

VUKMIROVIĆ V.

**PRIRAST I DRUGI TAKSACIONI ELEMENTI ŠUMA
HRASTA KITNJAKA U BOSNI**

A. OPĆI DIO

I. UVOD I PROBLEMATIKA

Poznavanje veličine zapreminskog prirasta kao glavnog pokazatelja produktivnosti šuma, kao i njegove zavisnosti od prirodnih uslova i osnovnih taksacionih elemenata sastojine, od velikog je značaja za šumarsku praksu.

U planskom i dugoročnom vođenju šumske privrede i industrije drveta na realnim osnovama osnovni cilj je postizanje trajnosti proizvodnje drveta kao sirovinke baze za trajno podmirivanje društvenih potreba u ovoj sirovini. Za postizanje toga cilja od naročitog je značaja poznavanje zapreminskog prirasta šuma, kao osnove za izračunavanje obima sječa (etata) na bazi trajnog gazdovanja. Za preduzimanje potrebnih uzgojnih mjera radi sistematskog povećanja zapreminskog prirasta neophodan preduslov je poznavanje zavisnosti zapreminskog prirasta od osnovnih taksacionih elemenata sastojine. Prema tome, s pravom se može tvrditi da poznavanje zatečenog prirasta šuma i proučavanje njegovog sistematskog povećanja radi podizanja i povećanja proizvodnje predstavlja danas kod nas u šumarstvu jedan od najaktuelnijih problema.

No, i pored ovako velikog značaja, sistematska istraživanja prirasta u našoj Republici započeta su tek 1953. godine. Ranije, dok su u našim šumama postojale velike zalihe drveta, obim sječa se određivao na bazi dozvoljenog maksimalnog intenziteta sječa. Pri uređajnim radovima glavni cilj je bio da se utvrdi zatečeno stanje drvnih masa pojedinih sastojina. Podaci o veličini prirasta, ukoliko i postoje, u starim uređajnim elaboratima ocjenjivani su pomoću raznih tablica izrađenih na osnovu stranih rezultata ispitivanja, za koje se nije znalo da li odgovaraju uslovima naših šuma i u kojoj mjeri odgovaraju. Ta ocjenjivanja bila su vrlo nepouzdana, a za navedeni način određivanja etata nisu bila ni potrebna.

Međutim danas, kada su smanjene zalihe drvnih masa naših šuma, poznavanje veličine zapreminskog prirasta predstavlja vrlo aktuelan problem. Prilikom izrade perspektivnih planova šumarstva i drvne industrije nepoznavanje zapreminskog prirasta šuma kao osnove za izračunavanje obima sječa zadavalo je velike poteškoće. Tim povodom nadležne

ustanove su riješile da se na području naše Republike ispita i utvrdi prirast šuma na široj osnovi, i to tako da u prvi plan uđu šume jele, smrče i bukve kao privredno najvažnije, pošto one uglavnom predstavljaju sirovinsku bazu naše drvne industrije, a zatim i ostale privredne šume.

Prve rezultate tih istraživanja objavili su Matić (13,14) i Drinić (3,4).

U ovom radu odabrali smo ispitivanje prirasta i ostalih taksacionih elemenata sastojine u hrastovim (hrasta kitnjaka) šumama.

Površina hrastovih šuma (čistih i mješovitih) u Bosni i Hercegovini je oko 133.000 ha, ili 8% od obrasle šumske površine (13).

Obrada teme započeta je 1957. godine. Terenski radovi obavljani su 1957. i 1958. godine. Terenske sekcije sačinjavali su studenti IV godine i apsolventi šumarstva pod rukovodstvom autora i inž. Stojadinovića Đorđa, tadašnjeg stručnog saradnika bivšeg Zavoda za uređivanje šuma pri Fakultetu, a djelomično i pod rukovodstvom asistenata inž. Drinića Petra i inž. Stojanovića Ostoje, te inženjera Prolića Nihada i Živanova Nikole. Pedološka snimanja na izvjesnom broju oglednih površina izvršio je prof. dr Čirić. Obimna računanja u vezi sa primjenom regresionih analiza obavili su šumarski inženjeri iz operative kao povremeni honorarni saradnici. Drugarica Marin Stojanka obavila je mnoga jednostavnija računanja, a povremeno i drugarica Žic Galina.

Smatram dužnošću da se ovom prilikom svima najljepše zahvalim na pomoći pri ovim radovima.

Ova istraživanja finansirao je bivši Republički fond za unapređenje šumarstva pri Sekretarijatu za šumarstvo Izvršnog vijeća NRBiH.

II. ZADATAK RADA

Prvenstveni zadatak ovog rada jeste proučavanje i određivanje veličine zapreminskog prirasta sastojine u zavisnosti od boniteta staništa, stepena sklopa, prečnika srednjeg stabla sastojine i smjese hrasta, tj. od onih osnovnih taksacionih elemenata kojima operiše naša uređajna praksa. Cilj je izrada tablica zapreminskog prirasta sastojine, koje će omogućiti da se u praksi brzo i jednostavno, na osnovu navedenih taksacionih elemenata odredi zapreminski prirast za svaku konkretnu sastojinu.

U okviru rada obradiće se i uticaj pobrojanih taksacionih elemenata na veličinu debljinskog prirasta stabla, kao i na sljedeće elemente strukture sastojine: broj stabala, zapreminu i procent prirasta zapremine — radi izrade njihovih tablica.

Svjesni smo nedostataka koje sa sobom donosi ovako šire zamišljeni rad i da dobiveni rezultati nisu definitivna rješenja. No, i pored toga smatramo da će utvrđivanje zavisnosti zapreminskog prirasta, kao i ostalih elemenata strukture, od osnovnih taksacionih elemenata sastojine biti od koristi daljim istraživanjima koja se u tom pravcu intenzivno vrše, a izrađene tablice olakšati i ubrzati praktični rad na određivanju tretiranih elemenata strukture konkretnih sastojina.

III. OGLEDNE POVRŠINE

Istraživanja su izvršena na 71 oglednoj površini koje su postavljene u 13 gospodarskih jedinica: Vučjak, Motajica, Prosara, Kozara, Vrbanja, Velika Ukrina, Mala Ukrina, Nemila Bistričak, Nemila Pepelari, Donja Krivaja, Kaljina Bioštica, Gornja Prača i Škrta-Nišan.

Pri izboru mjesta oglednih površina uslov je bio da one što bolje obuhvate zavisnost veličine zapreminskog prirasta od onih taksacionih elemenata kojima operiše uređajna praksa, a to su: bonitet staništa, stepen sklopa, prečnik srednjeg stabla sastojine i smjesa (udio) hrasta.

Tekući (prosječni periodični) debljinski prirast utvrđivan je pomoću priraštajnog svrdla, znači određivan je prirast za protekli period. Da bi se on mogao primijeniti za budući period, izbor mjesta oglednih površina usloveli smo i time da najmanje u posljednjih 7 godina nisu vršene redovne sječe, jer promjenom položaja stabla u sastojini, kako je poznato, mijenja se i debljinski i visinski prirast stabla.

Svakako da je pri izboru mjesta oglednih površina vođeno računa i o tome da oglednom površinom budu obuhvaćene iste stanišne i sastojinske prilike, ista konfiguracija i inklinacija terena i u odnosu kakav je u sastojini u kojoj se ogledna površina postavlja.

Ogledne površine postavljene su u čistim hrastovim sastojinama i u onim mješovitim sastojinama u kojima hrast čini glavnu vrstu.

Ogledne površine jednoličnih sastojina u pogledu stanišnih i sastojinskih prilika, kao i konfiguracije terena, bile su velike oko 1,0 ha, dok u nejednoličnim sastojinama one su se kretale i do 2,0 ha.

U tabeli 1 navedene su gospodarske jedinice i odjeljenja u kojima su postavljene ogledne površine, te njihova veličina, nadmorska visina, ekspozicija, inklinacija, geološka podloga i tlo.

Geološka podloga i tlo

Geološka podloga i tlo oglednih površina su različiti. To pokazuje da hrast, ukoliko mu klima odgovara, može da raste na različitim tlima, što potvrđuju i mnogobrojna istraživanja. Tako, Krahl-Urban navodi: »Obadvije vrste hrasta rastu kako na lakim tako i na teškim, na rastresitim i na zbijenim, na hranjivim materijama bogatim i na hranjivim materijama siromašnim, na bazičnim i na kiselim tlima« (11).

Naša istraživanja su potvrdila poznatu činjenicu da hrast najbolje uspijeva na dubokim i plodnim tlima i toplim staništima.

*) Geološko-pedološka snimanja u gospodarskim jedinicama: Motajica, Vučjak, Donja Krivaja, Gornja Prača, Kaljina-Bioštica, Škrta-Nišan, Velika Ukrina, Mala Ukrina, Prosara i Kozara izvršio je prof. Čirić.

Tabela 1

Redni broj	Gospodarska jedinica	Odjeljenje	Veličina ogleadne površine	Nadmorska visina m	Ekspozicija	Inklamacija	Geološki sastav i tlo
1	Motajica	44	1,06	360	SE	9°	Motajica je u osnovi izgrađena od granita i gnajsa, koji su dobrim dijelom pokriveni debljim naslagama beskarbonatskog lesa. Na završnim terenima očuvan je lesni pokrivač, a na njemu je razvijen pretežno pseudoglej. Na nagibima je ovaj pokrivač dosta erodiran, pa je zemljište razvijeno u osnovnoj podlozi (granit, gnajs). Na takvim mjestima se nalaze pretežno ilimerizovana zemljišta sa lakšim B-horizontom, u kojem se korjen bolje razvija, iako njihova ukupna dubina ne prelazi 70–80 cm. Hemijske osobine svih ovih zemljišta su dosta ujednačene. To su uglavnom, kisela (pH od 5–6) i slabo zasićena zemljišta. Sadržaj humusa varira od 4–6%, i dosta naglo opada u A ₁ horizontu. U većini su dobro obezbijedena rastvorljivim kalijumom (10–20 mgr/100 gr) i azotom, a dosta slabo fosforom (obično ispod 1 mgr/100 gr) po laktatnoj metodi.
2		37	0,80	290	SE	16°	
3		27	1,10	240	E	23°	
4		132	1,07	330	S	16°	
5		140	0,98	450	S	6°	
6		137	1,16	350	S	12°	
7		36	1,05	310	SW	16°	
8		138	1,03	500	S-SE	10°	
9		152	0,79	480	SE	17°	
10		35	0,85	270	S	24°	
11		52	1,40	310	SE	15°	
12		31	1,01	340	SW	23°	
13		149	0,97	630	S	22°	
14		Priv.	0,99	240	SE	15°	
15		117	1,18	300	S	18°	
16		113	1,52	250	E	19–26°	
17		118	1,32	360	SW	29°	
18	Vučjak	115	1,14	250	S	11–14°	Duboka ilimerizovana (lesevirana) zemljišta na tercijarnom flišu (pretežno pješčara). Na završnim terenima ova zemljišta prelaze u pseudoglej. To su mahom pjeskovite ilovače sa povećanim sadržajem gline u B horizontu. Humusni horizont je dubok oko 15–20 cm, sa 4–5,5% humusa. Veličina pH se kreće od 4,5–6. Dobro su obezbijedena kalijumom i azotom, a slabo fosforom.
19		153	0,81	430	W-SW	27°	
20		71	1,16	340	NW	27°	
21		19	1,06	240	S	22°	
22		21	1,05	270	SW	17°	
23		18	1,01	315	SE	11°	
24		22	1,78	300	W-SW	20°	
25		23	1,08	280	W-SW	17°	
26	Vrbanja	73	0,74	630	SE	31°	Geološka podloga je serpentini, koji izbija na površinu u obliku sitnog kamenja. Zemljišta su ilovasta sastava, kisela i siromašna kalcijumom.
27		10	0,99	760	SE	27°	
28		2	1,59	50	S	30°	
29	Donja Krivaja	425	1,39	400	NE	5–10°	Prve dvije ogleadne površine leže na tipičnim terasnim pseudoglejevima. Druge dvije ogleadne površine se nalaze na dvoslojnim profilima. Gornji sloj je veoma skeletni serpentinski nanos, a na dubini od 60–70 cm leži glinoviti vodržljivi sloj. Gornji sloj je pjeskovit i skeletan, bogat humusom (oko 10%), koji sa dubinom postepeno opada. Reakcija je neutralna (pH 6,6–7,0); sadržaj kalijuma je visok.
30		425	0,64	425	—	—	
31		70	1,31	420	S	10–15°	
32		438	0,99	440	S	25°	
33	Nemila - Bistričak	114	1,46	420	E	10°	Geološka podloga je serpentini. Zemljišta su ilovasta sastava, zbijena, kisela i siromašna kalcijumom.
34		41	1,11	740	NE	25°	
35		43	1,13	290	S	30°	
36		69	0,77	540	NE	20°	
37		44	0,62	470	N	25°	

Redni broj	Gospodarska jedinica	Odjeljenje	Veličina ogleadne površine	Nadmorska visina m	Ekspozicija	Inklinacija	Geološki sastav i tlo
							7
38	Nemila -	42	1,02	410	SW	15°	Geološka podloga je pješčar tufitičke strukture. Tla su pjeskovita, plitka, suha i vrlo slabo humozna.
39	Pepelari	111/113	2,24	540	NE	8°	
40		41	0,86	450	S	20°	
41	Gornja	11	1,07	1030	SW	13°	Kisela, smeđa, pretežno pjeskovita zemljišta na permokarbonskim pješčarima. Dosta skeletna i često erodirana i plitka. Stoga su to kserotermna staništa.
42	Prača	26	1,45	820	SE	15°	
43		12	1,16	960	SW	25°	
44		26	0,85	860	SW	18-27°	
45		11	0,97	1010	S	19°	
46	Kaljina - Bioštica	40	1,19	850	NW	5 8°	Pseudoglej na dijabazu. Zemljište je umjereno kiselo, dosta bogato humusom i hranjivim materijama. Zemljište je prilično glinovito, naročito u B horizontu
47	Škrta-Nišan	181	0,45	1100	S	15°	Kiselo, smeđe zemljište na melafiru, srednje duboko.
48	Velika	99	1,85	435	NE	5-10°	Područje Velike i Male Ukrine je dio velikog serpentinskog masiva u kome su stijene jače serpentinisane. Ovdje prevladavaju lesivirana zemljišta i pseudoglej, ali često u jako erodiranim varijantama. Zemljišta su kisela i siromašna kalcijumom (uticaj stijena). Zemljišta su praškasto-lovasta sastava, zbijena i vrlo podložna eroziji.
49	Ukrina	121	1,07	480	NW	30°	
50		91	1,17	480	N	20°	
51		90	1,32	380	W	35°	
52		119	0,67	540	SE	15°	
53		138	0,94	520	W	30°	
54		132	0,62	560	SE	20°	
55	Mala Ukrina	135	1,22	460	SE	10°	
56		134	0,95	480	NE	5°	
57		117	0,88	380	E	25°	
58		131	1,97	500	E	15°	
59	Prosara	23	1,11	340	SW	20°	Prosara je uglavnom izgrađena od paleozojskih stijena (filit, miškašit), ali se i na njoj nalaze nanosi beskarbonatnog lesa. S obzirom na prilično zaravnjen reljef, ovdje dominira tip zemljišta pseudoglej.
60		55	1,11	280	SE	12°	
61		22	1,06	320	W	14°	
62		26	1,50	320	S-SE	16°	
63		28	1,71	320	W	15°	
64		21	1,55	335	SW	19°	
65		16	1,07	300	W	19°	
66		16	0,91	320	SE	17°	
67	Kozara-	166	0,95	430	SE	29°	Podlogu čini pretežno terciarni fliš (pješčari naročito), tako da su zemljišta vrlo slična onim na Vučjaku. Ilimerizovana i pseudoglej.
68	Vrbaška	171	1,15	250	SW	23°	
69		165	0,70	330	SW	30°	
70		214	1,39	180	SE	26°	
71		172	1,63	200	E	28°	

IV. PRIMJENJENI METODI RADA PRI SNIMANJU I OBRADI SNIMLJENOG MATERIJALA

1. Terenska snimanja

Ogledne površine snimljene su univerzalnim teodolitom po principu zatvorenog poligona, a veličine su utvrđene iz koordinata.

Na svakoj oglednoj površini na stablima prsnog prečnika od 10 cm pa naviše mjereni su sljedeći taksacioni elementi: prsni prečnik, totalna visina, debljinski prirast za 10 godina i prečnici horizontalne projekcije kruna.

Prsni prečnici mjereni su unakrst sa tačnošću 1,0 cm. Totalne visine stabala mjerene su Hristenovim visinomjerom — modifikacije Eić. Debljinski prirast određivan je priraštajnim svrdlom. Stabla su bušena u prsnoj visini na dva nasuprotna mjesta prečnika, koji sa najvećim prečnikom zatvara ugao od 45° . Debljinski prirast mjereno je sa tačnošću 0,5 mm. Za određivanje stepena sklopa snimane su horizontalne projekcije kruna i ocjenjivan je stepen međusobnog prekrivanja kruna. Pomoću viska obješenog na dužem koncu projicirane su na zemlju najmanje četiri tačke (najvećeg i najmanjeg prečnika kruna). Iz izmjerenih prečnika sa tačnošću 0,5 m izračunate su horizontalne projekcije kruna kao površine krugova. Ocjenjivanja međusobnog prekrivanja kruna (jednostruko, dvostruko ili višestruko) vršena su okularno i izražavana u procentima sa tačnošću 10%. Taj posao nije izvršen sa tačnošću koja bi dala pouzdane rezultate. To je i razumljivo ako se ima u vidu još nedovoljno stečeno iskustvo terenskog osoblja koje je taj posao vršilo. Poznato je da pri mjerenju prečnika horizontalne projekcije kruna poteškoću zadaje nejasno ograničen rub krune (zadiranje grana susjednih stabala), kao i udaljenost najvećeg horizontalnog presjeka kruna od zemlje. Burger (2) u svome radu također ističe, da je horizontalnu projekciju kruna teško odrediti i da su dobivene veličine samo približne.

2. Obrada podataka oglednih površina

a) Visine stabala

Na oglednim površinama mjerene su visine svim stablima od 10 cm prsnog prečnika naviše, izuzimajući prevršena stabla. Broj mjenjenih visina hrastovih stabala na oglednim površinama kretao se od 124 do 786, ili u prosjeku 364. U tabeli 2 dati su podaci o broju oglednih površina i izmjerenih visina po bonitetnim razredima.

Tabela 2

Bonitet	Broj oglednih površina	Broj mjenjenih visina
I	24	7.970
II	25	9.031
III	13	5.852
IV	5	2.012
V	4	979
Ukupno	71	25.853

Na osnovu izmjerenih visina za svaku oglednu površinu konstruisane su grafičko-numeričkom metodom visinske krivulje.

Rezultati su dati u tabeli 3.

b) Bonitetne visinske krivulje

Za bonitiranje staništa oglednih površina primijenili smo bonitetne krivulje koje se primjenjuju u našoj uređajnoj praksi — Eičeve bonitetne krivulje (6). Tom prilikom ispoljavalo se prilično neslaganje između toka krivulja oglednih površina i grafikona bonitetnih krivulja. Pri najtanjim debljinskim stepenima znatno je veći stepen penjanja krivulja oglednih površina dok je pri debljinskim stepenima preko 50 cm stepen penjanja manji u odnosu na bonitetne krivulje. U amplitudi između debljinskih stepeni 30 i 50 cm tokovi krivulja se uglavnom podudaraju.

Zbog tih nedostataka izradili smo nove bonitetne krivulje na osnovu naših podataka.

Sve ogledne površine razvrstali smo u bonitetne razrede pomoću postojećih bonitetnih krivulja koristeći se za bonitiranje dijelovima krivulja u amplitudi od 30—50 cm, na kome se dijelu tokovi krivulja približno podudaraju, a, osim toga, u tim debljinskim stepenima nalazi se i najveći broj stabala oglednih površina. Zatim su za svaki debljinski stepen unutar bonitetnog razreda sa visinskih krivulja oglednih površina očitane visine, izračunata aritmetička sredina i izvršeno grafičko izravnavanje. Dobivene veličine izravnatih visina po debljinskim stepenima date su u tabeli 4.

Iz uporedne tabele 4 vidi se da su visine između debljinskih stepeni 35 cm — 50 cm I i II boniteta približno jednake, a kod ostalih boniteta naše visine su neznatno niže, dok su im tokovi krivulja jednaki.

Da bi bilo što manje razlike onih debljinskih stepeni koji su bili odlučujući pri bonitiranju, pomjeranjem smo izravnali naše krivulje u debljinskom stepenu 45 cm sa postojećim bonitetnim krivuljama.

Tako konstruisane bonitetne krivulje nisu imale jednaka rastojanja pri istim debljinskim stepenima. Razlog je tome što visinske krivulje oglednih površina nisu bile ravnomjerno raspoređene unutar intervala pojedinih bonitetnih razreda postojećih bonitetnih krivulja, nego ih je kod III, IV i V bonitetnog razreda bilo više uz donju granicu. Stoga su i naše krivulje kod tih bonitetnih razreda u amplitudi debljinskih stepeni 30—50 cm nešto niže.

Tabela 3

Broj ogleadne površine	Izravnote visine stabala na oglednim površinama													
	Debljinski stepen													
	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	
	Visina u m													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	10	16	20	23	25	26	27	27	28					
2	11	16	20	23	25	25	25							
3	12	16	19	21	23	25	25	25						
4	12	18	21	22	23	24	24	24						
5	11	17	21	23	24	24	25	25	26					
6	13	18	21	23	24	24	24	24	25	25				
7	10	14	18	22	24	24	25	25	25					
8	12	17	21	22	23	24	24	24	24	24				
9	12	16	20	22	23	24	24	24						
10	14	16	19	21	23	24	25	26						
11	11	15	18	20	22	23	23	23	23					
12	12	17	19	21	22	22	23							
13	11	16	18	20	21	22	23	24	24	25				
14	14	16	19	20	21	22								
15	—	14	16	18	20	21	22	23	24	25				
16	10	13	16	18	20	21	22	23	23	24				
17	11	15	18	19	20	21	22	23	23		24			
18	12	14	16	18	19	21	22	23	24					
19	11	15	17	19	20	21	21	22						
20	9	13	15	17	18	19	19	19	20	20				
21	10	17	22	24	25	26	26	26						
22	—	15	20	23	25	26	27	27						
23	—	12	18	22	23	24	24	24						
24	10	14	17	20	21	22	23	23	23	24	24			
25	9	14	18	21	23	24	25	25						
26	13	15	17	19	21	22	22	23	23	23	23	23	23	23
27	12	14	15	16	17	18	19	19	14	20	20			
28	8	10	12	14	16	17	18	19	19	19	20	20	20	20
29	12	17	19	20	21	21	21	22	22	22				
30	11	17	20	22	23	23	24	24	24	25	25			
31	11	14	16	18	18									
32	11	15	12	19	14	20	20	20	21	21	21	21	21	21
33	10	15	19	22	23	24	25	25	25	25	25			
34	13	17	19	21	23	23	24	24	24	24				
35	11	14	16	18	18	19	19	19	19					

Tabela 3

Broj ogleadne površine	Izravunate visine stabala na oglednim površinama													
	Debljinski stepen													
	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	
	Visina u m													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
36	11	14	16	17	17	17	17	17	17					
37	8	11	12	13	14	15								
38	12	16	19	20	21	22	22	23	23	23	23	23	23	
39	9	13	16	18	20	21	22	22	23	23	23	23		
40	10	13	15	16	16	17	17	17	17	17				
41	11	15	18	19	20	21	21	21	21	21	21	21	21	
42	9	14	16	18	19	19	19	20	20					
43	11	15	17	18	19	19	19							
44	10	13	15	16	16	16	16	16	16					
45	9	12	15	16	17	17	17	17	17					
46	9	12	14	16	18	19	20	21	22	23	24	24		
47	7	9	10	10	11	12	12							
48	15	17	19	21	22	23	24							
49	13	17	14	20	21	22								
50	15	18	20	21	21	22	22	22						
51	8	10	12	14	15	15	15	15						
52	7	9	10	12	12									
53	8	9	10	10	11	11	12	12	12					
54	7	8	9	9	9	10	10	11						
55	13	18	20	21	22	22	22	22	23	23				
56	11	17	20	21	22	23	23	24	24	25				
57	13	17	20	21	22	23	23	23	23	24	24			
58	10	12	14	16	18	18	19	19	20	20				
59	10	15	20	24	26	28	29	30	31	31	31	31	31	
60	13	17	21	23	25	26	27	27	27	28	28	28		
61	9	14	19	22	25	26	27	27	27	27	27			
62	9	14	19	22	24	26	27	27	27	28	28	28		
63	10	15	20	22	24	26	26	27	27	27				
64	9	15	19	22	24	25	26	26	26	26	26			
65	10	14	18	21	23	25	26	26	27	27	28			
66	8	11	15	18	20	22	23	24	24	25				
67	9	16	19	22	23	24	25	26	26	27				
68	12	17	20	21	24	24	24	24	24					
69	11	16	19	21	22	23	23	24	24	24				
70	8	11	14	17	19	21	22	22	22	22				
71	7	11	14	18	20	22	22	23	23	23	23			

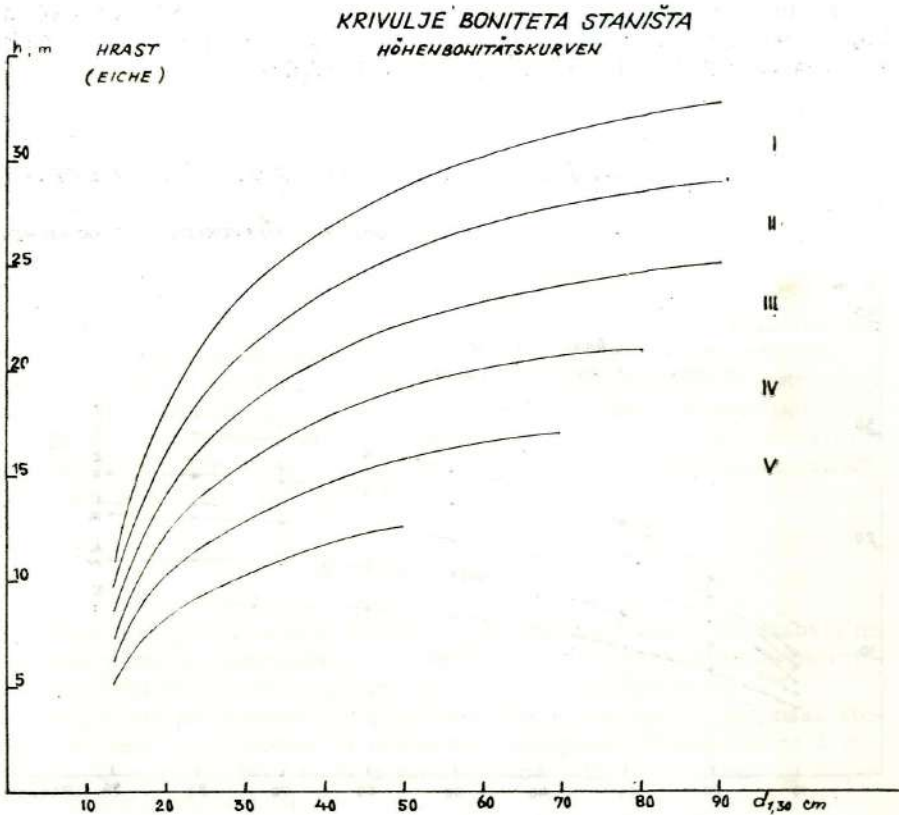
Tabela 4

Naše visine						Po bonitetnim krivuljama				
d _{1,30}	Bonitetni razredi									
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	visina u m									
-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	10,2	9,0	8,2	7,1	5,8	13	11	9	7	6
15	13,5	12,6	11,4	8,7	7,6	16	14	12	10	8
20	17,5	15,7	13,7	10,6	8,7	19	16	14	11	9
25	20,3	17,9	15,4	12,2	9,6	21	18	15	13	10
30	22,2	19,6	16,6	13,5	10,5	22	19	17	14	11
35	23,7	20,9	17,7	14,5	11,0	24	21	18	15	12
40	25,0	22,1	18,4	15,5	11,5	25	22	19	16	13
45	25,9	23,0	18,9	16,4	12,0	26	23	20	17	14
50	26,6	23,4	19,3			27	24	21	18	14
55	27,2	23,8	19,7			28	25	21	18	15
60	28,0	24,2	19,9			29	25	22	18	15
65	28,8	24,6	20,1			30	26	22	19	15
70	29,2	24,8	20,3			31	27	23	19	15

Tabela 5

Visine hrastovih stabala na području Bosne					
d _{1,30}	Bonitetni razred				
	I	II	III	IV	V
cm	m				
10	10,5	9,4	8,2	7,1	6,0
15	14,5	13,0	11,4	9,6	7,8
20	17,4	15,8	13,7	11,6	9,5
25	20,3	18,0	15,4	13,0	10,5
30	22,3	19,7	16,9	14,2	11,5
35	23,9	21,0	18,0	15,1	12,3
40	25,1	22,1	18,9	16,0	13,0
45	26,3	23,0	20,0	16,7	13,6
50	27,2	23,9	20,7	17,4	14,1
55	27,9	24,5	21,2	17,8	—
60	28,5	25,0	21,6	18,1	—
65	29,0	25,4	22,0	—	—
70	29,5	25,8	22,3	—	—

Taj nedostatak otklonjen je izjednačavanjem bonitetnih krivulja po debljinskim stepenima. Očitane visine stabala svakog debljinskog stepena za sve bonitetne razrede izravnate su grafički po funkciji pravca i na taj način formirane jednake širine bonitetnih polja pri istim debljinskim stepenima. Nakon ponovnog izravnanja po dužini konačno su konstruisane bonitetne krivulje. Dobivene krivulje date su na slici 1, a očitane visine u tabeli 5.



Slika 1 — Abb. 1

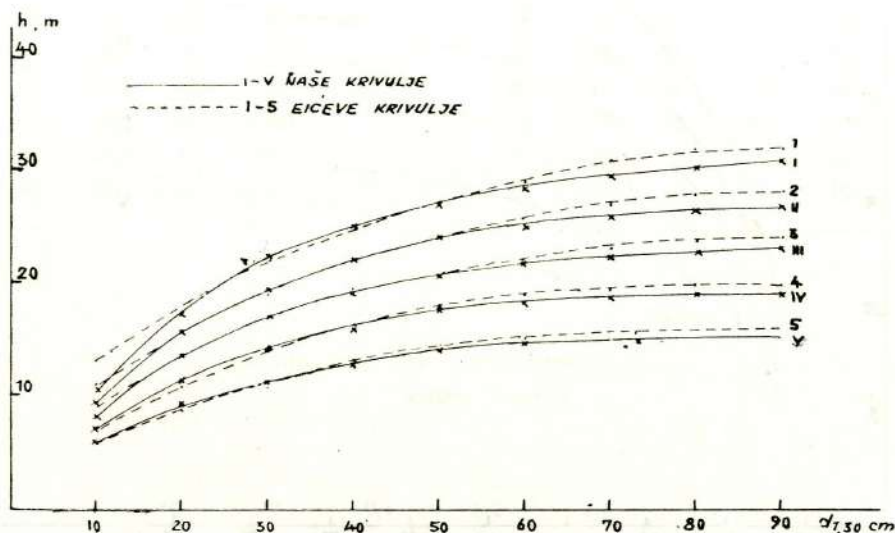
Na slici 2 dato je upoređenje naših i Eićevih (6) bonitetnih krivulja koje se primjenjuju u praksi. Iz upoređenja se vidi da su odstupanja najveća u najtanjim i najjačim debljinskim stepenima i da je stepen penjanja naših bonitetnih krivulja do debljinskog stepena 20 cm veći, a od debljinskog stepena 50 cm manji nego u postojećih. Odstupanja između naših i Šurićevih (27) bonitetnih krivulja su još veća, pošto su ordinate visina njegovih bonitetnih krivulja po debljinskim stepenima veće nego Eićevih bonitetnih krivulja. Upoređenje naših bonitetnih krivulja sa normalnim visinskim krivuljama Mirkovića (20) za hrast kitnjak nije se moglo neposredno da izvede pošto su Mirkovićeve krivulje razrednog sistema i vezane za srednju visinu sastojine, odnosno za srednji prečnik sastojine.

U odnosu na prinodne tablice Wiedemann-Schobera (29), a naročito Wimmenauera (30) i Gerharda (8), visine stabala naših oglednih površina su osjetno manje. Ove razlike u odnosu prečnik—visina uslovia je svakako različitost staništa, ali, osim toga, i suhvrhost stabala. Naime, na većem broju oglednih površina osjetan je broj stabala, naročito jačih, čiji je visinski prirast prestao (suhvrha), što je svakako uticalo i na tok visinskih krivulja.

Pošto su bonitetne krivulje poslužile i za izradu zapreminskih tablica koje se primjenjuju u uređajnoj praksi (6), to je promjena bonitetnih krivulja uslovia izradu novih zapreminskih tablica.

UPOREĐENJE NAŠIH KRIVULJA BONITETA SA EIČEVIM

VERGLEICH UNSEREN HÖHENBONITÄTSKURVEN MIT EIČ-SCHEN



Slika 2 — Abb. 2

c) Zapreminske tablice stabala hrasta kitnjaka

Za izradu tablica koristili smo se najnovijim dvoulaznim zapreminskim tablicama Grunder-Schwappacha, koje je izdao Schober pod nazivom »Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände« (26).

Na osnovu visine stabala iz naših tablica visina po bonitetnim razredima i navedenih zapreminskih tablica, interpolacijom su određene zapremine za pojedine debljinske stepene po bonitetnim razredima. Dobbivene veličine su zatim na poznati način grafički izravnate i izravnate

zapremine očitane. Iz odnosa izravnatih zapremina i odgovarajućih temeljnica izračunate su oblikovisine za pojedine debljinske stepene po bonitetnim razredima, koje su zatim također grafički izravnate i unesene u tablice kao definitivne. Množenjem oblikovisine sa temeljnicom odgovarajućeg debljinskog stepena dobivene su zapremine stabala koje su kao konačne unesene u tablice.

Tablice su izrađene za krupno drvo i za cijelo stablo.

d) Step en sklopa

Stepen sklopa određen je iz odnosa veličine ukupne slobodne horizontalne projekcije kruna i veličine ogledne površine sa tačnošću jednog decimalnog mjesta. Veće detaljisanje nismo vršili zbog toga što su površine horizontalnih projekcija kruna utvrđene sa približnom tačnošću.

e) Debljinski prirast

Dobivene veličine debljinskog prirasta svih stabala na oglednoj površini razvrstane su po debljinskim stepenima širine 5 cm te su izračunate srednje veličine. Grafičkim izravnanjem srednjih veličina konstruisane su krivulje periodičnog debljinskog prirasta za svaku oglednu površinu.

Sa krivulje očitane veličine debljinskog prirasta podijeljene sa brojem godina perioda daju tekući (prosječni periodični) debljinski prirast. Dobiveni rezultati navedeni su u tabeli 6.

f) Broj stabala

Radi lakšeg objašnjenja postupka pri izračunavanju broja stabala na početku perioda, zapremine i zapreminskog prirasta sastojine poslužićemo se primjerom jedne ogledne površine, navedenim u tabeli 7.

Stabla kojima su mjereni prsni prečnici razvrstana su u debljinske stepene širine 1 cm, a zatim su obrazovani debljinski stepeni širine 5 cm, te je tako određen broj stabala na kraju perioda po debljinskim stepenima širine 5 cm (kol. 3).

Ako se od srednjeg prsnog prečnika svakog stabla oduzme izmjereni debljinski prirast istoga stabla i zaokruži na cijeli cm, dobija se prsni prečnik stabla na početku perioda. Razvrstavanjem u debljinske stepene širine 5 cm dobiva se broj stabala na početku perioda (kol. 2).

g) Zapremina sastojine

Zapremine po debljinskim stepenima na početku i na kraju perioda (kol. 4 i 5) određene su pomoću tarifa (jednoulaznih zapreminskih tablica), koje su izrađene za svaku oglednu površinu na sljedeći način. Na osnovu prečnika u sredini debljinskih stepeni i njima odgovarajućih očitanih izravnatih visina sa visinskih krivulja, pomoću Grundner-Schwapach-ovih dvoulaznih zapreminskih tablica za krupno drvo, ustanovljena je zapremina svakog debljinskog stepena. Grafičkim izravnavanjem zapremina

Tekući debljinski prirast

Broj ogled- ne površine	Prsni prečnik stabla u cm					Broj ogled- ne površine	Prsni prečnik stabla u cm				
	15	25	35	45	55		15	25	35	45	55
	Tekući debljinski prirast u mm						Tekući debljinski prirast u mm				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	1,6	2,5	3,3	3,7	—	37	1,1	1,3	1,1	—	—
2	1,7	2,4	3,1	3,7	4,3	38	1,5	2,2	2,6	2,8	—
3	2,7	3,3	3,7	3,9	—	39	1,9	2,6	2,8	2,8	2,7
4	2,1	2,8	3,4	3,8	—	40	1,5	1,8	1,9	1,9	—
5	1,4	2,0	3,0	3,2	—	41	1,0	1,7	2,2	1,5	1,0
6	1,0	2,2	3,0	3,0	2,8	42	1,4	2,1	2,6	2,6	—
7	1,6	2,7	3,5	4,0	—	43	1,5	2,2	2,5	2,6	—
8	1,4	2,6	3,2	3,3	3,1	44	1,4	2,1	2,0	1,7	—
9	1,4	2,4	2,8	3,4	—	45	1,2	1,5	2,0	2,0	—
10	1,1	2,2	3,0	3,4	—	46	—	1,8	2,3	2,7	2,9
11	2,6	2,9	3,1	3,3	3,5	47	0,8	0,9	1,0	0,4	0,9
12	1,3	1,9	2,4	—	—	48	1,3	2,0	2,7	3,0	—
13	1,2	2,1	2,9	3,2	2,7	49	1,6	2,0	2,4	—	—
14	3,4	3,7	4,5	—	—	50	1,7	2,3	2,7	2,6	—
15	—	3,0	3,3	3,6	3,9	51	1,2	1,4	1,5	1,6	—
16	2,3	3,4	3,8	3,6	—	52	1,7	1,9	1,9	—	—
17	1,5	2,2	2,5	2,5	2,4	53	1,3	1,3	1,2	1,1	—
18	1,9	2,9	3,8	4,6	—	54	1,4	1,4	1,4	—	—
19	1,4	2,1	2,5	2,7	—	55	1,4	2,1	2,5	2,6	2,1
20	1,4	2,0	2,5	2,7	2,6	56	1,6	2,1	2,3	2,1	2,0
21	1,6	1,8	2,1	2,4	—	57	1,7	2,4	2,6	2,5	2,4
22	—	1,6	2,2	2,8	—	58	2,0	2,3	2,2	2,1	—
23	—	2,3	2,7	2,9	3,0	59	0,9	1,7	2,4	3,0	3,3
24	—	2,8	3,5	3,9	—	60	1,1	1,6	2,4	2,4	2,1
25	1,4	2,0	2,5	3,0	3,4	61	0,9	1,7	2,4	2,8	3,2
26	1,3	1,7	1,8	1,8	—	62	—	1,4	2,1	2,6	2,8
27	1,5	1,9	2,0	2,0	1,9	63	1,0	1,7	2,6	3,0	3,2
28	1,8	2,8	3,7	4,1	4,0	64	1,2	1,9	2,4	2,8	3,0
29	1,9	3,3	4,0	4,0	3,7	65	0,8	1,7	2,8	3,2	3,0
30	1,2	2,8	3,2	3,1	—	66	1,4	2,0	2,4	2,8	3,2
31	1,6	3,0	—	—	—	67	1,2	1,8	2,4	3,0	—
32	1,3	2,4	2,5	2,5	2,4	68	1,2	1,8	2,2	2,6	3,0
33	2,0	2,4	3,1	3,0	2,7	69	1,4	1,9	2,3	2,6	—
34	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	70	—	2,1	2,7	3,2	3,4
35	1,2	1,7	2,0	2,0	1,8	71	—	2,2	2,8	3,3	3,4
36	1,4	1,8	1,8	1,8	—						

konstruisane su krivulje zapremina pojedinačno za svaku oglednu površinu. Sa konstruisanih zapreminskih krivulja očitane su zapremine za pojedine debljinske stepene i sastavljene tablice.

Tabela 7

Ogledna površina br. 58 Gospodarska jedinica »Mala Ukrina« Odjeljenje 131					Vrsta drveća: hrast Veličina: 1,9697 ha Bonitet: III,2 Sklop: 0,6			
Debljin- ski stepen	Broj stabala		Zapremina		Promjene tokom vremena		Prirast	
	na početku	na kraju	na početku	na kraju	broja stabala	zapremine	broja stabala	zapremine
	perioda		m ³		kom.	m ³	kom.	m ³
	komada				kom.	m ³	kom.	m ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12,5	130	96	7,150	5,280	-34	-1,874	17	0,935
17,5	124	118	18,600	17,700	-6	-0,900	51	4,845
22,5	113	132	32,205	37,620	+19	+5,415	57	7,645
27,5	94	95	47,000	47,500	+1	+0,500	38	8,170
32,5	90	93	70,650	73,005	+3	+2,355	37	10,545
37,5	51	66	54,060	69,960	+15	+15,900	34	9,350
42,5	18	33	26,190	48,015	+15	+21,825	19	7,505
47,5	8	10	14,720	18,400	+2	+3,680	4	1,540
52,5	3	2	7,125	4,750	-1	-2,375	2	1,370
57,5	—	3	—	8,628	+3	+8,625	3	1,500
Ukupno	631	648	277,700	330,855	17	53,155		53,155
Razlika	17		53,155					

h) Zapreminski prirast sastojine

Razlika između ukupne zapremine na kraju i na početku perioda daje zapreminski prirast sastojine za protekli period od 10 godina. U koloni 9 izračunat je zapreminski prirast po debljinskim stepenima. Kako se iz izloženog načina izračunavanja vidi, u zapreminski prirast ušla je zapremina uraslih stabala.

i) Procent prirasta zapremine sastojine

Za izračunavanje procenta prirasta zapremine sastojine primijenjena je Presslerova formula, koja glasi:

$$pv = \frac{V - v}{V + v} \cdot \frac{200}{n}$$

U formuli V označava zapreminu na kraju a v zapreminu na početku perioda od n godina.

Na objašnjene načine ustanovljeni taksacioni elementi za sve ogledne površine navedeni su u tabeli 8*).

* Oznake vrsta drveća u tabeli: h. = hrast; j. = jasen; bu. = bukva; br. = brekinja; c. = cer; l. = lipa; o. l. = ostali lišćari; b. = crni bor; je. = jela.

Tabela 8

Taksacioni elementi oglednih površina										
Redni broj ogledne površine	Bonitetni razred	Stepen sklopov sastojine	Prečnik sast. srednjeg stabla hrasta	Smjesa hrasta	Broj stabala	Temeljnica	Zapremina	Tekući prirast zapremine hrasta	Procent prirasta zapremine	Ukupna površina horizontalne projekcije kruna
					kom/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	%	m ² /ha
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,5	0,8	31	1,00	347	24,3	308	6,63	2,41	9.789
2	0,7	0,6	30	0,69	h. 243 l. 120 bu. 65	17,4 8,0 1,4	216 89 8	4,14	2,12	
3	1,2	0,6	29	0,84	428 h. 218 ol. 41	26,8 14,7 2,9	313 171 32	4,39	2,95	6.804
4	1,2	0,9	27	0,98	259 h. 477 j. 67	17,6 27,8 1,1	203 317 7	7,32	2,61	6.019
5	1,2	0,7	27	0,97	544 h. 525 ol. 38	28,9 29,1 1,4	324 338 12	6,28	2,07	9.968
6	1,3	1,0	26	1,00	563 623	30,5 31,2	350 356	6,79	2,11	8.565 12.999
7	1,3	0,6	32	0,93	h. 313 ol. 56	25,0 2,5	301 23	6,84	2,57	
8	1,4	0,8	24	0,96	369 h. 543 bu. 41	27,5 25,2 1,3	324 275 11	6,23	2,56	6.824
9	1,4	0,8	30	1,00	584 441	26,5 29,3	286 343	3,67	1,13	9.625 9.293
10	1,5	0,9	28	0,97	h. 460 ol. 73	28,8 1,6	326 10	5,98	2,02	
11	1,7	0,8	34	0,98	533 h. 257 bu. 8	30,4 23,0 0,5	336 267 5	5,50	2,82	12.191
12	1,7	0,8	24	0,97	265 h. 545 bu. 43	23,5 25,1 1,0	272 257 7	4,31	1,83	10.706
13	1,7	0,9	25	0,93	588 h. 598 bu. 34	26,1 30,3 2,0	264 310 22	5,77	2,06	11.684
14	2,0	0,8	22	0,91	632 h. 449 bu. 68	32,3 17,1 2,0	332 165 16	6,25	4,68	10.724
15	2,1	0,5	34	0,99	517 h. 201 j. 13	19,1 18,3 0,5	181 198 3	4,43 2,51	2,51	11.753
16	2,2	0,5	32	1,00	214 191	18,8 15,3	201 160	4,39	3,18	6.594 6.157
17	2,2	0,8	26	0,98	h. 470 ol. 33 503	24,5 0,6 25,1	242 4 246	3,96	1,79	11.304

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
18	2,3	0,5	37	0,98	h. 151 bu. 11 <u>162</u>	16,1 0,6 <u>16,7</u>	178 4 <u>182</u>	4,43	2,84	
19	2,3	0,8	26	0,96	h. 513 bu. 42 <u>555</u>	26,6 1,4 <u>28,0</u>	259 12 <u>271</u>	4,74	2,01	5.523
20	2,9	0,8	22	0,88	h. 483 bu. 55 <u>538</u>	17,9 2,6 <u>20,5</u>	143 20 <u>163</u>	2,70	2,04	9,717
21	0,7	0,6	31	1,00	294	21,4	273	3,36	1,31	6.747
22	0,8	0,7	33	1,00	264	20,5	262	3,84	1,54	7.435
23	1,4	0,7	34	1,00	247	22,3	270	4,55	1,84	8.426
24	1,4	0,5	36	1,00	162	15,8	196	4,15	2,36	5.298
25	1,9	0,7	29	0,98	h. 353 bu. 33 <u>386</u>	24,7 — <u>24,7</u>	258 6 <u>264</u>	4,22	1,78	
26	1,9	0,9	26	0,94	h. 555 o.1.119 <u>674</u>	29,7 3,2 <u>32,9</u>	304 20 <u>324</u>	4,13	1,46	7.067
27	2,2	0,9	24	0,92	h. 561 o.1.126 <u>687</u>	25,3 3,0 <u>28,3</u>	216 19 <u>235</u>	2,97	1,48	11.032
28	3,3	0,4	38	0,90	h. 110 bu. 44 <u>154</u>	12,8 2,2 <u>15,0</u>	123 13 <u>136</u>	2,60	2,36	10.507
29	1,4	0,6	29	0,95	h. 238 h. 9 o.1. 4 <u>251</u>	15,3 0,7 0,1 <u>16,1</u>	174 8 1 <u>183</u>	4,58	3,03	4.340
30	1,8	0,7	26	0,85	h. 233 b. 42 o.1. 6 <u>341</u>	15,3 2,9 0,3 <u>18,5</u>	157 26 2 <u>186</u>	3,12	2,21	6.685
31	2,6	0,7	19	0,94	h. 474 br. 29 b. 4 <u>509</u>	12,9 0,6 0,4 <u>13,9</u>	96 3 4 <u>103</u>	2,68	3,25	8,942
32	2,6	0,7	23	0,89	h. 456 j. 39 b. 12 <u>507</u>	18,8 0,9 1,4 <u>21,1</u>	169 6 16 <u>191</u>	3,41	2,24	7.779
33	1,2	0,6	31	0,99	h. 293 bu 8 <u>301</u>	22,8 0,2 <u>23,0</u>	272 2 <u>274</u>	4,89	2,00	8.185
34	1,6	0,7	28	100	423	25,2	282	2,98	1,15	7.558
35	3,0	0,7	24	100	464	20,5	176	2,64	1,62	9.473
36	3,6	0,8	20	0,97	h. 768 je. 26 <u>797</u>	22,9 0,7 <u>23,5</u>	174 5 <u>179</u>	3,35	2,13	9.347
37	4,4	0,7	17	0,99	h. 531 o.1. 8 <u>539</u>	12,6 0,2 <u>12,8</u>	68 1 <u>69</u>	1,09	1,75	10.274
										8.912

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
38	2,0	0,7	29	1,00	378	24,4	262	4,30	1,79	7.739
39	2,3	0,6	37	1,00	207	22,2	253	3,84	1,63	7.624
40	3,6	0,8	23	0,97	h. 435 bu. 15	17,7 0,7	140 4	2,55	2,01	
					<u>450</u>	<u>18,4</u>	<u>144</u>			10.963
41	2,3	0,8	23	0,99	h. 760 c. 2 bu. 11	31,0 0,1 0,3	288 1 2	4,36	1,64	
					<u>773</u>	<u>31,4</u>	<u>291</u>			9.720
42	2,6	0,5	23	0,94	h. 272 c. 3 ol. 6	15,2 0,8 0,1	141 9 —	2,86	2,27	
					<u>281</u>	<u>16,1</u>	<u>150</u>			4.207
43	2,8	0,7	22	0,95	h. 539 c. 22	20,9 1,1	182 9	3,74	2,29	
					<u>561</u>	<u>22,0</u>	<u>191</u>			8.628
44	3,1	0,7	19	0,68	h. 644 c. 94 ol. 9	17,4 6,2 0,3	122 55 1	2,61	2,40	
					<u>747</u>	<u>23,9</u>	<u>178</u>			9.182
45	3,2	0,8	21	1,00	813	28,6	212	3,86	2,00	11.186
46	2,7	0,7	38	0,63	h. 117 c. 79 sm. 44	21,0 10,2 1,6	219 115 14	3,38	1,67	
					<u>314</u>	<u>32,8</u>	<u>348</u>			10.050
47	4,2	0,8	20	0,99	h.1346 e.1 57	42,5 1,4	271 4	3,01	1,19	
					<u>1503</u>	<u>43,9</u>	<u>275</u>			7.559
48	1,4	0,8	26	0,99	h. 527 j. 39	27,7 0,6	294 4	5,00	1,86	
					<u>566</u>	<u>28,3</u>	<u>298</u>			8.458
49	1,9	0,8	22	0,99	h.627 j. 12	24,3 0,2	235 1	4,79	2,27	
					<u>639</u>	<u>24,5</u>	<u>236</u>			9.492
50	2,1	0,8	21	0,97	h. 721 j. 47 br. 11	25,0 0,7 0,6	247 4 4	5,30	2,41	
					<u>779</u>	<u>26,3</u>	<u>255</u>			8.538
51	4,3	0,6	21	0,97	h. 426 j. 18 je. 8	15,3 0,3 0,2	99 2 1	1,56	1,72	
					<u>452</u>	<u>15,8</u>	<u>102</u>			6.538
52	5,0	0,6	18	1,00	510	13,0	64	1,57	2,81	6.440
53	5,4	0,8	23	1,00	499	20,8	114	1,45	1,35	9.295
54	5,5	0,6	18	1,00	429	11,3	50	1,17	0,65	6.551
55	1,6	0,7	26	0,98	h. 424 ol. 8	22,5 0,5	242 5	3,76	1,68	
					<u>432</u>	<u>23,0</u>	<u>247</u>			8.750
56	1,7	0,8	27	0,97	h. 450 ol. 25	26,4 1,0	292 10	4,79	1,79	
					<u>475</u>	<u>27,4</u>	<u>302</u>			10.380

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
57	1,9	0,7	29	0,93	h. 315 j. 66 b. 6 <u>387</u>	21,4 1,4 0,4 <u>23,2</u>	243 10 7 <u>260</u>	3,65	1,62	
58	3,2	0,6	27	0,98	h. 329 ol. 6 b. 2 <u>337</u>	19,1 0,2 0,2 <u>19,5</u>	168 1 2 <u>171</u>	2,70	1,75	8.649
59	0,4	0,8	40	0,73	h. 193 c. 34 bu. 35 <u>262</u>	25,0 5,2 4,1 <u>34,3</u>	378 80 61 <u>519</u>	5,20	1,48	6.517
60	0,6	0,6	41	0,79	h. 184 c. 18 bu. 13 <u>215</u>	24,2 4,7 1,1 <u>30,2</u>	341 72 18 <u>431</u>	4,33	1,35	11.049
61	0,7	0,8	39	0,89	h. 245 c. 10 bu. 16 <u>271</u>	29,1 1,1 2,5 <u>32,7</u>	348 14 34 <u>446</u>	5,33	1,44	8.478
62	0,7	0,7	40	0,85	h. 203 c. 17 bu. 10 <u>230</u>	25,4 2,7 1,5 <u>29,7</u>	349 41 21 <u>410</u>	4,16	1,27	9.167
63	0,8	0,6	40	0,94	h. 210 c. 2 bu. 17 <u>229</u>	26,6 0,2 1,8 <u>28,6</u>	362 2 21 <u>385</u>	5,02	1,49	9.720
64	0,9	0,7	35	0,87	h. 243 c. 22 bu. 4 <u>28</u>	23,9 3,1 0,2 <u>27,2</u>	306 41 3 <u>350</u>	4,20	1,47	7.313
65	1,1	0,6	39	0,97	h. 208 c. 2 bu. 12 <u>222</u>	24,4 0,2 0,8 <u>25,4</u>	317 2 9 <u>328</u>	5,13	1,76	8.532
66	1,8	0,6	36	0,83	h. 198 c. 37 br. 2 <u>237</u>	19,7 3,7 0,4 <u>23,8</u>	226 41 5 <u>272</u>	3,65	1,76	6.783
67	1,2	0,7	30	0,99	h. 350 c.l. 11 <u>361</u>	24,9 0,4 <u>25,3</u>	292 8 <u>297</u>	4,41	1,63	7.120
68	1,4	0,7	27	0,98	h. 358 c. 5 bu. 7 <u>370</u>	20,5 0,3 0,2 <u>21,0</u>	232 2 1 <u>235</u>	3,55	1,66	8.094
69	1,6	0,8	26	0,96	h. 509 c. 11 bu. 9 <u>529</u>	27,6 0,8 0,4 <u>28,8</u>	296 9 3 <u>308</u>	4,64	1,73	1.087
70	2,2	0,6	39	1,00	218	19,3	205	3,72	2,02	9.219
71	2,2	0,5	39	1,00	177	21,5	251	4,63	2,05	6.510 6.758

PRIMJENJENI METOD ZA ANALIZE

U uvodnom dijelu je navedeno da će se istraživanja pobrojanih taksoničkih elemenata sastojine vršiti u zavisnosti od boniteta staništa, stepena sklopa, prečnika srednjeg stabla hrasta i smjese hrasta. Znači, istraživaće se pojave koje variraju pod uticajem više faktora.

Utvrđiti zavisnost pojave od više faktora, kao i njihove međusobne uticaje na pojavu, moguće je jedino ako se analizom istovremeno obuhvate svi predviđeni faktori. Ova vrsta statističkih istraživanja poznata je pod imenom korelaciona ili regresiona analiza, i to višestruka korelacija (za razliku od jednostavne korelacije, koja ima za svrhu da odredi uticaj samo jednog faktora na pojavu, zanemarujući pri tome sve ostale faktore).

U ovom radu primijenjen je računsko-grafički metod višestruke regresione analize (Ezekiel, 7).

Za istraživanje korelacionih veza između pojave i faktora koji utiču na pojavu statistika se služi pojmom funkcije, uzetim iz matematike. Prema tome, pri regresionim analizama nameće se kao prvi zadatak izbor funkcije za pojedine faktore (nezavisno promjenljive) koji će najbolje odgovarati uticaju svakog faktora (nezavisno promjenljive) na istraživanu pojavu (zavisnu promjenljivu).

U našim analizama se pokazalo da, osim manjih izuzetaka linearnog uticaja, grupisanje tačaka oko linije regresije svakog obuhvaćenog faktora pokazuje tendenciju parabole drugog reda. Prema tome, u regresionim analizama pri prvom izboru funkcija primijenjene su funkcije parabole drugog reda sa četiri nezavisne promjenljive, koja u opštem obliku glasi:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + c_1x_2 + c_2x_2^2 + d_1x_3 + d_2x_3^2 + e_1x_4 + e_2x_4^2.$$

gdje je:

- y = istraživana pojava,
- x₁ = bonitet staništa,
- x₂ = stepen sklopa,
- x₃ = prečnik srednjeg stabla sastojine,
- x₄ = smjesa (udio) hrasta.

Veličine parametara u jednačini višestruke korelacije 1 određene su metodom najmanjih kvadrata.

Uvrštavanjem utvrđenih veličina parametara u jednačinu izračunate su veličine y pojedinačno za svaku oglednu površinu na bazi njihovih stvarnih veličina za x₁, x₂, x₃ i x₄, a zatim su za svaku oglednu površinu utvrđeni residijumi, tj. razlike između stvarno mjenjenih veličina Y i veličina dobivenih pomoću funkcije (trends) y

$$Z = Y - y.$$

Za izračunavanje zavisnosti razmatrane pojave y od pojedinih obuhvaćenih nezavisnih promjenljivih, potrebno je u dobivenu složenu funkciju uvrstiti prosječne veličine svih nezavisnih promjenljivih izuzimajući

onu čije se razmatranje vrši. Na taj način dolazimo do četiri jednačine koje pokazuju kako se razmatrana pojava y — u našim istraživanjima debljinski prirast stabala, zapreminski prirast sastojine, broj stabala sastojine, zapremina sastojine i procent prirasta zapremine — mijenja sa promjenom boniteta staništa (x_1), stepena sklopa (x_2), prečnika srednjeg stabla sastojine (x_3) i smjese hrasta (x_4).

Ispitivanje realnosti odabrane funkcije izvršeno je nanošenjem utvrđenih residijuma oko grafički prikazanih funkcija (linija trenda) uticaja pojedinih nezavisnih promjenljivih na istraživanu pojavu y . Residijumi nisu nanošeni pojedinačno za svaku oglednu površinu, nego su formirane grupe sa približno jednakim brojem slučajeva. Za svaku grupu izračunate za prosječne veličine residijuma i nezavisnih promjenljivih. Na taj način dobiveni sistem tačaka pokazuje da li je funkcija za pojedine nezavisne promjenljive dobro odabrana, a ukoliko nije, ukazuje na funkciju kojom se može bolje da izrazi taj uticaj. U tom slučaju bira se nova funkcija na osnovu dobivenog sistema tačaka i čitav navedeni postupak se ponavlja dok se ne dođe do zadovoljavajućeg rješenja.

Pri analizama nekih taksacionih elemenata navedenim postupkom metode najmanjih kvadrata nije se moglo doći do funkcije koja realno izražava upliv pojedinih nezavisnih promjenljivih, iako je funkcija, s obzirom na raspored residijuma oko linija koje izražavaju zavisnost pojave od pojedinih nezavisnih promjenljivih, pravilno odabrana. To je zbog toga što broj oglednih površina unutar varijacionih širina nezavisnih promjenljivih nije ravnomjerno raspoređen. Tako npr., broj oglednih površina stepeni sklopa 0,9 i 1,0 vrlo je mali u odnosu na stepene sklopa 0,6 — 0,8, jer poznato je da su sastojine potpunog sklopa vrlo rijetke. Ili broj oglednih površina loših boniteta (IV i V), koji su također u sastojinama hrasta rijetki, mali je u odnosu na najbolje bonitete staništa (I i II). Zbog njihovog malog broja nije mogao da dođe do realnog izražaja uticaj sklopa odnosno boniteta staništa, tim prije što funkcijom nisu obuhvaćeni svi faktori koji djeluju na pojavu koja se razmatra. U takvim slučajevima popravke odabrane funkcije izvršene su metodom sukcesivnih aproksimacija.

Regresiona funkcija 1 pokazuje kako se istraživana pojava y kao zavisna promjenljiva mijenja, ali pod uslovom da su veličine nezavisne promjenljive u jednačini 1 jednake prosječnim veličinama nezavisno promjenljivih kod oglednih površina.

Isto tako, pomoću jednačine 1 dobivaju se prosječni uticaji svake pojedine nezavisne promjenljive na pojavu ali uz uslov da su veličine za ostale tri nezavisne promjenljive jednake prosječnim veličinama nezavisnih promjenljivih oglednih površina.

Ako veličine za pojedine nezavisne promjenljive u jednačini 1 odstupaju od prosječnih veličina nezavisnih promjenljivih ispitivanih oglednih površina, onda se pomoću jednačine 1 dobivaju samo približni rezultati. Ukoliko je odstupanje veće, utoliko su i rezultati manje tačni.

Matić (14) razradio je postupak koji taj nedostatak otklanja i omogućuje primjenu funkcije 1 i u slučaju kada veličine nezavisnih promjenljivih odstupaju od prosječnih veličina nezavisno promjenljivih kod oglednih površina. Postupak se zasniva na pretpostavci jednakih relativnih uticaja nezavisnih promjenljivih na pojedine zavisne promjenljive.

Taj dopunjeni metod višestruke regresione analize primijenili smo i u ovom radu pri izradi tablica. Suština metoda izložena je u poglavlju »Veličina zapreminskog prirasta sastojine«.

Od korelacionih pokazatelja određivane su varijanse višestruke regresije (σ_z^2), varijanse zavisne promjenljive (σ_y) i koeficijenti višestruke korelacije (\bar{R}).

Varijanse višestruke regresije određivane su po formuli:

$$\sigma_z^2 = \frac{Sz^2}{n} \quad 2$$

Varijansa višestruke regresije pokazuje mjeru odstupanja izvornih podataka od prosječnog odnosa izraženog funkcijom regresije. Ova varijansa je pokazatelj variranja zavisne promjenljive pod uticajem onih faktora koji nisu obuhvaćeni funkcijom regresije.

Varijanse zavisne promjenljive određuju se po formuli:

$$\sigma_y^2 = \frac{SY^2}{n} - \bar{Y}^2 \quad 3$$

Ova varijansa pokazuje ukupno variranje izvornih podataka Y oko njihove srednje veličine \bar{Y} , tj. variranje koje je prouzrokovano svim faktorima (i obuhvaćenim i neobuhvaćenim).

Koeficijent višestruke korelacije obično se određuje po formuli:

$$\bar{R} = \sqrt{1 - \frac{\sigma_z^2}{\sigma_y^2}} \quad 4$$

Mi smo za određivanje koeficijenta višestruke regresije primijenili formulu koju je predložio Ezekiel (7), a koja glasi:

$$\bar{R} = \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_z^2}{\sigma_y^2}\right) \left(\frac{n-1}{n-m}\right)} \quad 5$$

gdje je m broj parametara u jednačini višestruke regresije.

Pošto je u formuli 5 faktor korekcije $\frac{n-1}{n-m}$ uvijek veći od 1, to je

i korelacioni koeficijent po ovoj formuli uvijek manji od korelacionog koeficijenta određenog po formuli 4.

Budući da je koeficijent višestruke korelacije određen iz uzorka uvijek veći od korelacionog koeficijenta skupa iz koga je uzorak uzet, to je korelacioni koeficijent određen po formuli 5, pošto je manji, bliži stvarnom koeficijentu višestruke korelacije koji bi se dobio iz skupa.

Koeficijent višestruke korelacije pokazuje u kojoj se mjeri stvarna variranja podataka (variranja izvornih podataka) približuju odnosu dobivenom po funkciji regresije.

I. DEBLJINSKI PRIRAST

Poznavanje veličine i toka debljinskog prirasta, kao i njegove zavisnosti od pojedinih taksacionih elemenata sastojine, važno je za odlučivanje o preduzimanju potrebnih uzgojnih mjera radi regulisanja prirasta. Ovo je posebno od važnosti kada je u pitanju hrast za proizvodnju furnirskog drveta, čiji je kvalitet najuže povezan sa širinom godova, odnosno debljinskim prirastom.

Debljinski prirast razmatran je u zavisnosti od boniteta staništa, stepena sklopa, debljine srednjeg stabla hrasta i smjese hrasta, tj. od onih taksacionih elemenata sastojine koji se prikupljaju pri taksacionim radovima u svrhu uređivanja, a kojima inače operiše naša praksa. Poznato je da debljinski prirast uveliko zavisi i od veličine krune, ali iz ranije navedenih razloga krune nisu uzete u analizu.

Budući da poznavanje debljinskog prirasta po debljinskim klasama daje važne podatke na osnovu kojih se može zaključivati o razvoju sastojine, to su regresione analize izvedene po debljinskim intervalima za debljinske stepene: 15, 25, 35, 45 i 55 cm. Uticaj debljine stabla na debljinski prirast određen je grafički iz podataka dobivenih regresionim analizama.

Ocjena tipa funkcije koja će najbolje izraziti zavisnost debljinskog prirasta od obuhvaćenih taksacionih elemenata izvršena je pomoću residijuma na način izložen u poglavlju »Primjenjeni metod za analize«.

Rezultati prve aproksimacije pokazali su da se zavisnost debljinskog prirasta od boniteta staništa, stepena sklopa i srednjeg stabla sastojine može izraziti parabolom drugog reda, a zavisnost od smjese pravcem, te je pri drugoj aproksimaciji jednačina višestruke korelacije glasila:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + c_1x_2 + c_2x_2^2 + d_1x_3 + d_2x_3^2 + cx_4, \quad 6$$

gdje je:

y = debljinski prirast,

x_1 = bonitet staništa,

x_2 = stepen sklopa,

x_3 = d_s hrasta,

x_4 = smjesa hrasta.

Ni rezultati jednačine 6 nisu dali zadovoljavajuće rješenje za uticaj sklopa na debljinski prirast. Iz dobivenih rezultata uticaja stepena sklopa na debljinski prirast proizilazi da ovaj sa povećanjem sklopa do 0,8 opada, a zatim raste. Znači, minimum parabole nastupio je pri sklopu 0,8. Budući da sa povećanjem sklopa debljinski prirast opada, to bi trebalo da pri najvećem sklopu (1,0) bude najmanji, pa prema tome, i minimum parabole trebalo bi da nastupi pri stepenu sklopa 1,0 ili nešto kasnije. Minimum parabole nastupio je pri sklopu 0,8 vjerovatno zbog malog broja oglednih površina sa najvećim sklopom (0,9 i 1,0), tako da njihov uticaj u regresionoj analizi nije došao do realnog izražaja. Zato smo jednačinu uslovili da parabola ima ekstrem pri sklopu 1,0 jer on prema našim podacima može da bude samo minimum.

Na osnovu izloženog, za treću aproksimaciju odabrana je sljedeća jednačina višestruke korelacije:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + c(x_2^2 - 2x_2) + d_1x_3 + d_2x_3^2 + ex_4. \quad 7$$

Ova jednačina dala je zadovoljavajuće rezultate.

Rješenjem sistema normalnih jednačina za tretirane debljinske stepene određeni su parametri u jednačini 7, te jednačine višestruke korelacije za pojedine debljinske stepene glase:

$$15 \text{ cm } y = 2,404 + 0,234x_1 - 0,045x_1^2 + 2,187(x_2^2 - 2x_2) + 0,0841x_3 - 0,00151x_3^2 - 0,30x_4; \quad 8$$

$$25 \text{ cm } y = 3,774 + 0,417x_1 - 0,105x_1^2 + 4,937(x_2^2 - 2x_2) + 0,2540x_3 - 0,00469x_3^2 - 0,75x_4; \quad 9$$

$$35 \text{ cm } y = 3,626 + 0,500x_1 - 0,149x_1^2 + 3,809(x_2^2 - 2x_2) + 0,1864x_3 - 0,00315x_3^2 - 0,50x_4; \quad 10$$

$$45 \text{ cm } y = 2,079 + 0,335x_1 - 0,112x_1^2 + 3,594(x_2^2 - 2x_2) + 0,2806x_3 - 0,00386x_3^2 - 1,00x_4; \quad 11$$

$$55 \text{ cm } y = -2,732 - 0,366x_1 + 0,057x_1^2 + 3,312(x_2^2 - 2x_2) + 0,6039x_3 - 0,00887x_3^2 - 1,00x_4. \quad 12$$

Prema jednačinama 8—12 izračunat je debljinski prirast po debljinskim klasama za sve ogleadne površine. Rezultati upoređenja izračunatih vrijednosti y s izvornim podacima Y za sve debljinske stepene dali su:

$$S_z = SY - S_y = 702,6 - 702,6 = 0,$$

$$SZ^2 = 68,83,$$

$$N = 303,$$

$$\sigma_z^2 = 0,227822,$$

$$\sigma_y^2 = 0,637434.$$

Za računanje zajedničkog korelacionog koeficijenta za sve debljinske klase upotrijebljena je dobivena suma kvadrata residijuma svih debljinskih stepena, s tim što je u formuli 5 za faktor » m « uzeto 40. Ovo je učinjeno na osnovu sljedeće pretpostavke:

Po jednačinama 8—12 izračunate veličine debljinskog prirasta, uz prosječne vrijednosti boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg stabla i smjese hrasta, za pojedine debljinske stepene iznose

15	25	35	45	55 cm
$y = 1,487$	$2,139$	$2,576$	$2,798$	$2,787$ mm.

Ove veličine nanese su na slici 3 tačkama i grafički izravnate.

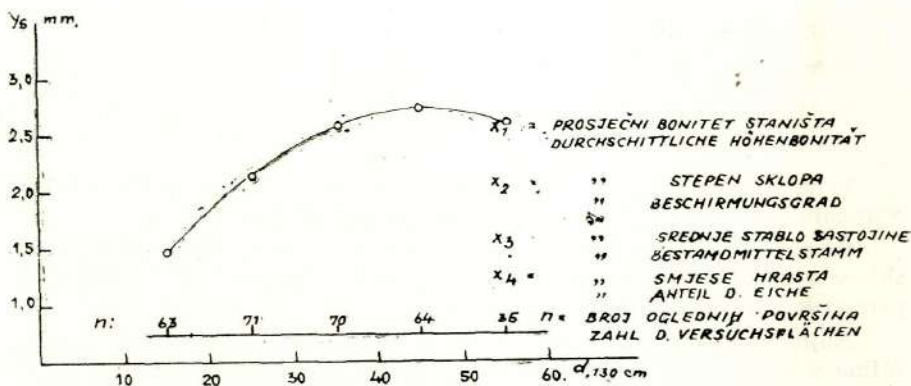
Kriva linija, kojom su grafički izravnate veličine debljinskog prirasta koje rezultiraju iz prosječnih vrijednosti nezavisnih promjenljivih, predstavlja prosječan uticaj debljinske klase na veličinu debljinskog prirasta.

Iz toga krivulje proizilazi da ona pri prosječnim veličinama nezavisnih promjenljivih — koje imaju najveću težinu — vjerovatno odgovara paraboli drugog reda. U drugim kombinacijama nezavisnih promjenljivih (koje nisu prosječne vrijednosti) dobile bi se veličine debljinskog prirasta, za čije bi izjednačenje bila potrebna neka savitljivija kriva linija nego što je parabola drugog reda. Parabola četvrtog reda je veoma jako savitljiva, te bi sigurno mogla dobro da izrazi tu zavisnost.

Prema tome, ako bi se htjelo jednom regresionom jednačinom istovremeno da obuhvati i uticaj debljine stabla kao peta nezavisna promjenljiva, onda bi se odabranoj jednačini višestruke regresije 7 pridružila još i jednačina parabole četvrtog reda. Pri formiranju jedne jednačine iz ovih dviju to pridruživanje ne bi se javilo kao prosto dodavanje novih članova, nego bi došlo do množenja njenih članova, bilo jednim dijelom ili svih članova. Ako pretpostavimo da bi se međusobno množili svi članovi jedne i druge jednačine, onda bi se dobila jednačina višestruke regresije, koja bi imala 40 parametara (8×5). Zbog toga smo uzeli za m 40. Dakle, uzeli smo za faktor m najveću moguću vrijednost, koja je sigurno veća od stvarne, jer teško da bi došlo do množenja svih

DEBLJINSKI PRIRAST HRASTOVIH STABALA PO JEDNAČINAMA
UZ PROSJEČNU VRIJEDNOST x_1, x_2, x_3 i x_4 .

STARKEZUWACHS D. EICHENBAUME NACH D. GLEICHUNGEN BEI D.
DURCHSCHNITTLICHEH WERTEN VON x_1, x_2, x_3 i x_4



SLIKA 3. — ABB. 3

članova iz navedene dvije jednačine. Uzimajući najveći mogući faktor m , može se i dobivena suma kvadrata residijuma svih debljinskih klasa primijeniti za određivanje koeficijenta višestruke korelacije, jer ovako dobiveni korelacioni koeficijent može biti samo niži od stvarnog.

On je:

$$R = \sqrt{1 - \left(\frac{0,227822}{0,637434}\right)\left(\frac{303 - 1}{303 - 40}\right)} = 0,767 \approx 0,77.$$

Visoki korelacioni koeficijent je dokaz da funkcija 7 dobro izražava zavisnost debljinskog prirasta (zavisne promjenljive) od obuhvaćenih taksacionih elemenata (nezavisnih promjenljivih).

Koeficijent determinacije (R^2), koje iznosi 0,589, pokazuje da je u jednačini 7 obuhvaćeno 59% uticaja od kojih zavisi veličina debljinskog prirasta, dok ostalih 41% nisu obuhvaćeni. Jedan od taksacionih elemenata koji nije obuhvaćen, a koji, kako su to pokazala ispitivanja mnogih autora (2, 14, 15), ima znatan uticaj na prirast — jeste veličina kruna. Kako su, međutim, i veličine kruna, kao i debljinski prirast, zavisni od funkcijom obuhvaćenih taksacionih elemenata, to se kroz uticaj boniteta staništa, stepena sklopa i prečnika srednjeg stabla sastojine isprepliće i uticaj veličina kruna na debljinski prirast.

1. Uticaj taksacionih elemenata na debljinski prirast

a) Uticaj boniteta staništa

Funkcije uticaja boniteta staništa na debljinski prirast po debljinskim klasama dobivene su na taj način što su u jednačinama 8—12 za stepen sklopa, prečnik srednjeg stabla sastojine i smjesu hrasta uvrštene njihove srednje veličine (x_2 , x_3 i x_4). Te jednačine glase:

15 cm	$y = 1,256 + 0,234x_1 - 0,045x_1^2;$	13
25 cm	$y = 1,864 + 0,417x_1 - 0,106x_1^2;$	14
35 cm	$y = 2,349 + 0,500x_1 - 0,149x_1^2;$	15
45 cm	$y = 2,684 + 0,335x_1 - 0,112x_1^2;$	16
55 cm	$y = 3,264 - 0,366x_1 + 0,057x_1^2.$	17

Iz analize numeričkih podataka i grafičkih prikaza na slici 4 i 6 o uticaju boniteta staništa na debljinski prirast proizilazi sljedeće:

Sa opadanjem boniteta staništa, a uz prosječne vrijednosti stepena sklopa i prečnika srednjeg stabla sastojine i smjese, opada i debljinski prirast kod svih debljinskih klasa.

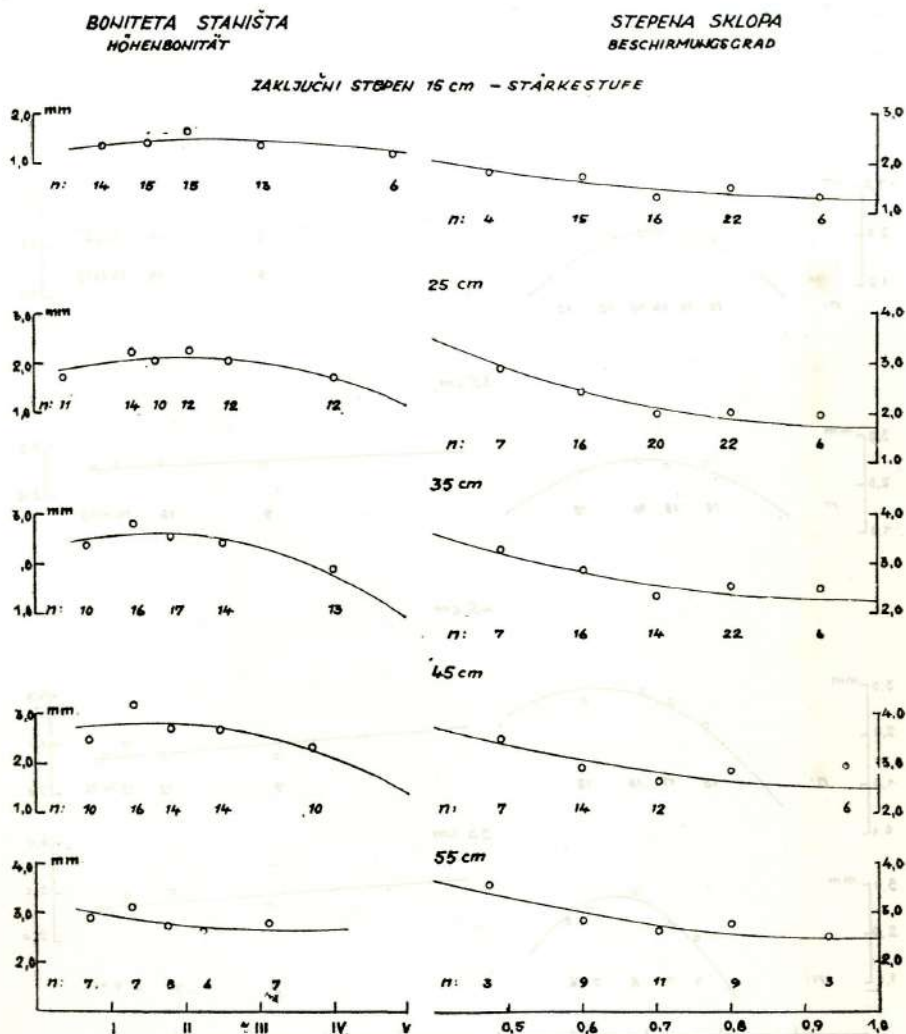
Najmanju zavisnost širine godova od boniteta staništa ima prva debljinska klasa (15 cm). Ovo je zbog toga što su, u sastojinama jednakog sklopa i prečnika srednjeg stabla sastojine, tanka stabla potištena (slabo osvijetljena) te imaju mali debljinski prirast, tako da se on sa promjenom boniteta staništa gotovo i ne mijenja.

Razlog opadanja debljinskog prirasta hrasta sa opadanjem boniteta staništa objašnjava poznata činjenica da hrast najbolje uspijeva na dubokim i plodnim zemljištima. Naglo opadanje debljinskog prirasta od III ka V bonitetnom razredu potvrđuje ranije navedenu konstataciju da su okviri boniteta staništa hrastovih šuma privrednog značaja mnogo užii od okvira boniteta staništa ostalih glavnih vrsta drveća.

b) Uticaj stepena sklopa

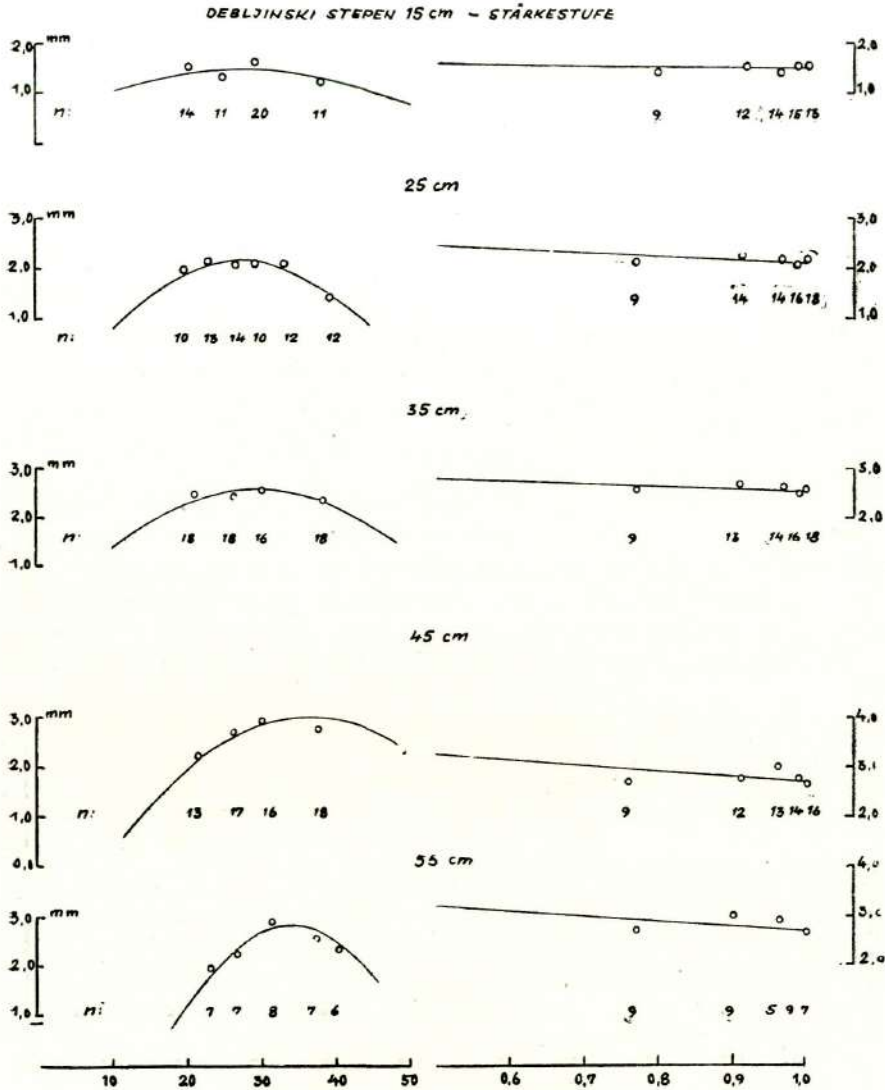
Uz srednju vrijednost boniteta staništa, prečnika srednjeg stabla sastojine i smjese hrasta, iz jednačina 8—12 dobivene su sljedeće jednačine koje izražavaju uticaj stepena sklopa na veličinu debljinskog prirasta za pojedine debljinske klase:

ZAVISNOST DEBLJINSKOG PRIRASTA STABLA OD NJEGOVE DEBLJINE I OD
 ABHÄNGIGKEIT DES STAMMSTÄRKEZUWACHSES VOM DURCHMESSER UND VON



SLIKA 4 - ABB 4

ZAVISNOST DEBLJINSKOG PRIRASTA STABLA OD NJEGOVE DEBLJINE I OD:
 ABHÄNGIGKEIT DES STAMMSTÄRKEZUWACHSES VOM DURCHMESSER VON:
 SREDNJEJ STABLA SASTOJINE: SMJESE HRASTA
 BESTANDMITTELSTAMM ANTEIL D EICHE



SLIKA 5 - ABB. 5

15 cm	$y = 3,500 - 4,375x_2 + 2,187x_2^2;$	18
25 cm	$y = 6,579 - 9,875x_2 + 4,937x_2^2;$	19
35 cm	$y = 6,001 - 7,619x_2 + 3,810x_2^2;$	20
45 cm	$y = 6,026 - 7,187x_2 + 3,594x_2^2;$	21
55 cm	$y = 5,753 - 6,625x_2 + 3,312x_2^2.$	22

Tokovi linija jednačina 18—22 koji izražavaju zavisnost debljinskog prirasta od stepena sklopa pokazani su na slici 4.

Dobiveni rezultati pokazuju da se smanjivanjem stepena sklopa debljinski prirast povećava. To povećanje izrazitije je u nižih debljinskih klasa (tanjih stabala). Smanjivanjem stepena sklopa povećava se osvijetljenost stabala, te hrast kao vrsta svjetla pri većoj osvijetljenosti bolje prirašćuje. Smanjivanjem stepena sklopa relativno povećanje osvijetljenosti mnogo je veće u tanjih stabala, pa, prema tome, i uticaj sklopa je veći u tankih nego u debelih stabala.

U svim debljinskim klasama povećanje debljinskog prirasta sa smanjenjem sklopa mnogo je izrazitije između stepeni 0,7 — 0,4 nego od 1,0 — 0,7. Ova pojava je u vezi sa projekcijom kruna. U rjeđim sastojinama projekcije kruna su veće, a mnogi istraživački radovi ukazuju na veliki uticaj veličine krune na debljinski prirast. Tako je Mitscherlich (21) ispitivao zavisnost debljinskog prirasta hrasta od veličine krune na dvije stalne ogledne površine jednakih boniteta staništa, starosti i zapremina, od kojih je jedna u mladosti uzgajana jakom, a druga slabom proredom. Tom prilikom je ustanovio da je debljinski prirast sastojine sa jakom proredom za 40% veći nego sastojine koja je rasla u gustom sklopu.

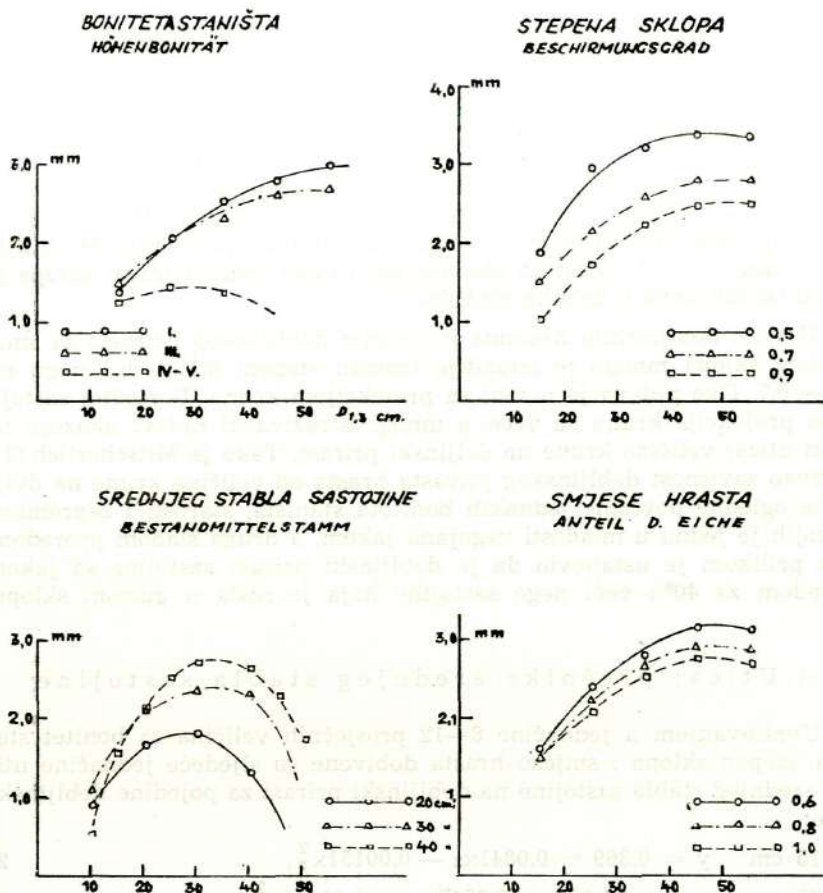
c) Uticaj prečnika srednjeg stabla sastojine

Uvrštavanjem u jednačine 8—12 prosječnih veličina za bonitet staništa, stepen sklopa i smjesu hrasta dobivene su sljedeće jednačine uticaja srednjeg stabla sastojine na debljinski prirast za pojedine debljinske klase:

15 cm	$y = 0,369 + 0,0841x_3 - 0,00151x_3^2;$	23
25 cm	$y = -1,097 + 0,2540x_3 - 0,00469x_3^2;$	24
35 cm	$y = -0,047 + 0,1864x_3 - 0,00315x_3^2;$	25
45 cm	$y = -1,973 + 0,2806x_3 - 0,00386x_3^2;$	26
55 cm	$y = -7,056 + 0,6039x_3 - 0,00887x_3^2.$	27

Rezultati jednačina 23—27 grafički su dati na slici 5. Dobiveni rezultati pokazuju da se sa porastom prečnika srednjeg stabla do približno 30 cm kod nižih debljinskih klasa i do 35 cm kod viših klasa — debljinski prirast povećava, a poslije toga opada. Uzrok ovoj pojavi mogao bi, po našem mišljenju, da bude sljedeći: sa porastom prečnika srednjeg stabla sastojine povećava se u sastojini i broj debljih stabala u odnosu na tanka. Pošto su deblja stabla ujedno i viša, to su im krune jače osvijetljene i imaju veći prostor za razvoj, pa, prema tome, i veći debljinski prirast.

ZAVISNOST DEBLJINSKOG PRIRASTA STABLA OD NJEGOVE DEBLJINE I OD:
 ABHÄNGIGKET DES STÄRKEZUWACHSES VON D BAUMSTÄRKE UND VON



Slika 6 — Abb. 6

d) Uticaj smjese hrasta

Iz jednačina 8—12, uz prosječne veličine boniteta staništa, stepena sklopa i prečnika srednjeg stabla sastojine, dobivene su sljedeće jednačine uticaja smjese hrasta na debljinski prirast:

15 cm	$y = 1,771 - 0,30x_4;$	29
25 cm	$y = 2,846 - 0,75x_4;$	30
35 cm	$y = 3,047 - 0,50x_4;$	31
45 cm	$y = 3,739 - 1,00x_4;$	32
55 cm	$y = 3,713 - 1,00x_4.$	33

Pravci prednjih jednačina prikazani su na slici 5. Iz dobivenih rezultata proizilazi da je uticaj ovog taksacionog elementa na debljinski prirast mnogo manji od uticaja prethodnih taksacionih elemenata.

Sa smanjivanjem smjese hrasta, odnosno sa povećanjem udjela drugih vrsta, debljinski prirast se postepeno povećava. Ova pojava može se objasniti biološkim položajem hrastovih stabala u mješovitim sastojinama hrasta sa drugim vrstama drveća. Hrast kao vrsta svjetla u mješovitim sastojinama hrasta i drugih vrsta drveća u borbi za opstanak obrazuje gornji sprat. Ukoliko je smjesa hrasta manja, utoliko je i manji broj stabala u gornjem spratu, te njihova stabla imaju više prostora za razvitak krune, a usljed toga i veći debljinski prirast. Prema tome, mješovitost djeluje pozitivno na debljinski prirast hrasta.

Do sličnih rezultata došao je i Bonneman (1). Međutim, Milojković je u svojim istraživanjima hrasta lužnjaka u gornjem Sremu došao upravo do obrnutih rezultata i navodi da razlog negativnog djelovanja mješovitosti na debljinski prirast hrasta u istraživanim sastojinama može da bude dvojak: velika razrijeđenost analiziranih čistih sastojina i specifičan način postanka mješovitih sastojina hrasta — graba (18).

e) Uticaj debljine stabla

Do rezultata uticaja debljine stabla na debljinski prirast došli smo na sljedeći način:

Uvrštavanjem u jednačine 8—12 prosječnih vrijednosti za bonitet staništa (x_1), stepen sklopa (x_2), prečnik srednjeg stabla (x_3) i smjesu hrasta (x_4) dobivene su veličine debljinskog prirasta u pojedinim debljinskim klasama za srednje vrijednosti nezavisnih promjenljivih. Dobivene prosječne vrijednosti grafički su izravnate krivom linijom koja izražava prosječan uticaj debljine stabla na veličinu debljinskog prirasta, sl. 3.

Iz linije debljinskog prirasta prikazane na slici 3 može se zaključiti da se u prebornim sastojinama hrasta srednjih prilika sa povećanjem debljine stabla približno do 50 cm prsnog prečnika debljinski prirast povećava, a poslije toga opada, tj. krivulja toka debljinskog prirasta u istraživanim sastojinama ima oblik parabole, što je karakteristično za debljinski prirast u prebornim šumama.

Po jednačinama 13—17 izračunate su veličine debljinskog prirasta za bonitetne razrede I, III i IV/V uz prosječne vrijednosti za stepen sklopa, prečnik srednjeg stabla sastojine i smjesu hrasta. Dobivene veličine nanosene su na slici 6 i grafički izravnate s krivim linijama koje izražavaju zavisnost veličine debljinskog prirasta stabla od njegove debljine i od boniteta staništa. Zbog relativno malog broja oglednih površina IV i V bonitetnog razreda ova dva bonitetna razreda uzeta su zajedno.

Analogno po jednačinama 18—22 izračunate su veličine debljinskog prirasta za stepene sklopa 0,5, 0,7 i 0,9; po jednačinama 23—27 za prečnike srednjeg stabla sastojine 20, 30 i 40 cm, a po jednačinama 29—33 za smjese hrasta 0,6, 0,8 i 1,0. Dobiveni rezultati su predstavljeni na slici 6.

Na slici 6 prikazan je uticaj debljine stabla na debljinski prirast različitih boniteta staništa, različitih stepeni sklopa, različitih prečnika srednjih stabala sastojine i različite smjese hrasta.

Iz tokova linija, koje te zavisnosti izražavaju, proizilazi sljedeće:

- a) Na lošijem bonitetu staništa debljinski prirast kulminira pri mnogo tanjim debljinskim stepenima nego na boljim bonitetima. Tako, dok na najlošijim staništima debljinski prirast kulminira pri debljinskom stepenu 30 cm, na najboljim bonitetima staništa kulminacija debljinskog prirasta nije još nastupila ni pri debljinskom stepenu 50 cm.
- b) Smanjivanjem stepena sklopa kulminacija debljinskog prirasta nastupa pri tanjim debljinskim stepenima. Do ovog dolazi zbog toga što je smanjenjem stepena sklopa relativno povećanje debljinskog prirasta veće kod tanjih nego kod debljih stabala.
- c) Pri manjem prečniku srednjeg stabla sastojine kulminira debljinski prirast kod tanjih stabala ili, drugim riječima, u sastojinama sa tanjim stablima, pa, prema tome, i mladim sastojinama, debljinski prirast kulminira ranije nego u sastojinama sa debljim stablima, odnosno u starijim sastojinama.
- d) U mješovitim sastojinama hrasta sa drugim vrstama drveća kulminacija debljinskog prirasta za sve tri navedene kombinacije smjese hrasta nastupa približno pri istom debljinskom stepenu.

2) Veličina debljinskog prirasta

Rezultati analize uticaja boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika sastojine i smjese hrasta poslužili su za izradu tablica debljinskog prirasta. Prilikom izrade tablica debljinskog prirasta postupljeno je na isti način kao i pri izradi tablica zapreminskog prirasta, gdje smo izložili suštinu primijenjenog postupka. Stoga ćemo se ovdje ograničiti samo na najbitnije.

Tabela 9

d _s cm	Prsni prečnik u cm				
	15	25	35	45	55
	debljinski prirast u mm				
18	1,395	1,956	2,286	1,829	0,939
20	1,449	2,107	2,422	2,097	1,473
22	1,491	2,222	2,528	2,334	1,935
24	1,520	2,298	2,610	2,541	2,327
26	1,537	2,337	2,667	2,717	2,645
28	1,543	2,331	2,700	2,861	2,896
30	1,537	2,303	2,707	2,976	3,075
32	1,518	2,229	2,689	3,058	3,182
34	1,487	2,119	2,645	3,110	3,219
36	1,445	1,970	2,577	3,131	3,184
38	1,390	1,784	2,483	3,121	3,079
40	1,323	1,561	2,364	3,082	2,900

Po jednačinama 23—27 izračunat je debljinski prirast stabala prsnih prečnika 15, 25, 35, 45 i 55 cm u zavisnosti od prečnika srednjeg stabla sastojine. Rezultati su dati u tabeli 9.

Faktori za bonitetne razrede I—V dobiveni su iz odnosa rezultata koje daju jednačine 13—17 i 8—12. Faktori su dati u tabeli 10.

Tabela 10

Debljinski stepen cm	Bonitetni razred				
	I	II	III	IV	V
	faktor množenja				
15	0,9718	1,0383	1,0430	0,9865	0,8662
25	1,0168	1,0645	1,0126	0,8621	0,6134
35	1,0481	1,0691	0,9744	0,7644	0,4387
45	1,0390	1,0386	0,9582	0,7977	0,5572
55	1,0445	0,9747	0,9455	—	—

Iz odnosa rezultata koje daju jednačine 18—22 i 8—12 dobiveni su faktori za stepen sklopa od 0,4 do 1,0. Tabela 11.

Tabela 11

Debljinski stepen cm	Stepen sklopa						
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	faktor množenja						
15	1,3927	1,2313	1,0968	0,9960	0,9220	0,8783	0,8628
25	1,5984	1,3446	1,1365	0,9752	0,8597	0,7887	0,7672
35	1,3839	1,2213	1,0881	0,9849	0,9107	0,8665	0,8552
45	1,3317	1,1902	1,0751	0,9850	0,9207	0,8821	0,8695
55	1,3030	1,1725	1,0656	0,9828	0,9229	0,8878	0,8752

Faktori za smjesu hrasta dobiveni su iz odnosa rezultata koje daju jednačine 29—33 i 8—12. Ovi faktori nalaze se u tabeli 12.

Tabela 12

Debljinski stepen cm	Smjesa hrasta				
	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	faktor množenja				
15	1,0699	1,0498	1,0296	1,0094	0,9892
25	1,1201	1,0851	1,0500	1,0150	0,9799
35	1,0664	1,0470	1,0276	1,0082	0,9887
45	1,1219	1,0861	1,0504	1,0147	0,9789
55	1,1165	1 0807	1,0448	1,0090	0,9731

Pomoću tabela 9—12 izračunat je debljinski prirast po debljinskim klasama za svaku oglednu površinu na bazi njihovih stvarnih vrijednosti za bonitet staništa, stepen sklopa, prečnik srednjeg stabla hrasta i smjesu hrasta.

Upoređenje debljinskog prirasta dobivenog pomoću tablica (y) sa stvarno mjerenim debljinskim prirastom (Y) dalo je:

$$Sz = SY - Sy = 702,6 - 702,3 = - 0,3.$$

Iako dobivena suma rezidijuma nije ravna nuli, korekciju u tabeli nismo vršili zbog toga što su ta odstupanja tako mala da ni korigovani rezultati ne bi dali druge rezultate.

$$Sz^2 = 67,70,$$

$$\sigma_z^2 = 0,223432,$$

$$\sigma_y^2 = 0,637434,$$

$$\bar{R} = \sqrt{1 - \left(\frac{0,223432}{0,637434}\right) \left(\frac{303 - 1}{303 - 40}\right)} = 0,773.$$

Pošto je korelacioni koeficijent tabličnih podataka nešto veći od korelacionog koeficijenta izračunatog na bazi funkcije, to tablični podaci treba da daju i nešto tačnije rezultate od onih koji bi se dobili po jednačinama višestruke regresije.

Što se tiče veličine debljinskog prirasta u istraživanim hrastovim sastojinama, prirast se kreće od 1,0—3,7 mm; u prosjeku je 2,3 mm, što dovodi do zaključka da su godovi uski, odnosno da je hrastovima u istraživanim sastojinama fine strukture sposobna za proizvodnju furnirskog drveta.

Teško je vršiti poređenja tabličnih podataka debljinskog prirasta hrasta sa podacima drugih autora (stranih i domaćih) zbog toga što je prilikom obrada naših podataka primijenjen sasvim drugi metod rada.

Radi sticanja približnog uvida o veličini debljinskog prirasta uporedili smo prosječne veličine tekućeg prirasta istraživanih sastojina sa podacima Bonnemann-a (1), Mitscherlich-a (21), Klepca (10) i Milojkovića (18).

Godišnji debljinski prirast u prosjeku je:

po Bonnemann-u	5,0 mm,
po Mitscherlich-u	3,5 mm,
po Klepcu	2,6 mm,
po Milojkoviću	3,7 mm,
naši podaci	2,3 mm.

Iz ovog upoređenja proizilazi da je debljinski prirast u istraživanim sastojinama znatno manji od debljinskog prirasta hrastovih šuma u oblasti Wiesbadena i Schwarzwalda u Njemačkoj i hrastovih šuma gornjeg Srema, a približno jednak debljinskom prirastu šume hrasta kitnjaka na Dilju.

Potrebno je, međutim, napomenuti da je određeni debljinski prirast pomoću izvrtaka (metodom bušenja), kako su to ranija ispitivanja pokazala (28), nešto manji od stvarnog. Ovo je zbog toga što se tim metodom ne obuhvata prirast kore, a, osim toga, što se često mjere godovi na osušenim izvrcima. Postoji mogućnost i treće negativne sistematske greške, a ta je da se prilikom uvrtaanja svrdla godovi zbijaju.

II. ZAPREMINSKI PRIRAST SASTOJINE

Glavni zadatak ovoga rada jeste, kako je to ranije istaknuto, utvrđivanje zapreminskog prirasta hrastovih sastojina, kao i njegove zavisnosti od boniteta staništa, stepena sklopa, sastojinskog srednjeg stabla i smjese hrasta, tj. od onih taksacionih elemenata kojima operiše naša uređajna praksa i koji se inače prikupljaju pri taksacionim radovima u svrhu uređivanja šume.

Način na koji je određen zapreminski prirast za pojedine ogledne površine izložen je jednim primjerom u poglavlju »Obrada podataka oglednih površina«.

Dobivene veličine zapreminskog prirasta za pojedine ogledne površine, koje su poslužile kao osnovni materijal za regresione analize, date su u tabeli 8 kol. 9.

Pri regresionim analizama kao prvi zadatak postavlja se izbor one funkcije za pojedine nezavisne promjenljive koja će najbolje odgovarati uticaju svake od njih na razmatranu zavisnu promjenljivu (u konkretnom slučaju na zapreminski prirast sastojine).

Budući da nismo sigurno znali kako utiču promjene boniteta staništa, stepena sklopa, prečnika srednjeg stabla sastojine i smjese hrasta na zapreminski prirast sastojine, to smo pošli od pretpostavke da su uticaji svih pobrojanih taksacionih elemenata linearni. Na osnovu te pretpostavke za prvu aproksimaciju odabrali smo sljedeću jednačinu višestruke regresije:

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + cx_4.$$

Rješenjem sistema normalnih jednačina metodom najmanjih kvadrata dobili smo veličine parametara a, b, c i d. Uvrštavanjem dobivenih veličina parametara u jednačinu 34 izračunali smo zapreminski prirast pojedinačno za svaku oglednu površinu i izračunali residue.

Tokovi nanesenih tačaka residuala oko grafički prikazanih linija trenda uticaja pojedinih nezavisnih promjenljivih na zapreminski prirast pokazali su da se uticaji svih nezavisnih promjenljivih mogu bolje izraziti jednačinom parabole drugog reda. Zato smo za drugu aproksimaciju odabrali sljedeću jednačinu višestruke korelacije:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + c_1x_2 + c_2x_2^2 + d_1x_3 + d_2x_3^2 + c_1x_4 + c_2x_4^2. \quad 35$$

Pošto druga aproksimacija nije dala zadovoljavajuće rezultate u pogledu uticaja stepena sklopa i prečnika srednjeg stabla sastojine na zapreminski prirast, to smo popravku jednačine 35 izvršili sukcesivnim aproksimacijama. Nakon nekoliko aproksimacija dobivena je sljedeća jednačina višestruke korelacije:

$$y = 3,464652 - 0,764706x_1 - 0,038975x_1^2 - 3,934229x_2 + 5,036164x_2^2 - 0,062432x_3 + 0,000649x_3^2 + 5,677524x_4 - 1,608026x_4^2. \quad 36$$

Upoređenje izračunatog zapreminskog prirasta po jednačini 36 za sve ogledne površine sa izvornim podacima dalo je sljedeći rezultat:

$$S_z = S_Y - S_y = 291,58 - 294,24 = 2,66 \text{ m}^3.$$

Znači da suma residijuma u ovom slučaju nije ravna nuli. Zbog toga smo izvršili korekciju veličine slobodnog parametra a u jednačini 36. Naime, veličinu parametra a umanjili smo za:

$$\frac{S_Y - S_y}{n} = \frac{291,58 - 294,24}{71} = 0,0375.$$

Nakon izvršene popravke jednačina višestruke regresije konačno glasi:

$$y = 3,427093 - 0,764706x_1 - 0,038975x_1^2 - 3,934229x_2 + 5,036164x_2^2 - 0,062432x_3 + 0,000649x_3^2 + 5,677524x_4 - 1,608026x_4^2. \quad 37$$

Ponovno izračunavanje zapreminskog prirasta po funkciji 37 za sve ogledne površine dalo je sljedeće rezultate:

$$S_z = 291,58 - 291,58 = 0$$

$$\sigma_z^2 = \frac{44,7418}{71} = 0,630166$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1324,0788}{71} - 16,865477 = 1,783522$$

$$\bar{R} = \sqrt{1 - \left(\frac{0,630166}{1,783522} \right) \left(\frac{71-1}{71-9} \right)} = 0,7753 = 0,78.$$

Budući da dobiveni koeficijent višestruke korelacije pada u areal visoke korelacije (0,75—0,90), može se zaključiti da jednačina 37 dobro izražava zavisnost zapreminskog prirasta od obuhvaćenih taksacionih elemenata.

Funkcije uticaja pojedinih nezavisnih faktora na veličinu zapreminskog prirasta koje su na poznati način dobivene iz jednačine 37 glase:

za bonitet staništa

$$y = 5,920334 - 0,764705x_1 - 0,038975x_1^2, \quad 38$$

za stepen sklopa

$$y = 4,304387 - 3,934229x_2 + 5,036164x_2^2, \quad 39$$

za prečnik srednjeg stabla sastojine

$$y = 5,330223 - 0,062423x_3 + 0,000648x_3^2, \quad 40$$

za smjesu hrasta

$$y = 0,192429 + 5,677524x_4 - 1,608026x_4^2. \quad 41$$

Jednačine 38—41 pokazuju kako se mijenja prirast zapremine sastojine sa promjenom boniteta staništa, stepena sklopa, prečnika srednjeg stabla sastojine i smjese hrasta, uz uslov da su ostala tri nezavisna faktora u jednačinama jednaka njihovim prosječnim vrijednostima, dakle da su konstantni ili, matematički izraženo: razdvojeni su uticaji četiri nezavisne promjenljive koje međusobno djeluju. Tako, npr., jednačina 38 pokazuje kako se mijenja prirast zapremine sastojine sa promjenom boniteta staništa ako su pri tome stepen sklopa, srednji prečnik sastojine i smjesa hrasta svedeni na njihove srednje veličine. Pošto uticaji ostalih faktora nisu zanemareni, nego su svedeni na srednje veličine, to se u uticaju boniteta staništa kao glavnom uticaju nevidljivo nalaze uticaji stepena sklopa, srednjeg prečnika i smjese hrasta.

Na ovo smo se osvrnuli, odnosno podsjetili stoga što za pojavu koja zavisi od više faktora koji međusobno djeluju postupne analize njene zavisnosti od jednog, drugog i ostalih faktora (analize koje zanemaruju uticaje ostalih faktora) ne daju realne rezultate. Kako su u većini istraživačkih radova koji se bave ispitivanjem prirasta, a kojima raspoložemo, primijenjene postupne analize — jednostavne korelacije, to se i dobiveni rezultati često razlikuju od naših do te mjere da su i suprotni, tako da se upoređenja uopšte ne mogu vršiti.

Rezultati dobiveni po funkcijama 38—41 koje izražavaju zavisnost zapreminskog prirasta sastojine od boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg stabla sastojine i smjese hrasta pokazani su grafički na slici 7.

1. Uticaj taksacionih elemenata na zapreminski prirast sastojine

Iz analize numeričkih podataka i grafikona toka linija koje označavaju uticaj pojedinih taksacionih elemenata na veličinu zapreminskog prirasta proizilazi sljedeće:

a) Uticaj boniteta staništa

Na veličinu zapreminskog prirasta od obuhvaćenih taksacionih elemenata najviše uticaja ima bonitet staništa. Sa lošijim bonitetom zapreminski prirast sastojine naglo opada. Tako, na I bonitetu staništa hrast prirašćuje intenzivnije za 1,6 puta nego na III bonitetu, a 4,6 puta intenzivnije nego na V bonitetu staništa.

Znači, iako je hrast u pogledu tla vrlo skroman ukoliko mu odgovaraju klimatski uslovi (temperatura i vlaga), ipak za proizvodnju drvne mase odlučujući je bonitet staništa. Mali intenzitet prirašćivanja hrasta na V bonitetu staništa pokazuje da ta staništa ne odgovaraju hrastovim sastojinama.

Rezultati do kojih smo došli u pogledu zavisnosti zapreminskog prirasta od boniteta staništa razlikuju se od tvrđenja Prodana, koji navodi: »Svi dosadašnji radovi su pokazali da je kod hrasta razlika u prirastu između boniteta često vrlo mala i vrlo nesigurna« (24). Do ovih razlika moglo je doći jedino zbog različitog načina obrade prikupljenog materijala o kome je malo prije bilo riječi.

Matić (14) je u svojim istraživanjima mješovitih sastojina jele, smrče i bukve također došao do rezultata da sa lošijim bonitetom staništa opada i zapreminski prirast.

b) Uticaj stepena sklopa

Tok linije zapreminskog prirasta u funkciji stepena sklopa pokazuje da se zapreminski prirast povećava sa povećanjem stepena sklopa, što je i logično. To povećanje teče krivolinijski, s tim što je stepen penjanja krivulje mnogo jači između većih stepeni sklopa (0,7—1,0). Ta pojava, po našem mišljenju, mogla bi se objasniti uticajem stepena sklopa na debljinski prirast.

Analiza debljinskog prirasta pokazala je da je tok krive linije koja odražava uticaj sklopa na veličinu debljinskog prirasta upravo obrnut od linije zapreminskog prirasta. Sa smanjenjem stepena sklopa debljinski se prirast povećava, i to povećanje između dva susjedna stepena sklopa veće je pri nižim (0,4—0,7) nego pri višim (0,7—1,0) stepenima sklopa. Razlozi su navedeni uz analizu uticaja stepena sklopa na debljinski prirast. Veće povećanje debljinskog prirasta povlači sa sobom i veće povećanje zapreminskog prirasta i na taj način se pri prvim (nižim stepenima sklopa) između dva susjedna stepena više smanjuju razlike nego pri drugim (0,7—1,0).

c) Uticaj prečnika srednjeg stabla sastojine

Iz toka krivulje zavisnosti tekućeg zapreminskog prirasta od sastojinskog srednjeg stabla proizilazi da sa povećanjem prečnika sastojinskog srednjeg stabla zapreminski prirast u prebornoj sastojini opada. Znači, što je udio tanjih stabala u sastojini veći, to je veći i njen zapreminski prirast. Ova konstatacija je u saglasnosti sa poznatom pojavom u jednodobnim hrastovim sastojinama da tekući zapreminski prirast kulminira u starosti od 30—60 godina (amplituda od 30—60 zavisi od boniteta staništa), ili u prosjeku 45 godina, a zatim sa povećanjem starosti zapreminski prirast opada.

Poređenje toka krivulje zavisnosti tekućeg zapreminskog prirasta od prečnika sastojinskog srednjeg stabla sa prinostnim tablicama Wiedemann—Schober (29) za umjerenu proredu pokazuje da postoje izvjesna odstupanja u pogledu opadanja zapreminskog prirasta sa povećanjem prečnika srednjeg stabla sastojine, odnosno sa povećanjem starosti sastojine.

Iz toka krivulje (slika 7) proizilazi da u istraživanim hrastovim sastojinama zapreminski prirast pri prečnicima srednjih stabala od 40 cm naviše ostaje približno isti, dok tablični podaci za jednodobne sastojine pokazuju da zapreminski prirast i u starim hrastovim sastojinama sa većom starošću opada. To ukazuje da je u starim hrastovim sastojinama, u kojima se gazduje na preborni način, zapreminski prirast veći nego u jednodobnim sastojinama. Ta pojava mogla bi se objasniti većim učešćem tanjih stabala u prebornim sastojinama, pa, prema tome, i većim zapreminskim prirastom.

d) Uticaj smjese hrasta

Uz prosječne veličine ostalih taksacionih elemenata, hrast u mješovitim sastojinama ima manji zapreminski prirast nego u čistim hrastovim sastojinama. Smanjenjem smjese hrasta smanjuje se i broj hrastovih stabala na jedinici površine, a manji broj stabala doprinosi i manjem ukupnom zapreminskom prirastu hrasta.

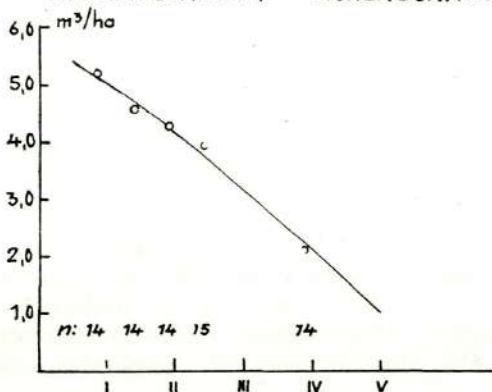
Radi razmatranja tekućeg zapreminskog prirasta mješovitih i čistih hrastovih sastojina u cjelini, preračunali smo zapreminski prirast mješovitih sastojina na čiste hrastove sastojine na taj način što smo utvrđeni zapreminski prirast hrasta u mješovitoj sastojini podijelili sa smjesom hrasta. Preračunavanje smo izvršili za 43 ogledne površine mješovitih sastojina hrasta sa ostalim vrstama drveća, izuzimajući mješovite sastojine hrasta sa cerom, za koje smo posebno izvršili preračunavanje.

Za 43 ogledne površine dobivene su slijedeće prosječne veličine:

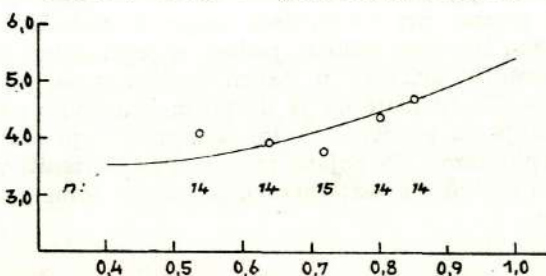
Za prosječnu smjesu hrasta 0,93 prosječan zapreminski prirast u cjelini je 4,750 m³/ha, a preračunat na čiste hrastove sastojine — 4,672 m³/ha. Dakle, u odnosu na čiste hrastove sastojine u mješovitim sastojinama, uz smjesu drugih vrsta za 7%, povećava se zapreminski prirast sastojine u cjelini sa 1,7%.

ZAVISNOST TEKUCEG ZAPREMIKSKOG PRIRASTA SASTOJINE OD:
 ABHÄNGIGKEIT D. LAUF. BESTANDESMASSENZUWACHSES VON:

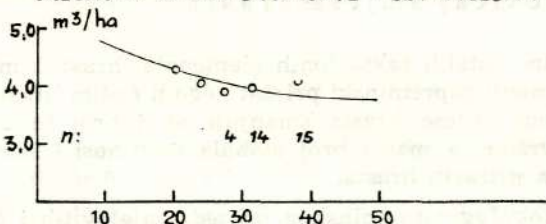
BONITETASTANISTA - HÖHENBONITÄT



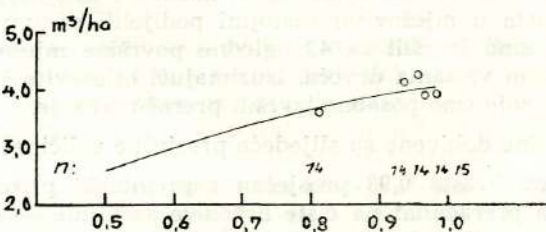
STEPENA SKLOPA - BESCHÜRMUNGSGRAD



SREDNJEG STABLA SASTOJINE - BESTANDESMITTELSTAMM



SMJESE HRASTA - ANTEIL D. EICHE



SLIKA 7 - ABB.7

Zbog malog broja oglednih površina sa većim udjelom drugih vrsta nismo mogli detaljnije proučiti uticaj stepena smjese na zapreminski prirast u cjelini.

Milojković (18) također je u svojim istraživanjima u jednodobnim šumama hrasta lužnjaka u gornjem Sremu došao do rezultata da mješovita sastojina hrasta-graba ima veći tekući zapreminski prirast od čiste hrastove sastojine jednake starosti i boniteta.

Posebno smo preračunali zapreminski prirast mješovitih sastojina hrasta i cera na čiste hrastove sastojine. U ovim sastojinama između hrastovih i cerovih stabala postoje velike disproporcije u raspodjeli stabala po debljinskim stepenima. Prilikom redovnih sječa cerova stabla nisu sječena, tako da se mnogo veći broj stabala cera nalazi u najjačim debljinskim stepenima u odnosu na hrastova stabla. S obzirom na činjenicu da sa povećanjem srednjeg stabla sastojine zapreminski prirast opada, to je i preračunati zapreminski prirast na čiste hrastove sastojine ispao veći nego u mješovitim sastojinama hrasta i cera.

Za 10 oglednih površina dobivene su sljedeće prosječne veličine:

Smjesa hrasta 0,87

zapreminski prirast mješovite sastojine hrast—cer . . . 4,111 m³/ha,
 zapreminski prirast preračunat na čiste hrastove sastojine 4,475 m³/ha.

2) Veličina zapreminskog prirasta sastojine

U poglavlju o regresionim analizama navedeno je da se po regresionim funkcijama primijenjenog oblika mogu izračunati veličine zavisne promjenljive (y) — u konkretnom slučaju zapreminski prirast sastojine — ako su veličine nezavisnih promjenljivih (x_1, x_2, x_3 i x_4) za tu sastojinu jednake prosječnim veličinama istih nezavisnih promjenljivih ispitivanih oglednih površina. Ako veličine za nezavisne promjenljive odstupaju od navedenih prosječnih veličina, onda se pomoću primijenjene funkcije dobivaju samo približni rezultati. Ukoliko je to odstupanje veće, utoliko su i dobiveni rezultati manje tačni. Taj nedostatak primijenjenih regresionih funkcija otklonjen je posebnim postupkom zasnovanim na pretpostavci jednakih relativnih uticaja nezavisnih promjenljivih na zapreminski prirast sastojine.

Za lakše razumijevanje i obrazloženje tako dopunjenog metoda višestruke regresione analize poslužit ćemo se primjerima.

Pomoću funkcija 38—41 uz prosječne veličine nezavisnih promjenljivih, čiji se uticaj ne razmatra, dobivene su veličine zapreminskog prirasta sastojine (y):

Po funkciji 38 za različite bonitetne razrede (x_1), kada je

\bar{x}_2, \bar{x}_3 i \bar{x}_4

za x_1 :	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0,
y =	5,116	4,235	3,275	2,273	1,122 m ³ /ha.

Po funkciji 39 za različite stepene sklopa (x_2), kada je

\bar{x}_1, \bar{x}_3 i \bar{x}_4

za x_2 :	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$y =$	3,536	3,596	3,756	4,018	4,380	4,843	5,406 m ³ /ha

Po funkciji 40 za različite prečnike srednjih stabala (x_3), kada je

\bar{x}_1, \bar{x}_2 i \bar{x}_4

za x_3 :	15	20	30	40 cm,
$y =$	4,540	4,340	4,041	3,871 m ³ /ha.

Po funkciji 41 za različite smjese hrasta (x_4), kada je

\bar{x}_1, \bar{x}_2 i \bar{x}_3

za x_4 :	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00,
$y =$	3,020	3,378	3,705	3,999	4,262 m ³ /ha

Funkcija 37 daje zapreminski prirast sastojine po 1 ha za $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3$ i \bar{x}_4 . On iznosi:

$$y = 4,1067 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

Sada se postavlja pitanje kako se mijenja zapreminski prirast sastojine ako se istovremeno mijenjaju veličine svih nezavisnih promjenljivih. Za odgovor na ovo pitanje poslužit ćemo se primjerima.

1. primjer

Čista hrastova sastojina II bonitetnog razreda, stepena sklopa 0,7 i prečnika srednjeg stabla sastojine $d_s = 30$ cm. Koliki je zapreminski prirast sastojine (Z_t^V) = ?

Pomoću funkcija 38—41 izračunati zapreminski prirast sastojine je:

po funkciji 38 za II bonitetni razred	4,235 m ³ /ha,
po funkciji 39 za stepen sklopa 0,7	4,380 m ³ /ha,
po funkciji 40 za $d_s = 30$ cm	4,041 m ³ /ha,
po funkciji 41 za smjesu hrasta 1,0	4,262 m ³ /ha.

Za izračunavanje zapreminskog prirasta sastojine u navedenom primjeru polazi se od bilo koje od funkcija 38—41. Tako, ako se pođe od funkcije 38 koja izražava uticaj boniteta staništa na zapreminski prirast sastojine pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente (nezavisne promjenljive), do zapreminskog prirasta sastojine dolazi se ako se određeni zapreminski prirast za II bonitetni razred pomnoži sa odnosima:

$$\frac{\text{zapreminski prirast za stepen sklopa 0,7}}{\text{prosječni zapreminski prirast}}$$

$$\frac{\text{zapreminski prirast za } d_s = 30 \text{ cm}}{\text{prosječni zapreminski prirast}}$$

$$\frac{\text{zapreminski prirast za smjesu hrasta 1.0}}{\text{prosječni zapreminski prirast}}$$

U daljem tekstu ove odnose nazivamo faktorima.

Prema izloženom, zapreminski prirast navedene sastojine je:

$$Z_t^v = 4,235 \cdot \frac{4,380}{4,1067} \cdot \frac{4,041}{4,1067} \cdot \frac{4,262}{4,1067} = 4,61 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

2. primjer

Mješovita sastojina hrasta—bukve IV bonitetnog razreda, stepena sklopa 0,5, d_s hrasta = 20 cm i smjesa hrasta 0,7.

$$Z_t^v = 2,273 \cdot \frac{3,596}{4,1067} \cdot \frac{4,340}{4,1067} \cdot \frac{3,378}{4,1067} = 1,73 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

Prema tome, ovaj dopunjeni metod višestruke regresione analize omogućuje izračunavanje zapreminskog prirasta za svaku konkretnu sastojinu ukoliko se, kako je to već istaknuto, veličine nezavisnih promjenljivih (x_1 , x_2 , x_3 i x_4) konkretne sastojine nalaze u granicama varijacionih širina istih nezavisnih promjenljivih ispitivanih oglednih površina, a one iznose:

za bonitet staništa (x_1):	od 0,5—5,0
za stepen sklopa (x_2):	od 0,4—1,0
za d_s (x_3):	od 18—41 cm
za smjesu hrasta (x_4):	od 0,65—1,00.

Pošto tablice treba da daju veličinu zapreminskog prirasta uz svaku kombinaciju nezavisnih promjenljivih, to smo pri izradi tablica pošli od funkcije 40, koja izražava uticaj prečnika srednjeg stabla sastojine na veličinu zapreminskog prirasta. Ovu funkciju kao polaznu odabrali smo zbog toga što je prečnik srednjeg stabla sastojine od svih obuhvaćenih taksacionih elemenata najviše detaljisan ako se uzmu stepeni od 1 cm.

Po funkciji 40 dobivene veličine zapreminskog prirasta navedene su u tabeli 13.

Tabela 13

d_s cm	Z_v m^3/ha	d_s cm	Z_v m^3/ha	d_s cm	Z_v m^3/ha
18	4,417	26	4,146	34	3,957
19	4,378	27	4,117	35	3,940
20	4,341	28	4,091	36	3,923
21	4,305	29	4,065	37	3,902
22	4,271	30	4,041	38	3,894
23	4,237	31	4,018	39	3,882
24	4,205	32	3,997	40	3,871
25	4,174	33	3,976	41	3,161

Iz odnosa rezultata koji daju funkcije 38 i 37 izračunati su faktori za bonitetne razrede. Oni su:

x_1	I	II	III	IV	V,
faktor =	1,2458	1,0312	0,7975	0,5535	0,2732.

Iz odnosa funkcija 39 i 37 faktori za stepen sklopa su sljedeći:

x_2 :	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0,
faktor =	0,8610	0,8756	0,9146	0,9784	1,0665	1,1793	1,3164.

Iz odnosa jednačina 41 i 37 dobiveni su faktori za smjesu hrasta:

x_4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0,
faktor =	0,7354	0,8226	0,9022	0,9738	1,0378.

Pomoću podataka u tabeli 14 i prednjih faktora izračunali smo zapreminski prirast za pojedine ogledne površine i residijume, a zatim koeficijent višestruke korelacije \bar{R} .

$$\bar{R} = \sqrt{1 - \left(\frac{0,5890267}{1,7835195} \right) \left(\frac{71 - 1}{71 - 9} \right)} = 0,792.$$

Da bi se uprostio rad pri određivanju zapreminskog prirasta, kombinacijom faktora sastavljene su za čiste hrastove sastojine trouglaste tablice zapreminskog prirasta, iz kojih se za sve kombinacije taksacionih elemenata (bonitetnog razreda, d_s i stepeni sklopa) zapreminski prirast direktno očitava, a za mješovite sastojine očitana veličina iz tablica množi se sa faktorom smjese.

Tablice su posebno štampane.

Pošto je postignut koeficijent višestruke korelacije tabličnih podataka nešto veći od koeficijenta koji proizilazi iz funkcije, to i tablice treba da daju dovoljno realne rezultate. Veličina koeficijenta višestruke korelacije tabličnih podataka ujedno ukazuje na ispravnost pretpostavke jednakih relativnih uticaja obuhvaćenih taksacionih elemenata na veličinu zapreminskog prirasta.

Radi dobivanja uvida u veličinu zapreminskog prirasta koju daju naše tablice u odnosu na tablice drugih autora, potrebno je izvršiti upoređenje. Međutim, zbog primjene sasvim drugog metoda rada pri izradi naših tablica i različitog načina primjene tablica, nismo u mogućnosti da izvršimo tačnije upoređenje. Da bismo došli samo do opšteg upoređenja sa tablicama Wiedemann-Schobera (29) i Mitscherlicha (21), deduktivnim putem došli smo do istih ulaza u tablice. Ova, iako samo orijentaciona upoređenja, pokazuju da su naše bonitetne visinske krivulje niže približno za polovinu bonitetnog razreda Wiedemann-Schoberovih tablica, a u odnosu na bonitetne krivulje Mitscherlicha skoro za cio bonitetni razred. Znači, sastojinska srednja stabla naših oglednih površina pri istom prečniku imaju manju visinu nego što je daju navedene tablice. Ova razlika u odnosu prečnik—visina uslovlila je i manji zapreminski prirast po našim tablicama i to približno za 12% od Wiedemann-Schoberovih, a 19% od Mitscherlichovih tablica. Ako se uzmu kao baza ista visina i isti prečnik onda je zapreminski prirast po našim i navedenim tablicama približno isti.

Da bismo dobili uvid u veličinu zapreminskog prirasta hrastovih sastojina u odnosu na sastojine drugih vrsta drveća, uporedili smo naše rezultate sa rezultatima koje su dobili Matić (14) za jelu, smrču i bukvu, Drnić (5) za crni bor i Stojanović (25) za bijeli bor. Upoređivanje smo izvršili za I, III, i V bonitetni razred uz stepen sklopa 0,7 i prečnike srednjih stabala za I bonitetni razred $d_s = 40$ cm, za III bon. razred $d_s = 30$ cm i za V bon. razred $d_s = 20$ cm, tj. za srednje prečnike koji ne odstupaju mnogo od njihovih srednjih veličina odgovarajućih bonitetnih razreda. Dobiveni rezultati dati su u tabeli 14.

Tabela 14

Vrsta drveta	Stepen sklopa	Bonitetni razred		
		I	III	V
		Prečnik srednjeg stabla sastojine		
		40	30	20
		Zv m ³ /ha		
hrast	0,7	4,9	3,3	1,2
bukva		7,3	5,7	4,9
jela		10,3	9,9	6,3
smrča		6,4	6,7	5,5
bijeli bor		5,1	4,6	4,0
crni bor		4,7	3,6	1,5

Iz tabele 14 vidi se da hrastove sastojine u pogledu zapreminskog prirasta stoje na posljednjem mjestu ili da se približno izjednačavaju sa sastojinama crnog bora s tom razlikom što je zapreminski prirast hrastovih sastojina u I bonitetnom razredu veći od zapreminskog prirasta crnog bora, a u III i V bonitetnom razredu manji.

Tabela nadalje pokazuje da su odstupanja zapreminskog prirasta hrasta od ostalih vrsta u V bonitetnom razredu veća nego u I bonitetnom razredu. Iz ove konstatacije može se zaključiti da se zavisnost zapreminskog prirasta od boniteta staništa najjače odražava u hrastovim sastojinama.

Mnogo manja relativna veličina zapreminskog prirasta na V bonitetu u odnosu na I bonitet u hrastovim nego u ostalim sastojinama, kao i vrlo mala apsolutna veličina zapreminskog prirasta hrastovih sastojina na V bonitetu staništa (1,2 m³/ha) ukazuju, kako je to već ranije istaknuto, na ekonomsku neopravdanost daljeg uzgajanja hrastovih sastojina na staništima IV i V bonitetnog razreda.

OSTALI TAKSACIONI ELEMENTI SASTOJINE

III. BROJ STABALA

Poznata je činjenica da je broj stabala najvarijabilniji element strukture, te se on i na istraživanim oglednim površinama kreće u vrlo širokom rasponu od 154—1503, a u prosjeku je 436 stabala po 1 ha.

U pogledu raspodjele broja stabala po debljinskim stepenima postoje također znatne razlike. Grafikoni procentualne raspodjele broja stabala po debljinskim stepenima pokazuju da od ukupnog broja (71) oglednih površina, 54 imaju strukturu koja je slična strukturi jednodobnih sastojina, na 6 oglednih površina raspodjela broja stabala po debljinskim stepenima je na prelazu između strukture jednodobnih i prebornih sastojina, dok 11 oglednih površina imaju strukturu sličnu prebornoj sastojini. Detaljnu analizu raspodjele broja stabala po debljinskim stepenima pojedinih oglednih površina nismo vršili, jer to nije bio ni zadatak ovog rada.

Ovu šarolikost debljinske strukture oglednih površina prouzrokovale su neuredne preborne sječe. U Bosni u hrastovim sastojinama, zbog specifičnih uslova (problem uzurpacija zemljišta i konfiguracija terena), gazduje se isključivo na preborni način. Velike bespravne sječe hrastovih stabala prije rata i kampanjske sječe neposredno poslije rata, zbog hitne obnove i osposobljavanja ratom uništenih komunikacija — željezničkih pruga i mostova — uslovile su navedenu šarolikost u pogledu raspodjele broja stabala po debljinskim stepenima.

Broj stabala po jedinici površine razmatran je kao i za ostale elemente u zavisnosti od boniteta staništa (x_1), stepena sklopa (x_2), prečnika srednjeg stabla sastojine (x_3) i od smjese hrasta (x_4).

Regresione analize izvršene su kao i ranije. Pomoću odabrane funkcije primjenom metoda najmanjih kvadrata došli smo do prvog rješenja. Sukcesivnim aproksimacijama otklonjeni su nedostaci prve aproksimacije i konačno je dobivena sljedeća funkcija višestruke regresije:

$$y = 1721,39 - 40,00x_1 + 5,00x_1^2 + 150,00x_2 + 375,00x_2^2 - 83,2769x_3 + 1,02259x_3^2 - 32,29x_4. \quad 42$$

Dobivena jednačina pokazuje da su uticaji boniteta staništa, stepena sklopa i prečnika srednjeg stabla sastojine krivolinijski koji se mogu izravnati parabolom drugog reda, a uticaj smjese hrasta linearan.

Da bismo utvrdili podesnost i valjanost dobivene funkcije, izračunali smo po njoj broj stabala (y) za sve ogledne površine, te uporedili sa stvarnim brojem stabala (Y) oglednih površina.

Rezultati su sljedeći:

$$S_z = 0,$$

$$S_z^2 = 997.614,0,$$

$$\sigma_x^2 = 14.050,9014,$$

$$\sigma_y^2 = 45.881,4331,$$

$$\bar{R} = \sqrt{1 - \frac{14.050,9014}{45.881,4331} \frac{71}{63}} = 0,812.$$

Iz jednačine 33 na poznati način dobivene su sljedeće funkcije koje izražavaju zavisnost broja stabala od obuhvaćenih taksacionih elemenata:

za bonitet (x_1):	$y = 442,636 - 40,00x_1 + 5,00x_1^2$,	43
za stepen sklopa (x_2):	$y = 88,435 + 150,00x_2 + 375,00x_2^2$,	44
za d_s (x_3):	$y = 1921,827 - 83,277x_3 + 1,02259x_3^2$,	45
za smjesu hrasta (x_4):	$y = 411,437 - 32,288x_4$.	46

1. Uticaj taksacionih elemenata na broj stabala

Iz analize numeričkih podataka i grafičkih prikaza (slika 8) uticaja pojedinih taksacionih elemenata na broj stabala po jedinici površine proizilazi:

a) Uticaj boniteta staništa

Uz prosječne veličine ostalih taksacionih elemenata sa lošijim bonitetom broj stabala neznatno opada. Ako se razmatra uticaj boniteta staništa na broj stabala, isključujući pri tome ostale taksacione elemente od kojih broj stabala također zavisi, onda se, kako je to poznato, sa lošijim bonitetom broj stabala povećava. To smo naveli zbog toga što je i ovo primjer gdje se zbog različite obrade podataka, — u prvom slučaju primijenjena je višestruka, a u drugom jednostavna korelacija —, dobiveni rezultati do te mjere međusobno razlikuju da su suprotni.

b) Uticaj stepena sklopa

Sa povećanjem stepena sklopa broj stabala raste. Razlozi su jasni i nije ih potrebno obrazlagati.

c) Uticaj srednjeg stabla sastojine

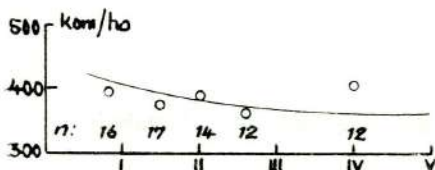
Iz grafičkih prikaza uticaja pojedinih taksacionih elemenata na veličinu broja stabala se vidi da najveći uticaj na broj stabala ima debljina srednjeg stabla sastojine. Sa povećanjem prečnika srednjeg stabla broj stabala naglo opada. Jača stabla zauzimaju veći prostor u sastojini nego slabija (tanja) stabla, pa, prema tome, logična je i konstatovana činjenica da sa povećanjem prečnika srednjeg stabla sastojine broj stabala opada.

d) Uticaj smjese hrasta

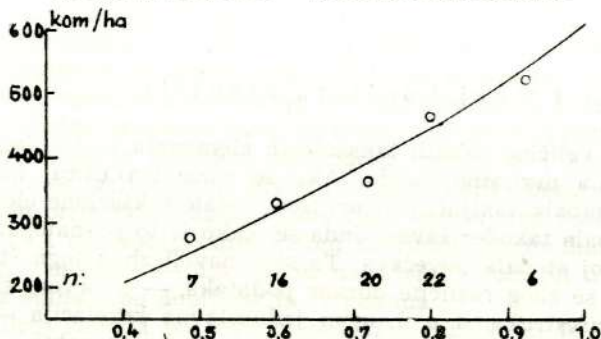
U čistim hrastovim sastojinama broj stabala je manji nego u mješovitim sastojinama hrasta sa drugim vrstama. Sa povećanjem udjela drugih vrsta broj stabala postepeno raste. Ovo se može objasniti time što su druge vrste drveća koje rastu u mješovitim hrastovim sastojinama — vrste koje podnose zasjenu (bukva, grab, lipa), te bolje iskorištavaju prostor u sastojini nego hrast.

ZAVISNOST BROJA STABALA SASTOJINE OD:
 ABHÄNGIGKEIT D. BESTANDESSTAMMZAHL VON:

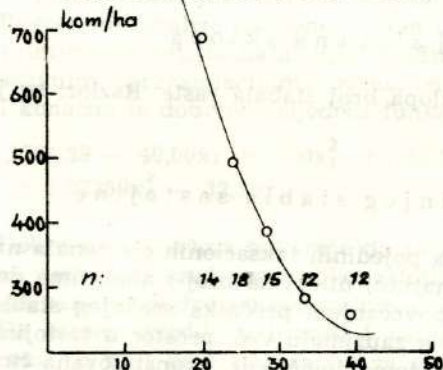
BONITETA STANIŠTA - HÖHENBONITÄT



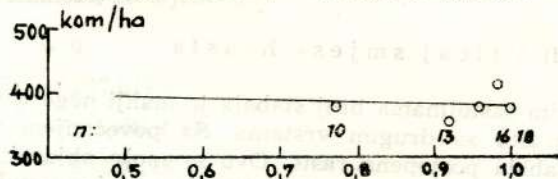
STEPENA SKLOPA - BESCHIRMUNGSGRAD



SREDNJEJ STABLA SASTOJINE - BESTANDMITTELSTAMMES



SMJESJE HRASTA - ANTEIL D. EICHE



Slika 8 — Abb. 8

2) Veličina broja stabala

Tablice broja stabala sastavljene su na isti način kao i ranije tablice. Po jednačini 45 određen je broj stabala u zavisnosti od srednjeg prečnika. Podaci su dati u tabeli 15.

Tabela 15

d_s	N po 1 ha	d_s	N po 1 ha
18	754,16	30	343,86
19	708,72	31	322,96
20	665,33	32	304,11
21	623,97	33	287,30
22	584,67	34	272,53
23	547,41	35	259,82
24	512,19	36	250,11
25	479,03	37	240,51
26	447,90	38	233,93
27	418,82	39	229,40
28	391,79	40	226,90
29	336,74		

Faktori za različite bonitetne razrede, stepene sklopa i smjese hrasta dobiveni iz odnosa koje daju jednačine 43 i 42, 44 i 42, 46 i 42 iznose:

za bonitet (x_1): 1,0 2,0 3,0 4,0 5,0,
faktor = 1,06996 1,00434 0,96497 0,95185 0,94660;

za sklop (x_2): 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0,
faktor = 0,54710 0,67506 0,82271 0,99004 1,17706 1,38376 1,61015;

za smjesu hrasta (x_4): 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0,
faktor = 1,02908 1,02055 1,01213 1,00365 0,99570.

Pomoću podataka iz tabele 15 i dobivenih faktora može se na već poznati način izračunati broj stabala po 1 ha za svaku kombinaciju obuhvaćenih taksacionih elemenata u granicama navedenih njihovih varijacionih širina.

Tačnost pomenutih rezultata ispitali smo na taj način što smo na navedeni način odredili broj stabala po 1 ha za svaku oglednu površinu i izvršili upoređenja sa stvarnim podacima. Rezultati su sljedeći:

$$S_z = 30.978 - 30.851 = 127,$$

$$S_z^2 = 959.679,$$

$$\sigma_z^2 = 13.516, 605633,$$

$$\sigma_y^2 = 45.881,424376,$$

$$\bar{R} = \sqrt{1 - \left(\frac{13.516,605633}{45.881,424376} \times \frac{70}{63} \right)} = 0,821.$$

Zbir odstupanja residijuma izvornih i tabličnih podataka S_z u ovom slučaju nije ravan nuli. Da bismo to postigli, morali bismo izvršiti popravke u tabeli 15. Budući da je to odstupanje malo u odnosu na ukupan broj stabala, svega 0,4%, to smo ga zanemarili i nismo vršili korekciju tabele 15, jer ni korigovani podaci ne bi dali tačnije rezultate. Pošto je korelacioni koeficijent tabličnih podataka veći od koeficijenta korelacije dobivenog na osnovu podataka jednačine, to će tablice u prosjeku davati nešto bolje rezultate nego primijenjena funkcija.

Zbog lakšeg i bržeg određivanja broja stabala za svaku konkretnu sastojinu, sastavili smo tablice broja stabala na isti način kao i tablice zapreminskog prirasta.

IV. ZAPREMINA SASTOJINE

Zapremina krupnog drveta pojedinih oglednih površina utvrđena je na način kako je to ranije izloženo primjerom. Tako određene zapremine pojedinih oglednih površina i svedene na 1 ha date su u tabeli 8 kolona 8.

Prosječna zapremina svih oglednih površina je 246 m³/ha, a kreće se u granicama od 69 — 519 m³/ha.

Regresiona analiza zavisnosti zapremine sastojine od boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg stabla sastojine i smjese hrasta izvršena je na isti način kao i za zapreminski prirast.

Tokovi nanesenih residuala oko linije uticaja pojedinih taksacionih elemenata prve aproksimacije pokazali su da se zavisnost zapremine sastojine od boniteta staništa i sastojinskog srednjeg stabla može izraziti parabolom drugog reda opšteg oblika, stepen sklopa parabolom drugog reda koja bi trebala da kulminira pri sklopu 1,0. Pošto se zbog malog broja oglednih površina stepeni sklopa 0,9 i 1,0 ne može realno da odrazi uticaj sklopa, to bi vjerovatno ova parabola kulminirala pri sklopu manjem od 1,0. Zato smo ovu jednačinu usloveli sa ekstremom pri sklopu 1,0. Zadovoljili smo se postavljanjem uslova samo za ekstrem, jer on — prema našim podacima — može da bude samo maksimum. Zavisnost zapremine sastojine od smjese hrasta može se izraziti pravcem.

Prema tome, za drugu aproksimaciju odabrali smo sljedeću jednačinu višestruke regresije:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + c(x_2^2 - 2x_2) + d_1x_3 + d_2x_3^2 + e_1x_4. \quad 46$$

Nakon provedenih sukcesivnih aproksimacija konačno smo dobili sljedeću jednačinu:

$$y = - 68,517 - 100,076x_1 + 9,857x_1^2 + 1013,257x_2 - 506,629x_2^2 + 4,549x_3 - 0,00767x_3^2 - 111,607x_4. \quad 47$$

Izračunavanje zapremine krupnog drveta pojedinih oglednih površina po jednačini 47 dalo je sljedeće rezultate:

$$S_z = 0,$$

$$S_z^2 = 113,714,0,$$

$$\sigma_z^2 = 1.601,605,$$

$$\sigma_y^2 = 8.138,672,$$

$$\bar{R} = \sqrt{1 - \left(\frac{1.601,605}{8.138,672}\right) \left(\frac{71-1}{71-8}\right)} = 0,884.$$

1. Uticaj taksacionih elemenata na zapreminu sastojine

Za uticaj pojedinih taksacionih elemenata na veličinu zapremine sastojine, uz uslov da su veličine taksacionih elemenata čiji se uticaj ne razmatra, njegove srednje veličine iz jednačine 47, dobivene su sljedeće jednačine:

$$\text{za uticaj boniteta (x}_1\text{): } y = 412,04 - 100,076x_1 + 9,857x_1^2, \quad 48$$

$$\text{za uticaj sklopa (x}_2\text{): } y = 216,452 + 1013,257x_2 - 506,628x_2^2 \quad 49$$

$$\text{za uticaj d}_s \text{ (x}_3\text{): } y = 123,157 + 4,549x_3 - 0,00767x_3^2, \quad 50$$

$$\text{za uticaj smjese (x}_4\text{): } y = 351,54 - 111,607x_4. \quad 51$$

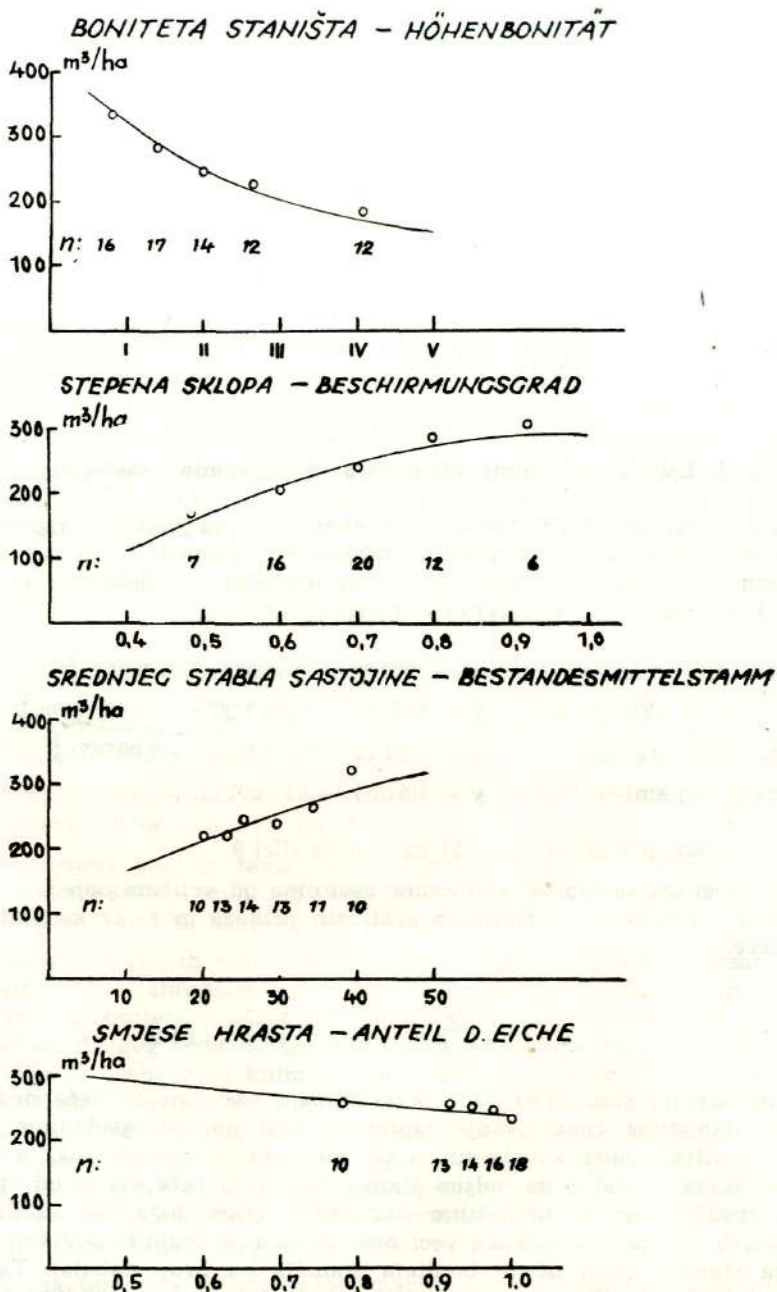
Rezultati jednačina 48 — 51 dati su na slici 9.

U pogledu zavisnosti zapremine sastojine od veličine pojedinih taksacionih elemenata iz priloženih grafičkih prikaza može se konstatovati sljedeće:

a) Uticaj boniteta staništa

Na boljim staništima zapremina stabala sastojine je veća nego na lošim staništima. Smanjivanje zapremine sastojine sa opadanjem boniteta staništa prouzrokovale su, u prvom redu, visine stabala, a zatim i broj stabala. Stabla na boljim staništima imaju veće visine od stabala istih prsnih prečnika na lošijim staništima. Osim toga, uz ostale iste uslove, bolja staništa imaju i veći broj stabala po jedinici površine nego lošija staništa (vidi uticaj boniteta staništa na broj stabala). Ta dva faktora uslovljavaju smanjenje zapremine sastojine sa opadanjem boniteta staništa.

ZAVIŠNOST ZAPREMINE SASTOJINE OD:
 ABHÄNGIGKEIT D. BESTANDESMASSE VON:



SLIKA 9 - ABB. 9

b) Uticaj stepena sklopa

Sa povećavanjem stepena sklopa povećava se i zapremina sastojine. Ovo je zbog toga što se sa povećanjem stepena sklopa povećava i broj stabala, što se pozitivno odražava na zapreminu sastojine.

c) Uticaj srednjeg stabla sastojine

Sastojina sa jačim prečnikom srednjeg stabla, uz iste ostale uslove, ima veću zapreminu nego sastojina tanjeg prečnika srednjeg stabla. Razlozi su poznati i nije ih potrebno obrazlagati.

Kriva linija koja izražava uticaj srednjeg prečnika na veličinu zapremine do te mjere je izdužena da se približava pravoj liniji. Znači, povećanje zapremine sastojine teče ujednačeno sa povećanjem srednjeg stabla i ne povećava se naglo.

d) Uticaj smjese hrasta

Kako se iz grafičkih prikaza vidi, uticaj smjese hrasta na zapreminu sastojine u odnosu na uticaj ostala tri taksaciona elementa mnogo je manji. Tok linije pokazuje da se sa povećanjem udjela drugih vrsta zapremina sastojine nešto povećava. Ta se pojava može objasniti time što su druge vrste koje učestvuju u smjesi uglavnom vrste sjene (bukva, grab, lipa, jela), koje bolje iskorišćavaju prostor i na taj način imaju veći broj stabala nego čiste hrastove sastojine.

2) Veličina zapremine sastojine

Suštinu postupka izrade tablica objasnili smo ranije.

Rezultati zavisnosti zapremine sastojine od prečnika srednjeg stabla sastojine (x_3) izračunati po jednačini 50 dati su u tabeli 16.

Tabela 16

d_s	V m ³ /ha	d_s	V m ³ /ha
18	202,56	30	252,74
19	206,83	31	256,82
20	211,08	32	260,88
21	215,31	33	264,94
22	219,53	34	268,97
23	223,74	35	272,99
24	227,93	36	277,00
25	232,10	37	280,98
26	236,26	38	284,96
27	240,40	39	288,92
28	244,53	40	292,86
29	248,64		

Po jednačini 47 izračunata je prosječna zapremina sastojine uz prosječne vrijednosti boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg stabla sastojine i smjese hrasta, ona je 246,26 m³/ha.

Iz odnosa rezultata koje daju jednačine 48 i 47, 49 i 47, 51 i 47 dobiveni su faktori za različite bonitetne razrede, stepene sklopa i smjese hrasta.

Oni su:

za bonitete (x ₁):	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0,		
faktor =	1,3068	1,0203	0,8143	0,6881	0,6420;		
za stepen sklopa (x ₂):	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
faktor =	0,4377	0,6640	0,8491	0,9932	1,0960	1,1577	1,1783;
za smjese hrasta (x ₄):	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0,		
faktor =	1,1556	1,1102	1,0649	1,0196	0,9742.		

Množenjem odgovarajućih veličina iz tabele 16 sa odgovarajućim faktorima može se izračunati zapremina sastojine za svaku kombinaciju taksomnih elemenata u granicama njihovih varijacionih širina (bonitet staništa I—V); stepen sklopa 0,4—1,0; d_s od 18—40 cm i smjese hrasta od 0,6—1,0.

Radi uprošćavanja rada oko određivanja zapremine sastavili smo tablice koje omogućuju lako i brzo određivanje zapremine sastojine po ha.

Pomoću tablica izračunali smo zapremine ispitivanih oglednih površina. Upoređenja tabličnih zapremina sa stvarnim dala su:

$$S_z = 17.858 - 17.886 = 28,$$

$$S_z^2 = 108,408,$$

$$\sigma_x^2 = 1.526,873,$$

$$\sigma_y^2 = 8.138,672,$$

$$\bar{R} = \sqrt{1 - \left(\frac{1526,873}{8138,672}\right) \left(\frac{71-1}{71-8}\right)} = 0,888 \approx 0,89.$$

Suma residuala (S_z) nije ravna nuli, nego su tablični podaci veći od stvarno mjerenih za 28, ili za 0,16%. Kako je ova greška vrlo mala, to nismo vršili korekciju tablica. Izračunati korelacioni koeficijent tabličnih podataka nešto je veći od korelacionog koeficijenta izračunatog na bazi funkcije, to će i tablice u prosjeku davati nešto bolje rezultate od primijenjene funkcije. Pošto je postignut vrlo visok koeficijent korelacije, to tablice treba da daju dosta realne rezultate.

V. PROCENT PRIRASTA ZAPREMINE SASTOJINE

Procent prirasta zapremine krupnog drveta sastojine za svaku oglednu površinu računat je po Preslerovoj formuli. Izračunate veličine procenta prirasta zapremine za pojedine ogledne površine navedene su u tablici 8 kolona 10. U prosjeku je procent prirasta 1,97%, a kreće se od 1,13% do 3,25%.

Za analizu uticaja boniteta staništa, stepena sklopa, prečnika srednjeg stabla sastojine i smjese hrasta na procent prirasta usvojena je sljedeća jednačina višestruke korelacije:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + c(x_2^2 - 2x_2) + d_1x_3 + d_2x_3^2 + ex_4. \quad 52$$

Usvojena je pretpostavka da je uticaj boniteta na procent prirasta krivolinijski, koji se može izravnati običnom parabolom drugog reda, da je uticaj stepena sklopa također krivolinijski i da procent prirasta pri stepenu sklopa 1,0 treba da je najmanji. Zato je odabrana parabola drugog reda, za koju je postavljen uslov ekstrema pri 1,0 iz istog razloga kao za zapreminu sastojine, da je uticaj srednjeg prečnika isto tako krivolinijski, koji se može izravnati parabolom drugog reda i, konačno, da je uticaj smjese hrasta na procent prirasta zapremine linearan.

Nakon sukcesivnih aproksimacija utvrđene su vrijednosti parametara, te jednačina glasi:

$$y = 9,317 - 0,037x_1 - 0,021x_1^2 + 4,510(x_2^2 - 2x_2) - 0,082x_3 + 0,000395x_3^2 - 1,162x_4. \quad 53$$

Uvrštavanjem u jednačinu vrijednosti x_1 , x_2 , x_3 i x_4 pojedinih oglednih površina izračunat je procent prirasta za sve ogledne površine.

Upoređenja sa izvornim podacima dala su:

$$S_z = 0,$$

$$\sigma_z^2 = 0,159146,$$

$$\sigma_y^2 = 0,240482,$$

$$\bar{R} = \sqrt{1 - \left(\frac{0,159146}{0,240482}\right) \left(\frac{68}{61}\right)} = 0,512.$$

Dobiveni koeficijent višestruke korelacije procenta prirasta mnogo je niži od dobivenih koeficijenata višestruke korelacije za ostale taksacione elemente.

Iz jednačine 53 dobivene su na poznati način sljedeće jednačine koje izražavaju uticaj pojedinih nezavisnih promjenljivih na procent prirasta:

$$\text{za bonitet } (x_1): \quad y = 2,095 - 0,037x_1 - 0,211x_1^2, \quad 54$$

$$\text{za stepen sklopa } (x_2): \quad y = 6,040 - 9,020x_2 + 4,510x_2^2, \quad 55$$

$$\text{za } d_s \text{ } (x_3): \quad y = 3,940 - 0,082x_3 + 0,000395x_3^2, \quad 56$$

$$\text{za smjesu hrasta } (x_4): \quad y = 3,021 - 1,162x_4. \quad 57$$

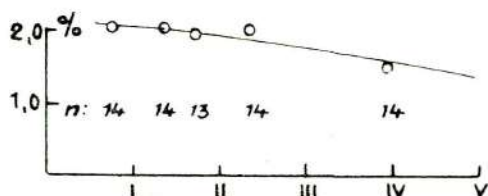
Uticaj pojedinih taksacionih elemenata na veličinu procenta prirasta zapremine izračunat po gornjim funkcijama dat je na slici 10.

1. Uticaj taksacionih elemenata na procent prirasta

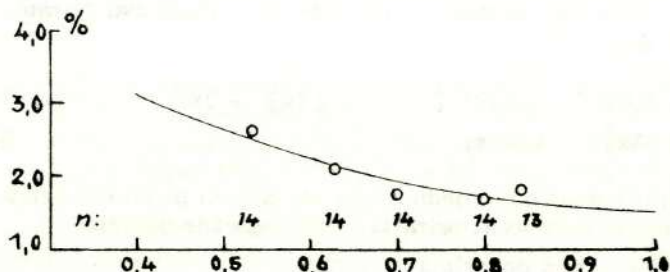
Iz tokova linija koje izražavaju uticaje pojedinih taksacionih elemenata na procent prirasta zapremine može se zaključiti:

ZAVISNOST PROCENTA PRIRASTA ZAPREMINE SASTOJINE OD:
 ABHÄNGIGKEIT D. BESTANMASSENZUWACHSPROCENTS VON:

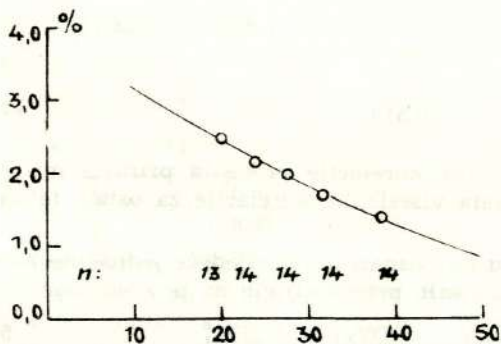
BONITETA STANIŠTA - HÖHENBONITÄT



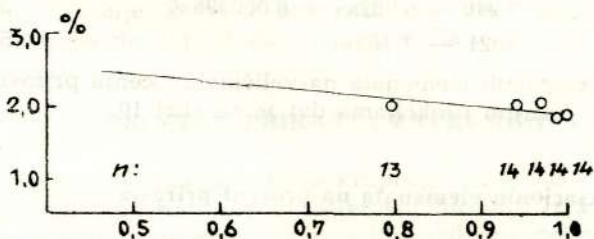
STEPENA SKLOPA - BESCHIRMUNGSGRAD



SREDNJEJ STABLA SASTOJINE - BESTANDMITTELSTAMMES



SMJESE HRASTA - ANTEIL D. EICHE



SLIKA 10 - ABB. 10

a) Uticaj boniteta staništa

Sa lošijim bonitetnim razredom, uz srednje veličine ostalih obuhvaćenih taksacionih elemenata, procent prirasta zapremine ujednačeno opada. Step en opadanja krivulje je blag. Opadanje procenta prirasta zapremine sa lošijim bonitetom staništa je posljedica jačeg uticaja boniteta staništa na zapreminski prirast nego na zapreminu sastojine. Tokovi krivulje uticaja boniteta staništa na zapreminu i zapreminski prirast sastojine pokazuju da sa smanjivanjem boniteta staništa zapreminski prirast opada mnogo jače od zapremine sastojine. Tako, dok je u V bonitetnom razredu zapreminski prirast svega 24% zapreminskog prirasta u I bonitetnom razredu, zapremina je 44% zapremine u I bonitetnom razredu.

Mnogo jače smanjivanje apsolutne veličine zapreminskog prirasta nego zapremine sastojine povlači za sobom opadanje relativne veličine zapreminskog prirasta sastojine.

Matić (14) je međutim konstatovao da u sastojinama jele, smrče i bukve sa opadanjem boniteta staništa, izuzevši jele na potezu od IV do V bonitetnog razreda, procent prirasta raste. Ova neslaganja mogla bi se objasniti mnogo jačim uticajem boniteta staništa na zapreminski prirast hrastovih sastojina nego sastojina jele, smrče i bukve.

b) Uticaj stepena sklopa

Promjena stepena sklopa osjetno utiče na procent prirasta zapremine. Sa opadanjem stepena sklopa procent prirasta zapremine progresivno raste, i to zbog toga što se sa opadanjem stepena sklopa debljinski prirast povećava pri svim debljinskim stepenima. Kako zapreminski prirast ponajviše zavisi od debljinskog prirasta, to se ta zavisnost u istom smislu odražava i pri procentu prirasta zapremine.

c) Uticaj srednjeg prečnika

Od obuhvaćenih taksacionih elemenata najjače utiče na procent zapreminskog prirasta promjena prečnika srednjeg stabla sastojine. Sa povećanjem prečnika sastojinskog srednjeg stabla procent prirasta zapremine se veoma smanjuje. Ovo je zbog toga što se smanjivanjem prečnika srednjeg stabla zapreminski prirast sastojine povećava, a njena zapremina smanjuje.

d) Uticaj smjese hrasta

U čistim hrastovim sastojinama procent prirasta zapremine je nešto manji nego u mješovitim sastojinama hrasta. Znači sa povećanjem udjela drugih vrsta procent prirasta se neznatno povećava. Razlog opadanju procenta prirasta zapremine sa povećanjem udjela hrasta je također debljinski prirast. Analiza uticaja smjese hrasta na veličinu debljinskog

prirasta pokazala je da se u svim debljinskim stepenima sa povećanjem udjela hrasta debljinski prirast smanjuje. Pošto procent prirasta zapremine ponajviše zavisi od debljinskog prirasta, to se i uticaj smjese na procent prirasta odražava u istom smislu kao i pri debljinskom prirastu.

2) Veličina procenta prirasta zapremine

Tablice procenta prirasta zapremine krupnog drveta sastavljene su na isti način kao i tablice zapreminskog prirasta.

Zavisnost procenta prirasta sastojine od prečnika srednjeg stabla hrasta izračunali smo po funkciji 56. Faktore za različite bonitete staništa, stepena sklopa i smjese hrasta dobili smo iz odnosa rezultata koji daju jednačine 54 i 53, 55 i 53, 57 i 53.

Pomoću dobivenih veličina po funkciji 56 i izračunatih faktora određuje se na već poznati način procent zapreminskog prirasta sastojine za razne kombinacije taksacionih elemenata.

Tačnost izračunatih veličina ispitali smo na taj način što smo po navedenom postupku izračunali procent prirasta zapremine za sve ogleadne površine. Upoređenje na ovaj način izračunatog procenta prirasta zapremine sa izvornim podacima pokazalo je da suma odstupanja izvornih podataka od odgovarajućih tabličnih podataka nije ravna 0, nego da su tablični podaci manji za

$$Sz = 136,33 - 133,24 = 3,09 \text{ ili } 2,32\%.$$

Za navedeni procent povećali smo rezultate dobivene po funkciji 56. Tako popravljene procenti prirasta sastojine u zavisnosti od srednjeg prečnika dati su u tabeli 17.

Tabela 17

d_s cm	% prirasta zapremine sastojine	d_s cm	% prirasta zapremine sastojine
15	2,865	28	1,995
16	2,793	29	1,934
17	2,722	30	1,872
18	2,650	31	1,811
19	2,578	32	1,760
20	2,507	33	1,670
21	2,445	34	1,637
22	2,374	35	1,586
23	2,312	36	1,535
24	2,251	37	1,473
25	2,179	38	1,422
26	2,118	39	1,371
27	2,057	40	1,320

Faktori procenta prirasta za različite bonitete staništa, stepena sklopa i smjese hrasta izračunati iz navedenih odnosa su sljedeći:

za bonitetni razred (x_1):	I	II	III	IV	V,		
faktor =	1,0582	1,0062	0,9319	0,8358	0,7179;		
za stepen sklopa (x_2):	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0,
faktor =	1,6369	1,3787	1,1683	1,0042	0,8868	0,8166	0,7932;
za smjesu hrasta (x_3):	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00		
faktor =	1,2501	1,1877	1,1253	1,0624	1,0355		

Nakon ponovnog izračunavanja procenta prirasta zapremine sastojine svih oglednih površina i upoređenja sa izvornim podacima dobili smo:

$$S_z = 136,33 - 136,30 = 0,03,$$

$$\sigma_z^2 = 0,158772,$$

$$\sigma_y^2 = 0,240483,$$

$$\bar{R} = \sqrt{1 - \left(\frac{0,158772}{0,240483} \right) \left(\frac{68}{61} \right)} = 0,514.$$

Dobiveni koeficijent višestruke korelacije neznatno je veći od korelacionog koeficijenta dobivenog po funkciji i nalazi se iznad granice niske korelacije (0,5).

Tablice procenta zapreminskog prirasta primijenjene na pojedinačna odjeljenja daju relativno malu tačnost. Stoga za konkretnu sastojinu procent zapreminskog prirasta treba računati na osnovu određenog zapreminskog prirasta i zapremine sastojine. Tablice su izrađene za opšte razmatranje zavisnosti procenta zapreminskog prirasta sastojine od obuhvaćenih taksacionih elemenata.

Kao rezime rezultata istraživanja može se istaći da izrađene tablice taksacionih elemenata sastojine, a prvenstveno tablice zapreminskog prirasta sastojine koje su i najvažnije za praksu, zbog svoje jednostavne primjene i zadovoljavajuće tačnosti, mogu korisno da posluže potrebama prakse.

ZUWACHS UND ANDERE TAXATIONSELEMENTE DER TRAUBENEICHENBESTÄNDEN IN BOSNIEN

ZUSAMMENFASSUNG

1. Problemstellung und angewandte Methoden

In dieser Arbeit hat Verfasser als die Hauptaufgabe die Bestimmung des laufenden Massenzuwachses der Eichenbeständen welche plenterartig bewirtschaftet werden, gestellt. Die Abhängigkeit des Massenzuwachses wurde von folgenden Taxationselementen als unabhängigen Faktoren untersucht: Standortbonität (x_1), Beschiernungsgrad (x_2), Brusthöhendurchmesser des Bestandesmittelstammes (x_3) und Anteil der Eiche (x_4). Nämlich sind diejenigen Taxationselementen genommen, die sonst bei der Forsteinrichtungspraxis festgestellt werden.

Auf Grund zu diesem Zwecke aufgenommenen und versammelten Materials wurden noch gegenseitige Abhängigkeiten folgenden Taxationselementen untersucht: die Höhen der Bäume in Abhängigkeit von der Standortbonität und der Baumstärke; Stärkezuwachs der Bäume, dann Stammzahl, Massenvorrat und Massenzuwachsprozent des Bestandes in Abhängigkeit von Standortbonität, Beschiernungsgrad, Brusthöhendurchmesser des Bestandesmittelstammes und Anteil der Eiche.

Zur erwähnte Untersuchungen ausgenommen Baumhöhen wurden die multiple Regressionanalysen angewandt. Erste Lösung der gewählten Regressionsfunktionen wurde nach der Methode der kleinsten Quadraten erhalten, die dann mit der Methode sukzessiver Aproximation verbessert wurde. Regressionsanalysen in angewandter Form zeigen wie sich die abhängige Variable y ändert mit der Veränderung der Grösse einer von vier unabhängigen Variablen x , aber unter der Bedingung dass für andere drei unabhängige Variablen ihre durchschnittswerte in Funktionen eingesetzt werden. Wenn sich zwei oder mehrere unabhängige veränderliche gleichzeitig ändern dann werden nur annäherungs Werte für die abhängige Variable y erhalten. Dieser Mangel wurde durch Verfahren von Matić (13) welches sich auf der Vorrassetzung gleichen relativen Einflüssen unabhängigen Veränderlichen gründet, beseitigt.

2. Das Ausgangsmaterial

Die Arbeit stützt sich auf die Daten von 71 Probeflächen welche in verschiedenen Waldgebieten Bosniens in reinen Eichenbeständen und in solchen Mischbeständen in denen die Eiche als geschlossener Oberstand anzutreffen war, gelegt wurden.

Auf allen Probeflächen waren insgesamt 25.853 Stämme (10 cm die Kluppschwelle) die mit Taxationsaufnahmen umfasst wurden.

Die Angaben der Probeflächen über der Grösse, Meereshöhe, Exposition, Inklination, geologische Unterlage und Boden sind in Tabelle 1 gegeben. Tabelle 8 enthält die Taxationselementen der Probeflächen und zwar: Höhenbonitätsklasse, Beschiernungsgrad, Brusthöhendurchmesser des Bestandesmittelstammes, Anteil der Eiche, dann Stammzahl, Grundfläche, Derbholzmassenvorrat und laufenden Massenzuwachs je hektar und Massenzuwachsprozent.

3. Baumhöhen

Auf jeder Probefläche wurden die Höhen aller Bäume gemessen und die Höhenkurven graphisch konstruiert. Die Höhenkurven der Probeflächen wurden nach der Höhenbonitätsklassenkurven die in unserer Praxis in Anwendung sind (6) in fünf Bonitäten gruppiert und für jeden Bonitätsklasse durchschnittshöhen nach Stärkestufen festgestellt. Da diese Höhen auch zur Standortbonitierung dienen sollen wurden die graphischen Ausgleichungen entlang und zwischen der Kurven durchgeführt. Auf diese Weise konstruierte Höhenbonitätsklassenkurven sind auf der Abb. 1 dargestellt.

Beim Vergleich unseren Bonitätskurven mit Bonitätskurven die heute in unserer Praxis angewandt werden Abb. 2. stellt man fest, dass unsere Bonitätskurven bei unteren Teilen (bis etwa Stärkenstufe 20 cm) einen grös-

seren Steigungsgrad und in oberen Teilen (über 50 cm Stärkestufe) kleineren Steigungsgrad als die angeführte Bonitätskurven haben. Im Intervalle Stärkestufen 20—50 cm beide Bonitätsklassenkurven annähernd koinzidieren.

4. Stärkezuwachs

Der Stärkezuwachs der Bäume wurde durch Bohrspäne bestimmt. Auf jeder Probefläche wurden von allen Bäumen (10 cm Kluppschwelle) je zwei Bohrspäne entnommen. Für jede Probefläche wurden Stärkezuwachskurven konstruiert und nach Stärkestufen abgelesene Werte wurden als Grundmaterial angenommen.

Die Abhängigkeit des Stärkezuwachses wurde, wie schon erwähnt, von folgenden Taxationselementen als unabhängigen Faktoren untersucht: Höhenbonität, Beschiernungsgrad, Durchmesser des Bestandesmittelstammes und Anteil der Eiche.

Die Analyse ist für Stärkeklassen 15, 25, 35, 45 i 55 cm durchgeführt. Regressionfunktionen 8—12 stellen die durchschnittliche Beziehung von laufenden jährlichen Stärkezuwachs und Taxationselementen die als unabhängige Faktoren angenommen wurden, dar. Der gemeinsame Korrelationskoeffizient der nach Formel von Ezekiel (7) berechnet wurde, beträgt 0,767.

Aus der Gleichungen 8—12 wurden durch Einsetzen Durchschnittswerte \bar{x} für Faktoren dessen Einfluss nicht betrachtet wurde, die Regressionfunktionen einzelnen Faktoren genommen. Folglich die Gleichungen 13—17 stellen die Abhängigkeit des Stärkezuwachses von der Bonität, 18—22 von dem Beschiernungsgrade, 23—27 von dem Durchmesser des Bestandesmittelstammes und 29—33 von der Anteil der Eiche dar. Gewonnene Resultaten sind auf der Abb. 4 und 5 graphisch dargestellt. Die entsprechende Mittelwerte der Residualabweichungen sind als Abweichungen von der dargestellten Kurven eingetragen. Einfluss der Baumstärke auf den Stärkezuwachs für ausgewählte Kombinationen unabhängigen Faktoren ist auf der Abb. 6 dargestellt. Die Aufschlüsse des Einflusses einzelner Faktoren auf den Stärkezuwachs sind in der Arbeit eingeführt.

In Tabellen 9—12 sind die Resultaten der Regressionanalysen gegeben mit welchen man den Stärkezuwachs nach Stärkeklassen für jede Kombination unabhängigen Faktoren einschätzen kann.

Korrelationskoeffizient auf Grund der Tabellenwerte beträgt 0,773.

5. Massenzuwachs

Der Massenzuwachs der Probeflächen (Tabelle 8 Sp. 9) wurde nach Differenzenmethode berechnet. Die Tabelle 7 soll als Beispiel dafür dienen.

Der laufende Massenzuwachs je hektar wurde, in Abhängigkeit von erwähnten Taxationselementen (Standortsbonität, Beschiernungsgrad, Bestandesmittelstamm und Anteil der Eiche) untersucht.

Die durchschnittliche Beziehung zwischen laufenden Massenzuwachs (y) und Taxationselementen die als unabhängige Faktoren angenommen wurden (x_1, x_2, x_3 und x_4) ist durch Gleichung 37, ausgedrückt. Nach dieser Ausgleichung beträgt der Korrelationskoeffizient 0,775.

Aus der Gleichung 37 ist für \bar{x}_2, \bar{x}_3 und \bar{x}_4 Bonitätseinflussfunktion 38, für \bar{x}_1, \bar{x}_3 und \bar{x}_4 die Einflussfunktion des Beschiernungsgrades 39, für \bar{x}_1, \bar{x}_2 und \bar{x}_4 die des Bestandesmittelstammes 40 und für \bar{x}_1, \bar{x}_2 und \bar{x}_3 die Funktion Eichenanteiles 41 abgeleitet.

In Abb. 7 sind die Ergebnisse der Gleichungen 38—41 graphisch dargestellt. Mit abnehmendem Standortsbonität, Beschiernungsgrad und Eichenanteil und mit zunehmenden Durchmesser des Bestandesmittelstammes nimmt, wie aus Abbildung 7 zu ersehen ist, der laufende Massenzuwachs ab. Weiterhin ist ersichtlich, dass von umfasst in Taxationselementen grössten Einfluss auf den laufenden Massenzuwachs die Standortsbonität aufweist. In der Arbeit sind erforderliche Erläuterungen hinsichtlich diesen Abhängigkeiten gegeben.

In Tabelle 13 sind die Resultaten der Regressionfunktion 40 (Abhängigkeit des Massenzuwachs vom Bestandesmittelstamm) gegeben. Aus der Resultaten der Regressionfunktionen 37, 38, 39 und 41 wurden nach erwähnten Ver-

fahren gleichen relativen Einflüssen unabhängigen Veränderlichen Multiplikationsfaktoren (Umrechnungszahlen) für verschiedene Bonitäten, Beschiernungsgrade und Eichenanteile berechnet. Tabelle 13 und entsprechende Umrechnungszahlen ermöglichen die Einschätzung des laufenden Massenzuwachses pro Hektar für jede Kombination unabhängigen Veränderlichen. Korrelationskoeffizient auf Grund der Tabellenwerte beträgt 0,792.

6. Bestandesbaumzahl

Die durchschnittliche Beziehung zwischen Bestandesbaumzahl und unabhängigen Veränderlichen zeigt die Regressionfunktion 42.

Der berechnete Korrelationskoeffizient beträgt 0,812. Aus der Regressionfunktion 42 sind die Einflussfunktionen 43—46 unabhängigen Faktoren abgeleitet. In Abb. 8 sind die Ergebnisse veranschaulicht. Sie zeigen dass von unabhängigen Veränderlichen stärksten Einfluss auf die Bestandesbaumzahl Durchmesser des Bestandesmittelstammes aufweist.

Tabelle 14 und Multiplikationsfaktoren die unmittelbar danach folgen gestatten die Einschätzung des Bestandesbaumzahles für jeden beliebigen Bestand. Korrelationskoeffizient auf Grund der Tabellenwerte beträgt 0,884.

7. Bestandesderbholzmassenvorrat

Die Abhängigkeit des Bestandesholzmassenvorrates von umfassten Taxationselementen (unabhängigen Veränderlichen) ist durch Gleichung 47 ausgedrückt. Korrelationskoeffizient beträgt 0,884.

Die Gleichung 48 stellt die Einfluss der Höhenbonität, Gleichung 49 des Beschiernungsgrades, 50 Bestandesmittelstammes und 51 Anteil der Eiche dar.

Die Lösungen der Gleichungen 48—51 sind in Abbildung 9 graphisch dargestellt. Die gewonnenen Resultate zeigen, dass mit Bonitäts-, Beschiernungsgrades- und Bestandesmittelstammeszunahme und Eichenanteilesabnahme der Bestandesmassenvorrat wächst.

Tabelle 17 und entsprechende Umrechnungszahlen für verschiedene Höhenbonitäten, Beschiernungsgraden und Eicheneinteile ermöglichen die Entschätzung der Derbholzmasse pro Hektar für jeden beliebigen Eichenbestand. Korrelationskoeffizient der Tabellenwerte beträgt 0,888.

8. Bestandesmassenzuwachsprozent

Bestandesmassenzuwachsprozent der Probeflächen (Tab. 8 Sp. 10) wurde nach Formel von Pressler berechnet.

Durchschnittliche Beziehung zwischen Bestandesmassenzuwachsprozent und umfassten Faktoren gibt die Regressionfunktion 53.

Der ermittelte Korrelationskoeffizient beträgt 0,512.

Einfluss der Bonität auf den Massenzuwachsprozent ist durch Gleichung 54, Beschiernungsgrades 55, Bestandesmittelstammes 56 und Anteil der Eiche durch 57, ausgedrückt. In Abbildung 10 sind die Ergebnisse veranschaulicht. Wie aus Abbildung zu ersehen ist nimmt der Massenzuwachsprozent mit Bonitätsverbesserung und Beschiernungsgrades-, Bestandesmittelstammes und Eichenanteilesverminderung zu.

Tabelle 18 enthält die Resultate der Regressionsfunktion 56. Danach folgende Umrechnungszahlen für verschiedene Bonitäten, Beschiernungsgrade und Eichenanteile sind aus der Resultate der Regressionfunktionen 53, 54, 55 und 57 nach dem Verfahren gleichen relativen Einflüssen unabhängigen Faktoren gewonnen.

9. Taxationselemententafeln der Eichenbeständen

Auf Grund der Regressionanalysen und mittels Verfahren gleichen relativen Einflüssen unabhängigen Faktoren wurden die Tafeln der Taxationselementen zusammengestellt, welche der Praxis, auf eine leichte und bequeme Weise, die Einschätzung folgenden Taxationselementen für jeden beliebigen Eichenbestand ermöglichen: Stärkezuwachs nach der Stärkeklassen, Baumzahl, Massenvorrat, laufenden Massenzuwachs und Massenzuwachsprozent.

Die Tafeln wurden als separate Edition veröffentlicht.

L I T E R A T U R A

1. Bonnemann A., Eichen-Buchen-Mischbestände. Allgemeine Forst u. Jagdzeitung, 1956;
2. Burger H., Kronnenuntersuchungen. Schweizerische Zeitschrift f. Forstwesen, 1937;
3. Drinić P., Taksacioni elementi sastojina jele, smrče i bukve prašumskog tipa u Bosni. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Sarajevu, 1956;
4. Drinić P., Taksacioni elementi bukovih sastojina prašumskog tipa u Donjoj Drinjači. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Sarajevu, 1957;
5. Drinić P., Taksacione osnove za gazdovanje šumama crnog bora u Bosni. Rukopis, 1962;
6. Eić N., Tabele drvnih masa, temeljnica i druge. Izdanje Narodnog šumara Sarajevo, 1956;
7. Ezekiel M., Methods of Correlation Analysis. New York, Joh Willey and Sons, Inc. 1956;
8. Gehrhard, Prirasno-prihodne tablice. Mali šumarsko-tehnički priručnik. Zagreb, 1949;
9. Klepac D., Tablice postotka prirasta. Šumarski list, 1954;
10. Klepac D., Utvrđivanje prirasta po metodi izvrtaka. Šumarski list, 1955;
11. Krahl-Urban J., Die Eichen. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin, 1959;
12. Liebundgut H., Über die waldbauliche Behandlung der Eiche. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1945;
13. Matić V., Prirast jele, smrče i bukve u šumama NRBiH. Zavod za privredno planiranje NRBiH, Sarajevo, 1955;
14. Matić V., Taksacioni elementi prebornih šuma jele, smrče i bukve na području Bosne. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvenu industriju. Sarajevo, 1959;
15. Mayer R., Kronnengrösse u. Zuwachsleistung der Traubeneiche auf süddeutschen Standorten. Allgemeine Forst u. Jagdzeitung, 1958;
16. Miletić Z., Osnovi uređivanja preborne šume. Knjiga I. Beograd, 1950;
17. Miletić Z., Vreme prelaza i vreme zadržavanja. Šumarstvo, Beograd, 1957;
18. Milojković D., Istraživanje strukture i zapreminskog prirasta jednodobnih mješovitih sastojina hrasta kitnjaka i belog graba u šumama Gornjeg Srema. Glasnik šumarskog fakulteta. Beograd, 1957;
19. Mirković D., Dendrometrija, II izd. Univerzitet u Beogradu. Beograd, 1954;
20. Mirković D., Normalne visinske krive za hrast kitnjak i bukvu u NR Srbiji. Glasnik šumarskog fakulteta Beograd, 1958;
21. Mitscherlich G., Der Eichenbestand mit Buchen und Tannenunterstand. Schriftenreihe der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt. Freiburg im Breisgau, 1953;
22. Obradović—Sentić, Osnovi statističke analize, Beograd, 1956;
23. Prodan M., Messung der Waldbestände. Frankfurt, 1951;
24. Prodan M., Durchmesser u. Massenzuwachs in Eichenbeständen. Schriftenreihe der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt. Freiburg im Breisgau, 1953;
25. Stojanović O., Taksacione osnove za gazdovanje šumama bijelog bora u Bosni. Rukopis, 1962;
26. Schöber R., Grundner und Schwappach, Messentaffeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Bäume und Waldbestände. Paul Parey, Berlin, 1952;
27. Šurić S., Jednoulazne tabele masa za hrast. Mali šumarsko-tehnički priručnik. Zagreb, 1949;
28. Vukmirović V., Upoređenje rezultata određivanja prirasta kontrolnom metodom i pomoću Presslerovog svrdla. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Sarajevu. Sarajevo, br 1/B, 1956;
29. Wiedemann—Schöber, Ertragstabellen wichtiger Holzarten bei verschiedener Durchforstung. Verlag Schaper. Hannover, 1957;
30. Wimmerauer, Prirasno prihodne tablice za hrast sa slabom proredom. Mali šumarsko tehnički priručnik, Zagreb, 1949.

SADRŽAJ

	Strana
A. OPĆI DIO	
I. UVOD I PROBLEMATIKA	83
II. ZADATAK RADA	84
III. OGLEDNE POVRŠINE	85
IV. PRIMJENJENI METODI RADA PRI SNIMANJU I OBRADI SNIMLJENOG MATERIJALA	88
1. Terenska snimanja	88
2. Obrada podataka oglednih površina	88
a) Visina stabala	88
b) Bonitetne visinske krivulje	89
c) Zapreminske tablice stabala hrasta kitnjaka	94
d) Stepen sklopa	95
e) Debljinski prirast	95
f) Broj stabala	95
g) Zapremina sastojine	95
h) Zapreminski prirast sastojine	97
i) Procent prirasta zapremine sastojine	97
B. POSEBNI DIO	
PRIMJENJENI METOD ZA ANALIZE	102
I. DEBLJINSKI PRIRAST	105
1. Uticaj taksacionih elemenata na debljinski prirast	108
a) Uticaj boniteta staništa	108
b) Uticaj stepena sklopa	108
c) Uticaj prečnika srednjeg stabla sastojine	111
d) Uticaj smjese hrasta	112
e) Uticaj debljine stabla	113
2. Veličina debljinskog prirasta	114
II. ZAPREMINSKI PRIRAST SASTOJINE	117
1. Uticaj taksacionih elemenata na zapreminski prirast sastojine	120
a) Uticaj boniteta staništa	120
b) Uticaj stepena sklopa	120
c) Uticaj prečnika srednjeg stabla sastojine	121
d) Uticaj smjese hrasta	121
2. Veličina zapreminskog prirasta sastojine	123
OSTALI TAKSACIONI ELEMENTI SASTOJINE	128
III. BROJ STABALA	128
1. Uticaj taksacionih elemenata na broj stabala	129
a) Uticaj boniteta staništa	129
b) Uticaj stepena sklopa	129
c) Uticaj prečnika srednjeg stabla sastojine	129
d) Uticaj smjese hrasta	129
2. Veličina broja stabala	131
IV. ZAPREMINA SASTOJINE	132
1. Uticaj taksacionih elemenata na zapreminu sastojine	133
a) Uticaj boniteta staništa	133
b) Uticaj stepena sklopa	135
c) Uticaj prečnika srednjeg stabla sastojine	135
d) Uticaj smjese hrasta	135
2. Veličina zapremine sastojine	135
V. PROCENT PRIRASTA ZAPREMINE SASTOJINE	136
1. Uticaj taksacionih elemenata na procent prirasta zapremine sastojine	137
a) Uticaj boniteta staništa	139
b) Uticaj stepena sklopa	139
c) Uticaj prečnika srednjeg stabla sastojine	139
d) Uticaj smjese hrasta	139
2. Veličina procenta prirasta zapremine	140