste veličine projekcije krošnje od boljih prema lošijim bonitetima staništa. Krošnje su zdepastije!

Kako je izvršenim analizama konstatovano da se tekući zapreminski prirast stabla po 1 m^2 projekcije krošnje smanjuje njenim povećanjem, da vitkije krošnje s obzirom na veličinu omotača pružaju lišću odnosno četinama povoljniji odnos prema svetlu i da ta stabla pri istoj debljini imaju manju količinu granja, moraju stabla vitkijih krošnja, uz iste ostale uslove, imati veći prirast po m^2 projekcije njihove krošnje. Logično je da istu vitkost ne mogu postići jelovo i hrastovo stablo ili bukovo, i da se o njima može govoriti samo unutar iste vrste drveća.

ZAPREMINSKI PRIRAST I PROCENT PRIRASTA PREBORNE SASTOJINE

Na osnovu rezultata izvršenih analiza u poglavlju: Tekući zapreminski prirast stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje nedvosmisleno proizlazi da će u proseku stablo imati prirast po 1 m² projekcije krošnje veći ako mu je projekcija ili zapremina krošnje manja. Proširene analize, koje su izvršene samo za smrčevo stablo pokazuju to isto i preciziraju dimenzije krošnje, uz koje će stablo uz ostale iste obuhvaćene nezavisne faktore, to postići. Najveći tekući zapreminski prirast krupnog drveta po m² projekcije njegove krošnje u razmatranom intervalu veličine krošnji za koje vrede regresione analize, stablo će postići ako su mu i projekcija i zapremina krošnje one veličine koja odgovara indeksu 50.

Prema tome, pitanje veličine tekućeg zapreminskog prirasta preborne sastojine izgleda da je rešeno kada se zna koliki prirast imaju pojedina stabla po m² projekcije njihove krošnje. U poglavlju o izboru najpovoljnijih dimenzija krošnji je već konstatovano da bi npr. smrčeva stabla uz veličinu krošnji indeksa 50 sa 50 imala na istoj površini tla 2,52 puta odnosno 1,85 puta veći prirast nego stablo čija bi krošnja imala veličinu projekcije i zapremine krošnje uz indeks 200. Ako bi taj račun proširili na površinu tla veličine 1 ha dobili bismo uvek isti rezultat. Tako npr. ako bismo izračunali koliki bi bio zapreminski prirast grupe smrčevih stabala na III bonitetnom razredu staništa debelih 32,5 cm po 1 ha, ako bi se ona razlikovala samo po veličini krošnje, dobili bismo sledeći rezultat: broj stabala te debljine sa velikim projekcijama krošnji bi, uz stajališnu površinu kvadratnog oblika, iznosio 284 komada a sa malim projekcijama 1.136, tj. četiri puta više. Prirast jednog stabla sa velikom krošnjom je 20,700 dm³, a sa malom 13,041 dm³. Prirast svih stabala sa velikim krošnjama bilo bi $284 \times 20,700 = 5.879 \text{ dm}^3$, a onih sa malim $1.136 \times 13,041 = 14.814 \text{ dm}^3$. Dakle, 2,5 puta veći. Sklop u oba slučaja iznosi 0,78. Procent prirasta iznosi za sastojine sa velikim krošnjama 2,09% a sa malim 1,32%. Prema tome u pogledu procenta prirasta, a i u pogledu brzine rastenja, imaju sastojine sa stablima velikih krošnji prednost.

Da su za analize zavisnosti tekućeg zapreminskog prirasta krupnog drveta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje dobijeni visoki koeficijenti determinacije, npr. iznad 0,8, što bi značilo da bi jednačine višestruke regresije pokazivale skoro funkcionalnu vezu između obuhvaćenih nezavisnih faktora i prirasta stabla, odnosno veliku zavisnost prirasta od tih elemenata, moglo bi se tvrditi da će prirast sastojine, određen na osnovu prirasta stabla po m² projekcije njegove krošnje, biti gotovo jednak izračunatom. Odstupanja bi mogla nastati jedino zbog delovanja preostalih neobuhvaćenih faktora.

U našim analizama koeficijenti determinacije su bili dosta niski zbog čega i rezultati izvedenog računa nisu pouzdani. Za zapreminski prirast smrčevog stabla po m² projekcije njegove krošnje je koeficijent determinacije za proširene analize iznosio 0,43, što znači da veličina prirasta stabla po m² projekcije krošnje može da bude izmenjena pod dejstvom preostalih 57% neobuhvaćenih faktora. Koeficijent višestruke korelacije iznosio je 0,656.

U 57% neobuhvaćenih faktora sadržani su, osim elemenata stabla koji utiču na prirast, i elementi njegove neposredne okoline, jer su sva stabla uzeta u uzorak rasla u sastojini. Neki od elemenata neposredne okoline obuhvaćeni su analizama, npr. bonitet i prekrivenost krošnje. Nisu obuhvaćeni npr. rastojanja između krošnji posmatranog stabla i onih koje ga okružuju i njihov oblik, visinski položaj krošnje ispitivanog stabla u odnosu na okolne, udaljenost stabla od susjednih, starost stabla i drugo. Ti faktori su od značaja jer se preko njih ispoljava osvetljenost krošnje sa strane i raspoloživi prostor za razvoj korenovog sistema. Oni imaju i veliku ulogu u oblikovanju krošnje te time predodređuju broj stabala po jedinici površine i utiču na veličinu prirasta stabla i sastojine.

Teško je poverovati da bi, usled delovanja neobuhvaćenih faktora, i uz najpovoljniji prostorni raspored u sastojini krošnje 1.136 stabala, mogle postići pretpostavljene dužine (15 m) a sastojina izračunati prirast jer bi zasenjenost sa strane bila znatna. Za stabla s velikim krošnjama (indeks 200 sa 200) te sumnje su nešto manje, jer su izračunati prirasti bliži realnim. Osim toga, dok uz kvadratnu stajališnu površinu na jedno stablo sa malom krošnjom otpada 1,89 m² slobodne površine, dotle na stablo sa velikom krošnjom otpada 7,56 m². Prirast stabla sa malom krošnjom će biti smanjen zbog kraćih krošanja i konkurencije među korenjem i relativno većom zasenjenošću sa strane.

Još nije poznato kolika je stajališna površina potrebna stablu da bi ono moglo da razvije krošnju određenih dimenzija i da ima optimalnu osvijetljenost. U tom pogledu mogu se vršiti samo pretpostavke.

Ako bi se broj stabala sastojine sa malenim krošnjama smanjio za toliko da na svako stablo otpada slobodna površina od 7,56 m², sastojina bi imala 692 stabla po ha. Uz taj broj stabala prirast sastojine bi bio 9,02 m³ ili za 3,14 m³ veći nego kod stabala sa velikim krošnjama. I uz pretpostavku da se broj stabala sa malenim krošnjama smanji na polovinu, tj. na 568 komada, prirast bi bio veći za 1,53 m³ od onog kojeg bi sastojina imala uz velike krošnje. Stajališna površina jednog stabla bi u tom slučaju iznosila 17,6 m², a slobodna površina 10,7 m². Može se pretpostaviti da bi u tom slučaju osvetljenost krošnje bila približno jednaka a možda i veća od one koju imaju velike krošnje. Na stajališnoj površini te veličine, krošnje bi se, usled povećanog prostora, širile te time narušavale odnos prema dužini. Zbog toga bi se smanjio prirast po 1 m² njihove projekcije a time i prirast sastojine.

Izloženo već pokazuje koliko je nesigurno određivanje apsolutnih veličina zapreminskog prirasta sastojine zbog nepoznavanja delovanja analiza neobuhvaćenih faktora. Rezultati izvršenih analiza dozvoljavaju samo tvrdnju da će sastojine imati u proseku veći prirast, ako njihova stabla uz iste ostale faktore imaju manje krošnje.

Rezultati proširenih analiza ukazuju i na mogućnost povećanja prirasta stabla po 1 m² projekcije krošnje, pa prema tome i sastojine i uz srednje i velike krošnje ako su one duže, vitkijeg oblika.

Prema tome, izvršene analize o prirastu pojedinog stabla, kao i razmatranja veličine prirasta sastojine, pokazuju da je variranje veličine prirasta prebornih sastojina uslovljeno veličinom krošanja i stepenom njihove vitkosti. Da bi se mogao dati siguran odgovor da li postoji mogućnost znatnog povećanja

nja prirasta sastojina putem forsiranja malenih i vitkih krošnja, morala bi se izvršiti mnogo šira i komplikovanija istraživanja u kojima bi uzeli učešće i stručnjaci iz oblasti genetike i oplemenjivanja šumskog drveća.

Zbog toga što sastojine sa stablima velikih krošanja imaju veće procenete prirasta i brže rastu a sa stablima malih krošanja imaju veće zapreminske priraste može se, ako se vodi računa istovremeno o jednom i o drugom, predložiti za preborne sastojine kao najpovoljnija srednja veličina najvećeg áreseka (projekcije) krošnje uz što je moguće veću dužinu krošnje. Unutar svakog debljinskog stepena stablo bi trebalo da ima približno onu širinu krošnje koja odgovara projekciji uz indeks 100. Navedeni predlog bi se mogao dopuniti i sledećim razlozima:

- a) znatna prednost u pogledu veličine prirasta sastojina sa malenim krošnjama nije sigurno utvrđena, te se stoga ne mogu činiti žrtve na štetu veličine procenta prirasta;
- b) za smrčeva stabla koja imaju srednju veličinu projekcije i zapremine krošnje (indeks 100 sa 100) pokazano je da u pogledu veličine prirasta ne zaostaju mnogo iz onih koja imaju malenu krošnju indeks 50 sa 50), a u pogledu veličine procenta prirasta iza onih sa velikom krošnjom (indeks 200 sa 200), i
- c) manji broj stabala (zbog većih projekcija) lakše je pravilnije rasporediti po površini sastojine te im time obezbediti jednake uslove za rasteenje.

ZAKLJUČCI

Zadatak izvršenih istraživanja je bio da se, pomoću metoda višestruke regresione analize, osvetli uticaj veličine krošnje na tekući zapreminski prirast krupnog drveta stabla po 1 m² projekcije krošnje i tekući debljinski prirast stabla raslog u prebornoj sastojini. Na osnovu dobijenih rezultata trebalo je osvetliti i zavisnost veličine tekućeg zapreminskog prirasta i procenta prirasta preborne sastojine od veličine krošanja.

Veličina krošnje je pri analizama debljinskog prirasta bila izražena najvećim presekom krošnje (horizontalnom projekcijom). Pri analizama zapreminskog prirasta veličina krošnje je jednom bila izražena veličinom njene horizontalne projekcije a drugi put zapreminom. Za smrčevo stablo veličina krošnje bila je izražena i sa oba taksaciona elementa.

Rezultati su sledeći:

A) Debljinski prirast stabla

1. Kod svih ispitivanjem obuhvaćenih vrsta drveća tekući debljinski prirast stabla se povećava povećanjem horizontalne projekcije krošnje. U intervalu za koji vrede regresione analize tekući debljinski prirast jelovog, smrčevog, hrastovog i stabla belog bora nije postigao kulminaciju. Za bukovo stablo i stablo crnog bora kulminacija se javila kod dvostruko veće projekcije krošnje od one koja je za te vrste drveća bila prosečna.

2. Tekući debljinski prirast se smanjuje povećanjem prekrivenosti krošnje kod svih vrsta drveća koja su obuhvaćena analizama.

3. Povećanjem debljine stabla tekući debljinski prirast stabla jele, bukve i belog bora se povećava, kulminira i opada. Kod stabla crnog bora debljinski prirast povećanjem debljine opada, a kod hrastovog i smrčevog stabla se stalno povećava.

4. Tekući debljinski prirast stabla jele, hrasta i crnog bora se smanjuje opadanjem (lošijim) boniteta staništa, a povećava se kod stabla smrče, belog bora i bukve.

5. Pri istoj zapremini krošnje smrčevo stablo ima veći debljinski prirast uz užu a dužu krošnju. Može se očekivati, da vitkost krošnje utiče na isti način i kod ostalih vrsta drveća.

6. Maleni koeficijenti determinacije višestrukih regresionih analiza pokazuju da obuhvaćeni nezavisni faktori (bonitet staništa, debljina stabla, prekrivenost krošnje, veličina projekcije i zapremina krošnje) predstavljaju relativno mali deo faktora koji utiču na debljinski prirast. Pod delovanjem preostalih neobuhvaćenih faktora veličina debljinskog prirasta stabla, određena po jednačinama regresije, može se za pojedina stabla znatno razlikovati od stvarnog.

7. Zakonitosti navedene u tačkama 3 i 4 su uglavnom potvrdile rezultate drugih autora. Ostale zakonitosti su za stablo raslo u prebornim sastojinama utvrđene ovim radom.

B) Zapreminski prirast stabla

Analize tekućeg zapreminskog prirasta krupnog drveta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje vršene su u dve varijante za svaku od obuhvaćenih vrsta drveća. U prvoj je, pored ostalih nezavisnih faktora, razmatran i uticaj veličine krošnje, koja je bila izražena zapreminom. U drugoj varijanti je veličina krošnje bila izražena veličinom njene horizontalne projekcije. Za smrčevo stablo izvršena je i proširena analiza, na osnovu koje je, pored uticaja veličine krošnje, konstatovan i uticaj oblika krošnje na prirast stabla.

Utvrđeno je da se u proseku kod svih vrsta drveća koje su obuhvaćene analizama tekući zapreminski prirast krupnog drveta stabla po 1 m² projekcije njegove krošnje:

1. smanjuje opadanjem (lošijim) boniteta staništa;
2. povećava, kulminira i opada usled povećanja debljine stabla;
3. smanjuje povećanjem prekrivenosti krošnje;
4. smanjuje usled povećanja zapremine i veličine projekcije krošnje, i da se
5. kod smrčevog stabla povećava, ako je pri istoj zapremini krošnje, projekcija manja. Ova zakonitost se može očekivati i kod ostalih vrsta drveća, koje su razmatrane u ovom radu.

Koeficijenti determinacije za jednačine regresije tekućeg zapreminskog prirasta stabla bili su nešto veći nego za jednačine regresije debljinskog pri-

rasta. Zbog toga je zapreminski prirast bolje objašnjen obuhvaćenim nezavisnim faktorima.

Zakovitosti pod 1 i 2 utvrđene su istraživanjima drugih autora. Ostale zakovitosti nisu bile poznate za stablo raslo u prebornoj sastojini.

C) Zapreminski prirast i procent prirasta preborne sastojine

Veličina zapreminskog prirasta i procenta prirasta preborne sastojine ne može se na osnovu izvršenih analiza za pojedino stablo odrediti pouzdano. Razlog tome su maleni koeficijenti determinacije višestrukih regresionih analiza koji pokazuju da ni debljinski niti zapreminski prirast stabla nije za tu svrhu dovoljno objašnjen obuhvaćenim nezavisnim faktorima. Može se samo govoriti uz koje bi se veličine krošanja mogao očekivati veći a uz koje manji prirast ili pak procent prirasta sastojine.

Zapreminski prirast sastojine je uz iste ostale uslove veći, ako stabla imaju male projekcije krošanja. Procent prirasta je veći ako stabla imaju velike projekcije krošanja.

Veličina projekcije krošnje pokazuje prema tome suprotno delovanje s obzirom na veličinu prirasta i procenta prirasta sastojine.

Veličina zapremine krošnje pokazuje isti uticaj kao i projekcija krošnje. Proširene analize su pokazale da dužina krošnje kod smrčevog stabla ima istosmerno delovanje pri istoj veličini projekcije krošnje i na veličinu zapreminskog prirasta i na veličinu debljinskog prirasta zbog čega je i veći procent prirasta. Za ostale vrste drveća je ta zakonitost pretpostavljena na osnovu podudarnosti toka linija uticaja veličine projekcije i zapremine krošnje sa onima koje su dobijene za smrčevo stablo.

Na osnovu izloženog se kao najpovoljnija veličina krošnje s obzirom na veličinu prirasta i procenta prirasta preborne sastojine predlaže ona koja ima srednju veličinu projekcije, a što je moguće veću dužinu. Da bi se obezbedilo što veće učešće osvetljenog dela krošnje, najveći horizontalni presek krošnje treba da se nalazi što je moguće niže.

1. Mit der Vergrößerung des Stammwachstums steigt, krummst und sinkt bei der Schwarzhöhler sinkt, mit zunehmender Vergrößerung der Baumstärke, der laufende Stämmewachstum und bei der Traubeneiche und Fichte steigt er.

2. Mit der Abnahme der Höhenposition bei der Tanne, Traubeneiche und Schwarzhöhler sinkt der laufende Stämmewachstum und bei der Fichte, Föhre und Buche steigt er.

3. Unter gleicher Kronenvolumen, schlankere Kronen bei der Fichte haben größeren Stämmewachstum. Es ist zu erwarten dass die Kronenabhängigkeit auch bei übrigen Baumarten auf dieselbe Weise auswirkt.

4. Die niedrigen Determinationskoeffizienten der Regressionsanalysen zeigen, dass die umfassten unabhängige Faktoren (Höhenposition, Baumstärke, Überschiebung der Krone, Projektionsgröße und Kronenvolumen) relativ ein kleiner Teil der Faktoren, welche auf den Stämmewachstum einwirken, ist. Unter Berücksichtigung anderer Faktoren welche nicht in den Regressionsgleichungen der Einwirkung könnten bei einzelnen Bäumen so erhaltenen Stämmewachstum stark vom wirklichen abweichen.

5. In 3 und 4 zitierte Gesetzmäßigkeiten haben hauptsächlich die Ergebnisse anderer Autoren bestätigt. Übrige Gesetzmäßigkeiten für Bäume in Pflanzbeständen sind in dieser Arbeit erläutert.

BAUMZUWACHS IN ABHÄNGIGKEIT VON DER KRONENGRÖSSE
UND DER LAGE DES BAUMES IM BESTAND

Schlussfolgerungen

Zweck der ausgeführten Forschungen war, mittels Methoden der Regressionsanalyse, der Einfluss der Kronengrösse auf den laufenden Derbholzmassenzuwachs des Baumes pro 1 qm Kronenprojektion und laufenden Stärkezuwachs der Einzelbäume in Plenterbestand zu erläutern. Auf Grund der erhaltenen Ergebnisse sollte man auch die Abhängigkeit des laufenden Massen- und Prozentzuwachses des Plenterbestandes von der Kronengrösse, bestimmen. Untersucht wurden folgende Baumarten: Tanne, Fichte, Buche, Traubeneiche, Föhre und Schwarzkiefer.

Die Kronengrösse war bei der Stärkezuwachsanalysen durch die horizontale Kronenprojektion und bei der Massenzuwachsanalyse einmal durch die horizontale Projektion und das zweite mal durch Kronenvolumen ausgedrückt. Die Kronengrösse bei der Fichte war durch beide Taxationselementen ausgedrückt.

ERGEBNISSE DER FORSCHUNG

A) Stärkezuwachs der Einzelbäume

1. Mit der Vergrösserung der Kronenprojektion bei allen durch die Analysen erfassten Baumarten vergrössert sich der laufende Stärkezuwachs. In der Variationsbreite der Regressionsanalysen, laufender Stärkezuwachs hat für Tanne, Fichte, Traubeneiche und Föhre keine Kulmination erreicht. Bei der Buche- und Schwarzkiefer kulminierte der laufende Stärkezuwachs bei doppelt so grosser Kronenprojektion als die durchschnittliche für diese Baumarten.

2. Mit der Steigerung der Überschiernung der Kronen bei allen Baumarten nimmt der laufende Stärkezuwachs ab.

3. Mit der Vegrösserung der Baumstärke bei der Tanne, Buche und Föhre, der Stärkezuwachs steigt, kulminiert und sinkt. Bei der Schwarzkiefer sinkt, mit zunehmender Vergrösserung der Baumstärke, der laufende Stärkezuwachs und bei der Traubeneiche und Fichte steigt er.

4. Mit der Abnahme der Höhenbonität bei der Tanne, Traubeneiche und Schwarzkiefer sinkt der laufende Stärkezuwachs und bei der Fichte, Föhre und Buche steigt er.

5. Unter gleicher Kronenvolumen, schlankere Kronen bei der Fichte haben grösseren Stärkezuwaches. Es ist zu erwarten dass sich die Kronenschlangheit auch bei übrigen Baumarten auf dieselbe Weise auswirkt.

6. Die niedrigen Determinationskoeffizienten der Regressionsanalysen zeigen, dass die umfassten unabhängige Faktoren (Höhenbonität, Baumstärke, Überschiernung der Krone, Projektionsgrösse und Kronenvolumen) relativ ein kleiner Teil der Faktoren, welche auf den Stärkezuwachs einwirken, ist. Unter der Einwirkung anderen Faktoren welche nicht in den Regressionsgleichungen umfasst wurden, könnte bei einzelnen Bäumen so erhaltene Stärkezuwachsgrosse stark vom wirklichen abweichen.

7. In 3 und 4 zitierte Gesetzmässigkeiten haben hauptsächlich, die Ergebnisse anderer Autoren bestätigt. Übrige Gesetzmässigkeiten für Bäume in Plenterbeständen sind in dieser Arbeit erläutert.

B) Massenzuwachs der Einzelbäume

Die Analysen des laufenden Derbholzmassenzuwachses des Baumes pro 1 qm seiner Kronenprojektion sind in zwei Varianten für jede von umfassten Baumarten durchgeführt. In der ersten Variante ist ausser übrigen unabhängigen Faktoren auch der Einfluss des Kronenvolumens umfasst. In der zweiten Variante wurde die Kronengrösse durch die Horizontalprojektion ausgedrückt. Bei der Fichte wurde ausser dem Einflusse der Kronengrösse auch der Einfluss der Kronenform auf den Massenzuwachs konstatiert. Es wurde festgestellt dass im Durchschnitt bei allen mit der Analysen umfassten Baumarten, laufender Derbholzmassenzuwachs des Baumes pro 1 qm seiner Kronenprojektion, und zwar:

1. sinkt mit der Abnahme der Höhenbonität;
2. steigt, kulminiert und sinkt mit der Baumstärke;
3. sinkt mit der Vergrösserung der Überschiernung der Krone;
4. sinkt mit der Volumen- und Kronenprojektionsvergrösserung, und
5. bei der Fichte, mit gleichen Kronenvolumen, ist der Massenzuwachs grösser bei kleineren Kronenprojektionen. Diese Gesetzmässigkeit ist auch bei anderen umfassten Bäumen zu erwarten.

Die Determinationkoeffizienten der Regresionanalysen des Massenzuwachses der Einzelbäume waren etwas grösser als bei der Regressionanalysen des Stärkezuwachses. Deswegen ist auch der Massenzuwachs mit umfassten unabhängigen Faktoren besser erläutert.

Die Gesetzmässigkeiten unter 1 und 2 sind durch Forschungen anderen Autoren festgestellt. Übrige Gesetzmässigkeit für Bäume in Plenterbeständen waren nicht bekannt.

C) Massen- und Prozentzuwachs Plenterbestandes

Die Grösse des Massen- und Prozentzuwachses des Plenterbestandes kann man nicht verlässlich auf Grund der ausgeführten Analysen für Einzelbäume, bestimmen. Der Anlass dafür sind die niedrige Determinationkoeffizienten der multiplen Regressionanalysen, welche zeigen, dass weder Stärkezuwachs noch Massenzuwachs der Einzelbäume, zu diesem Zwecke, genügend, mit umfassten unabhängigen Faktoren erläutert wurde. Man kann nur davon reden bei welchen Kronengrössen kann man grösseren oder kleineren Massenzuwachs bzw. Massenzuwachsprozent des Bestandes erwarten.

Bestandesmassenzuwachs ist bei gleichen übrigen Bedingungen grösser wenn die Bäume kleine Kronenprojektion haben. Massenzuwachsprozent ist grösser bei der Bäumen mit grossen Kronenprojektion.

Demgemäss zeigt die Kronenprojektionsgrösse entgegengesetzte Wirkung in bezug auf die Bestandeszuwachsgrösse und Bestandeszuwachsprozent. Kronenvolumengrösse zeigt denselben Einfluss wie die Kronenprojektion. Die Regressionanalysen mit noch einem unabhängigen Faktor mehr zeigen bei der Fichte, dass bei derselben Kronenprojektionsgrösse, die Kronenlänge gleiche Wirkung hat auf die Massenzuwachsgrösse wie auch auf die Stärkezuwachsgrösse.

Auf Grund des dargelegten hat sich, als günstigste Kronengrösse, mit Rücksicht auf die Zuwachs- und Prozentgrösse in Plenterbeständen, die jene, welche mittlere Kronenprojektion und womöglich grössere Länge hat, gezeigt. Um die grössere Beteiligung des belichteten Kronenteiles zubesorgen, der grösste Kronendurchmesser soll womöglich tiefer liegen.

LITERATURA

1. Assmann E.: Die Standraumfrage und die Methodik von Mischbestandsuntersuchungen. Allg. Forst- und Jagdzeitung 125. Jahrg. 5. Heft, 1954.
2. Assmann E.: Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft München — Bonn — Wien, 1961.
3. Assmann E.: Empfehlungen für neue Durchforstungsversuche. Allg. Forst und Jagdzeitung 135. Jahrgang, 1964, Heft 4.
4. Badoux E.: De l'influence de divers modes et degres d'eclaircie dans les hetaies pures. Mitteil. d. Schweizerischen Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen XXI. Band, 1. Heft. Zürich, 1939.
5. Badoux E.: Relations entre le developpement de la cime et l'accroissement chez le pin sylvestre. (Wichtigste Ergebnisse und Schlussfolgerungen). Mitteilungen d. Schweiz. Anstalt. f. d. forstl. Versuchswesen XXIV. Band, 2. Heft. Zürich, 1946.
6. Brinar M.: Pomen velikosti in oblike krošnje. Gozdarski vestnik. Ljubljana, 1952.
7. Boysen Jensen P.: Die Stoffproduktion der Pflanzen. Verlag von Gustav Fischer, Jena, 1932.
8. Burger H.: Einfluss der Durchforstungsart auf Baumhöhe, Astreinheit, Schirmfläche und Kroneninhalte in gleichalterigen Fichtenpflanzbeständen II/III. Bonität. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, 1936.
9. Burger H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. Nadelmenge und Zuwachs bei Föhren und Fichten verschiedener Herkunft. Mitteil. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen, XX. Band, 1. Heft. Zürich, 1937.
10. Burger H.: Kronenuntersuchungen. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, Bern, 1937.
11. Burger H.: Baumkrone und Zuwachs in zwei heilsreifen Fichtenbeständen. Mitteil. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen, XXI. Band, 1. Heft. Zürich, 1939.
12. Burger H.: Der Kronenaufbau gleichalteriger Nadelholzbestände. Mitteil. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen XXI. Band, 1. Heft. Zürich, 1939.
13. Burger H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. Ein 80 jähriger Buchenbestand. Mitt. d. Schweiz. Anstalt, f. d. forstliche Versuchswesen, XXI. Band, 2. Heft. Zürich, 1940.
14. Burger H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. Ein Pflenterwald mittlerer Standortsgüte der Bernische Staatswald Toppwald im Emmental. Mitteil. d. Eingenössischen Anstalt für d. forstliche Versuchswesen. XXII. Band, 2. Heft. Zürich, 1942.
15. Burger H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. Die Eiche. Mit. d. Schweiz. Anstalt, f. d. forstliche Versuchswesen XXV. Band, 1. Heft. Zürich, 1947.
16. Burger H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs, Die Föhre. Mitt. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen XXV. Band, 2. Heft. Zürich, 1948.

17. Burger H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. Die Buche. Mitt. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen XXVI. Band, 2. Heft. Zürich, 1950.
18. Burger H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. Die Tanne. Mitt. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen XXVII. Band, Zürich, 1951.
19. Busse: Baumkrone und Schaftzuwachs. Fortswissenschaftliches Centralblatt. Berlin, 1930.
20. Drinić P.: Taksacione osnove za gazdovanje šumama crnog bora u Bosni. Disertacija. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu, broj 8, 1963.
21. Eule H.—W.: Verfahren zur Baumkronenmessung und Beziehungen zwischen Kronengröße, Stammstärke und Zuwachs bei Rotbuche, dargestellt an einer nordwestdeutschen Durchforstungsversuchsreihe. Allg. Forst und Jagdzeitung 130. Jahrg. 1959. Heft 7.
22. Flury Ph.: Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf Zuwachs und Form der Fichte und Buche. Mitt. d. Schweiz. Centralanstalt f. d. forstliche Versuchswesen. VII. Band. Zürich, 1903.
23. Flury Ph.: Über den Aufbau des Plenterwaldes. Mitt. d. Schweiz. Centr. f. d. forstliche Versuchswes. XV. Band, 2. Heft. Zürich, 1929.
24. Flury Ph.: Untersuchungen über den Lichtungsbetrieb an Bäumen und Beständen. Mitt. d. Schweiz. Centralanstalt f. d. forstliche Versuchswesen. XVII. Band, 2. Heft, 1932.
25. Frančišković St.: Prilog proučavanju taksacionih elemenata u prebornim šumama. Šumarski list. Zagreb, 1938.
26. Gligić V.: Iz svjetlosne fiziologije drveća. Narodni šumar, broj 11/12. Sarajevo, 1954.
27. Gligić V.: Otkriće fotosinteze i novija saznanja o snabdevanju zelenih biljaka ugljeničnim materijama. Narodni šumar, broj 1—3. Sarajevo, 1962.
28. Guldan R.: Rahmentragwerke und Durchlaufträger. Vierte unveränderte Auflage, Springer-Verlag, Wien, 1949.
29. Harting R.: Über den Einfluss der Kronengröße und der Nährstoffzufuhr aus dem Boden auf Grösse und Form des Zuwachses und auf den anatomischen Bau des Holzes. Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift, VII. Jahrg. 3. Heft, 1898.
30. Haša R.: Uređenje šuma i njegov odnos prema proizvodnji šuma (prevod: Mihajlo Gradojević). Šumarski list. Zagreb, 1927.
31. Hufnagl L.: Preborna šuma, njezina normalna slika, drvna zaliha, prirast i prihod. (Prevod). Šumarski list, Zagreb, 1895.
32. Jevtić M.: Iz savremenog danskog šumarstva. Jugoslovenski savetodavni centar za poljoprivredu i šumarstvo, Beograd. Dokumentacija šumarstva br. 38, 1962. god.
33. Jovanović M.: Odnos između količine lišća i proizvedene drvne mase kod hrasta (Quercus robur). Zbornik radova Instituta za fiziologiju razvika, genetiku i selekciju. Knjiga 5. Beograd, 1956.
34. Jovanović M.: Neka zapažanja o uticaju svetlosti na proizvodnju drvne mase kod hrasta. Šumarstvo, broj 3—4. Beograd, 1958.
35. Jovanović M.: Odnos između količine lišća i proizvedene drvne mase kod srebrnaste lipe. Šumarstvo, broj 1—2. Beograd, 1959.
36. Kennel R.: Der einfluss einiger Baumdimensionen auf den Volumenzuwachs von Einzelbäumen im Bestand. Allg. Forstzeitung, Nr. 51/52, 1962. i Mitteil. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns. 34. Heft, München 1964.
37. Kern K. G.: Die Beziehungen zwischen einigen Kronenkennwerden und dem Nadeltrochengewicht bei Fichte und Tanne. Allg. Forst und Jagdzeitung. 133. Jahrgang, 1962, Heft 1.
38. Klepac D.: Mjera za podizanje šumske proizvodnje. Šumarstvo, broj 9—12. Beograd 1958.
39. Klepac D.: O numeričkim proredama. Šumarski list, broj 1—2. Zagreb, 1963.

40. Klepac D.: Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina. Nakladni zavod »Znanje«, Zagreb, 1963.
41. Knuchel H.: Planung und kontrolle im Forstbetrieb. Verlag H. R. Sauerländer & Co. Aarau, 1950.
42. Kosonogov P.: Prirast i etat šuma. (Nova metoda izrade tablica za njihovo određivanje). Šumarstvo. Beograd, 1964.
43. Kraft: O biološkim podlogama za uzgoj sastojina. (Prevod: J. Metlaš) Šumarski list, Zagreb, 1898.
44. Kramer H.: Kronenaufbau und Kronentwicklung gleichalter Fichtenpflanzbestände. Allg. Forst. und Jagdzeitung, 133. Jahrgang, 1962, Heft 11.
45. Liebold E.: Beitrag zur Frage der Beziehungen des Kronendurchmessers zum Brusthöendurchmesser im gleichaltrigen Fichtenreinbestand. Archiv für Forstwesen, 12. Band, 1963. Heft 11, Berlin.
46. Linder A.: Statistische Methoden. Zweite erweiterte Auflage. Verlag Birkhauser. Basel, 1951.
47. Lindquist B.: Forstgenetik in der schwedischen Waldbaupraxis. Neuman Verlag-Radebeul und Berlin, 1951.
48. Matić V.: Prirast jele, smrče i bukve u šumama NRBiH. Zavod za privredno planiranje NRBiH. Sarajevo, 1955.
49. Matić V.: Normalno stanje u jelovim i smrčevim prebornim šumama. Radovi Poljopr. šumarskog fakulteta — Univerziteta u Sarajevu, B. šumarstvo, 1956, broj 1.
50. Matić V.: Taksacioni elementi prebornih šuma jele, smrče i bukve na području Bosne. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvenu industriju u Sarajevu, 1959., broj 4.
51. Matić V., Vukmirović V., Drinić P., Stojanović O.: Tablice taksacionih elemenata visokih šuma. Šumarski fakultet i Institut za šumarstvo i drvenu industriju, Posebno izdanje, Sarajevo, 1963.
52. Mayer R.: Kronengrösse und Zuwachsleistung der Traubeneiche auf süddeutschen Standorten. Allg. Forst und Jagdzeitung, 129. Jahrgang, 1958, Heft: 6, 7 i 8/9.
53. Meyer H.: Vorschlag für eine Baumklasseneinteilung der Rotbuche (Fagus silvatica) mit ertragskundlichen Auswertungsergebnissen. Archiv für Forstwesen 1964, 13. Band, Heft 1. Akademie — Verlag — Berlin.
54. Miletić Ž.: Osnovi uređivanja prebirne šume. Knjiga prva. Poljoprivredno izdavačko preduzeće. Beograd, 1950.
55. Miletić Ž.: Osnovi uređivanja prebirne šume. Knjiga druga. Zadržna knjiga. Beograd, 1951.
56. Milojković D.: Zapreminske tablice debela za jelu na Tari planini. (Totalna masa vretena stabla). Priručnik za šumarske inženjere. Naučna knjiga, Beograd, 1957.
57. Mirković D.: Dedrometrija. II izdanje. Naučna knjiga, Beograd, 1954.
58. Mitscherlich G.: Einzelstamm — der Bestandeswirtschaft? Allg. Forst und Jagdzeitung, 125. Jahrgang, Heft 5, 1954.
59. Mitscherlich G.: Untersuchungen in Plenterwäldern des Schwarzwaldes. Allg. Forst und Jagdzeitung. 132. Jahrgang, 1961. Heft 3 i 4.
60. Möller C. M.: Untersuchungen über laubmenge, stoffverlust und stoffproduktion des waldes. Köbenhavn, Kandrup, & Wunsch bogtrykkeri, 1945.
61. Obradović S.: Uvod u statistiku. III izmenjeno i dopunjeno izdanje. — Finansije —, Beograd, 1959.
62. Obradović S., Sentić M.: Osnovi statističke analize. Drugo izdanje. Naučna knjiga, Beograd, 1959.
63. Olberg A.: Über die Kennzeichnung der Durchforstungsweise. Allg. Forst und Jagdzeitung, 125. Jahrgang, Heft, 2. 1953.
64. Olberg A.: Ein neuer Vorschlag für ein Baumklassensystem. Allg. Forst und Jagdzeitung, 126. Jahrgang, 1955, Seite 65.
65. Panov A.: Izdvajanje sjemenskih sastojina. Narodni šumar, broj 1—3. Sarajevo, 1962.

66. Petrović D.: Odnos između količine i lišća i proizvedene drvne mase kod kanadske topole. Zbornik radova Instituta za fiziologiju razvića, genetiku i selekciju. Knjiga 4. Beograd, 1956.
67. Pintarić K.: Predavanja iz uzgajanja šuma, Skripta. Sarajevo, 1963.
68. Popović B.: Matematsko-statističke metode u poljoprivredi i šumarstvu. Univerzitet u Sarajevu, 1962.
69. Popović Ž.: Fiziologija bilja. Univerzitet u Sarajevu. Sarajevo, 1962.
70. — Privredni savjet vlade NRBiH, Uprava za šumarstvo. Uputstva za doznaku stabala u prebornim šumama. Narodni šumar, Sarajevo, 1953.
71. Radulović S.: Rezultati proučavanja razvoja crnog i belog bora na staništu kitnjak-grab na Avali i ogledi proreda u njihovim sastojinama. Šumarstvo, br. 11—12. Beograd, 1957.
72. Schädelin W.: Selektivna proreda kao uzgojni metod za postizanje prinosa najveće vrijednosti. Treće prerađeno izdanje (prevod Pataky Lj.). Narodni šumar, Sarajevo, 1956.
73. Schober R.: Gedanken und Vorschläge zu einer Anleitung für Durchforstungsversuche und einen Baumklassensystem. Allg. Forst und Jagdzeitung, 135. Jahrgang, 1964, Heft 4.
74. Sommer G. H.: Tannenkronen im Plenterwald. Forst-wissenschaftliches Centralblatt, 80. Jahrgang, 1961. Berlin, Seite 215.
75. Stojanović O.: Taksacione osnove za gazdovanje šumama belog bora na području Bosne. Disertacija — Rukopis. Sarajevo, 1965.
76. Šafar J.: Preborna šuma i preborno gospodarenje. Institut za šumarska istraživanja. Zagreb, 1948.
77. Šafar J.: Prorede u prebornim šumama. Šumarski list, broj 6/7. Zagreb, 1949.
78. Šafar J.: O utjecaju proizvodnih faktora na određivanje cilja gospodarenja u uzgajanju šuma. Šumarski list, Strana 46. Zagreb, 1950.
79. Šafar J.: Problem njegovanja sastojina u prebornim šumama. Narodni šumar, broj 3/4. Sarajevo, 1964.
80. Tjurin A. V.: Taksacija lesa. Državna-šumarsko-tehnička naklada, Moskva, 1938. (Prevod — rukopis O. Stojanović).
81. Tomašegović Z.: Ovisnost promera $D_{1,3}$ jele i smreke o širini krošnje i visini stabla. Šumarski list, broj 7—8. Zagreb, 1961.
82. Vukmirović V.: Prirast i drugi taksacioni elementi šuma hrasta kitnjaka u Bosni. Habilitacioni rad. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvenu industriju u Sarajevu, broj 8, 1963.
83. Wohlfarth E.: Waldkunde. (I. Teil). J. D. Sauerländers verlag, Frankfurt A.M. 1953.
84. Wohlfarth E.: Auswirkungen langjähriger Kronenpflege in mittel-deutschen Fichtenbeständen. Zeitschrift für Forst und Jagdwesen, 67. Jahrgang, Heft 6 und 7, 1935, Berlin.

S A D R Ź A J

	Strana
PREDGOVOR	5
PROBLEM	6
REZULTATI ISTRAŽIVANJA DRUGIH AUTORA	7
Rezultati izvršenih istraživanja u jednodobnim sastojinama	7
Rezultati izvršenih istraživanja u prebornim sastojinama	7
IZVORNI MATERIJAL	11
OBRADA IZVORNOG MATERIJALA	13
ISTRAŽIVANJE ZAVISNOSTI PRIRASTA STABALA OD VELIČINE NJEGOVE KROŠNJE I DRUGIH TAKSACIONIH ELEMENATA	20
Primenjeni metod	20
Tekući debljinski prirast stabla	20
Tekući zapreminski prirast stabala po 1 m ² projekcije njegove krošnje	39
Razmatranje dobijenih rezultata	60
PROŠIRENA ISTRAŽIVANJA ZAVISNOSTI PRIRASTA STABALA OD VELIČINE NJEGOVE KROŠNJE	61
IZBOR NAJPOVOLJNIJIH DIMENZIJA KROŠNJE STABLA S OBZI- ROM NA ZAPREMINSKI I DEBLJINSKI PRIRAST	67
ZAPREMINSKI PRIRAST I PROCENT PRIRASTA PREBORNE SAS- TOJINE	79
ZAKLJUČCI	81
LITERATURA	86