

Hipotetski razvoj sastojina hrasta lužnjaka

Pranjić, Ankica

Source / Izvornik: **Glasnik za šumske pokuse: Annales pro experimentis foresticis, 1985, 23, 1 - 23**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:103061>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-28**



Repository / Repozitorij:

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



ANKICA PRANJIĆ

HIPOTETSKI RAZVOJ SASTOJINA HRASTA LUŽNJAKA

HYPOTHETICAL DEVELOPMENT OF PEDUNCULATE OAK STANDS

Prispjelo 20. siječnja 1985.

Prihvaćeno 31. ožujka 1985.

Postavljeno je sedam idejnih razvojnih stadija hrasta lužnjaka s običnim grabom (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić 1959) uzevši u obzir vrlo promjenljive prirodne uvjete i različite načine gospodarenja. Kod izrade razvojnih modela vrijeme kulminacije visinskog i debljinskog prirasta ima posebno značenje. Razvojni modeli su izrađeni na osnovi sinteze, posebno izrađenih i postojećih matematičkih modela taksacijskih veličina. Naši razvojni modeli predstavljaju osnovicu za daljnja istraživanja strukture dimenzije stabala unutar pojedinog dobnog razreda tehnikom simuliranja.

Ključne riječi: visinski prirast, debljinski prirast, volumni prirast, matematički modeli, tehnika simuliranja.

UVOD — INTRODUCTION

U izmjeri šuma se sve više primjenjuju novi postupci, kao što su analiza sistema, traženje matematičkih modela, tehnika simuliranja i dr. pomoću kojih možemo na relativno brz i jednostavan način doći do pouzdanih zaključaka.

Sastojinu možemo promatrati kao vrlo složen biološki sustav koji se kontinuirano mijenja. Izgrađenost tog biološkog sistema kao i promjene koje se zbivaju u njemu predstavljaju za šumare vrlo značajno područje istraživanja.

Raščlanjenjem biosustava na njegove komponente upoznajemo pojedine dijelove sustava i njihovo djelovanje, ponovnim združivanjem poznatih komponenata upoznajemo način djelovanja cijeloga sistema. Ova kombinacija analize koju slijedi sinteza predstavlja analizu sistema. Analiza sistema obuhvaća traženje reprezentativne ovisnosti između komponenata te njihove udruženosti unutar sistema koristeći pri tome kvalitativne i kvantitativne matematičke modele (Gould, 1967).

U izmjeri šuma matematički modeli se koriste vrlo dugo, to je u biti novi naziv za stari postupak traženja zakonitosti između varijabli odnosno postavljanje empiričkih jednadžbi.

Sastojinske promjene možemo ustanoviti kontinuiranom izmjerom sastojine. U pravilu promjene ustanovljene unutar određenog vremenskog intervala u prošlosti proiciramo u budućnost. Ovaj postupak ima značajnih nedostataka. U prvom redu sastojinske promjene (prirast, mortalitet, priliv) su karakteristične za određeni vremenski period u prošlosti i nije pouzdano prenositi ih na duži vremenski period. Osim toga kontinuirana izmjera sastojine zahtijeva značajan utrošak vremena i novca.

Stoga su nam za praćenje razvoja sastojine ponekada prihvatljivije indirektno metode, koje uključuju modele simuliranja razvoja sastojina i kompjutorsku obradu (Lampbell, 1979).

Premda pod tehnikom simuliranja dinamike razvoja sastojine obično podrazumijevamo stvaranje modela kojim oponašamo životne uvjete određenog biosustava, tehnika simuliranja ima šire značenje. Često puta nije potrebno a nismo ni u mogućnosti reproducirati stvarni život već tehnikom simuliranja izvodimo eksperiment na modelu sistema i time dolazimo do alternativnih rješenja (Newham, 1966). Ovo omogućuje istraživaču da donosi zaključke na nivou postavljenih stvarnih ili hipotetskih podataka odnosno želja (Gochenour, 1973).

Studij simuliranja zahtijeva konstrukciju modela koji u biti ovise o kreativnoj sposobnosti istraživača. Nakon postavljanja modela i njihova usklađivanja sa stvarnim uvjetima sistema pristupa se stvaranju promjena u sistemu tako da su, slučajna opažanja uzeta iz teorijske distribucije združena s odgovarajućim varijablama. Budući da ovo zahtijeva mnogo računanja obično se ovaj posao vrši na elektronskom računaru. Međutim tehnika simuliranja ne ovisi o kompjuteru te može biti izvedena i bez njega.

PROBLEM I ZADATAK ISTRAŽIVANJA — THE SUBJECT AND AIM OF THE RESEARCH

Praćenje razvoja sastojina hrasta lužnjaka je vrlo dug i težak posao. Međutim u svrhu postavljanja pravilnog gospodarenja moramo poznavati dinamiku promjena u tim sastojinama. Radi toga ćemo u ovom radu na osnovi stvarnih i željenih sastojinskih parametara izraditi sedam hipotetskih razvojnih sistema hrasta lužnjaka u zajednici hrasta lužnjaka s običnim grabom.

Zbog opsežnosti materijala u ovom radu ćemo prikazati samo način kreiranja hipotetskih modela. Simuliranje promjena unutar pojedinih dobnih razreda te korekciju hipotetskih modela s obzirom na stvarne uvjete i dobivene rezultate simuliranja opisati ćemo u posebnom radu.

NAČIN IZRADE MODELA — THE WAY OF WORKING OUT MODELS

U zajednici hrasta lužnjaka s običnim grabom, kulminacija tečajnog debljinskog prirasta nastupa sa 95% vjerojatnosti u starosnom intervalu od 12 do 28 godina (Pranjić, 1975). Uzevši u obzir da na debljinski prirast bitno utječe broj stabala po jedinici površine odnosno intenzitet

njege, eliminirajući utjecaj boniteta, te da kulminacija debljinskog prirasta nastupa ranije u rjeđim sastojinama, postavili smo svoje željeno vrijeme kulminacije tečajnog debljinskog prirasta za naših sedam modela (Tabela 1).

Tab. 1

	1	2	3	4	5	6	7
t_d	26	24	22	20	18	16	14
i_{dt}	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
d_{1-30}	4.0	5.85	7.12	7.91	8.22	8.0	7.4
d_{100}	33.6	43.8	53.9	63.9	73.8	83.6	93.4
d_B	35.7	46.4	56.9	67.4	77.7	88.0	98.2
l_1	3.13	4.02	4.89	5.76	6.62	7.47	8.32
l_n	4.38	5.63	6.87	8.06	9.27	10.46	11.66
N_{100}	443	268	180	131	99	78	63
T	2104	1637	1341	1144	995	883	793

t_d = vrijeme kulminacije tečajnog godišnjeg debljinskog prirasta —
time culmination of current annual diameter increment

i_{dt} = tečajni godišnji debljinski prirast u cm — current annual dia-
meter increment in cm

d_{1-30} = prsni promjer bez kore — diameter at breast height inside bark
in cm

d_{100} = prsni promjer bez kore u 100 godina — diameter at breast height
inside bark at age 100 years in cm

d_B = prsni promjer s korom u 100-toj god. — diameter at breast height
outside bark at age 100 years in cm

l_1 = međusobna udaljenost stabala — distance of trees

l_n = nominalna udaljenost — nominal distance

N_{100} = broj stabala po ha — number of trees/ha

T = ugibanje stabala — death from old age

Osim toga za svaki model određena je širina goda odnosno tečajni debljinski prirast bez kore u vrijeme kulminacije.

Želja nam je da veličinu debljinskog prirasta odnosno postignutu širinu goda u momentu kulminacije zadržimo do kraja ophodnje, primjenom odgovarajuće njege u tim sastojinama.

Poznato nam je da se prsni promjer hrasta lužnjaka u vremenu kulminacije tečajnog debljinskog prirasta sa 95% vjerojatnosti kreće od 5 do 12 cm (Pranjčić, 1975). Na osnovi postavljenog vremena kulminacije tečajnog debljinskog prirasta (i_d) i debljinskog prirasta u vrijeme kulminacije izračunali smo naše prsne promjere (d_{1-30}). Pri tome smo pretpostavili da je u prvom modelu $d_{1-30} = 0$ u $t = 6$ god. (odnosno da je $h =$

1,30 za $t = 6$ god.), ostalim modelima $d_{1,30}$ u $t = 6$ god. izračunat je proporcionalno debljinskom prirastu u vrijeme kulminacije. Na osnovi tih veličina svakom modelu određen je prsni promjer ($d_{1,30}$) u vrijeme kulminacije tečajnog debljinskog prirasta (l_d) uz pretpostavku da je debljinski prirast od 6 god. pa do vremena kulminacije linearan.

Zatim je određen prsni promjer ($d_{1,30}$) u $t = 100$ god. srednjeg sastojinskog stabla bez kore i sa korom (Tabela 1).

Debljinu kore (dupla kora 2B) smo odredili na osnovi od ranije poznatog matematičkog modela (Pranjić, 1975)

$$2B = 0,584 + 0,045254 d_{1,30}$$

uz pretpostavku da ova zakonitost vrijedi i za $2B = f(d_{1,30}$ bez kore).

Na osnovi prsnog promjera srednjeg sastojinskog stabla i međusobne udaljenosti stabala (l_1)

$$l_1 = 0,167 + 0,083 d_{1,30}$$

odnosno nominalne udaljenosti stabala (l_n)

$$l_n = 1,4 \cdot l_1$$

određen je broj stabala po hektaru u stotoj godini.

Prema našim istraživanjima u hrastovim sastojinama odnos između nominalne površine i stvarne pokrovnosti iznosi 1,4.

Nominalna površina je projekcija krošnje stabla uvećana za odgovarajući dio nepokrivene površine. Ovdje smo učinili pretpostavku da nam se krošnje stabala dotiču i da je promjer krošnja jednak međusobnoj udaljenosti stabala (l_1), odnosno da je maksimalan stupanj pokrovnosti 0,85 ako su stabla po površini distribuirana između kvadrata i trokuta (Tabela 1).

IZRADA HIPOTETSKIH BIOSISTEMA HRASTA LUŽNJAKA — THE WORKING OUT OF HYPOTHETICAL BIOSYSTEMS OF PEDUNCULATE OAK

Konstruirano je sedam modela-biosistema hrasta lužnjaka, uzevši u obzir postavljene zakonitosti i željene veličine. Za svaki model su određene najvažnije taksacijske veličine.

Broj stabala po hektaru — The number of trees per hectare

Broj stabala po ha u pojedinom dobnom razredu određen je na osnovi pretpostavke da je odnos broja stabala po ha traženog dobnog razreda i broja stabala u 100-toj godini obrnuto proporcionalan kvadratu njihove starosti. Odnosno

$$N_i = \frac{K_j \cdot 100^2}{t_i^2}$$

gdje je

N_i = broj stabala po hektaru u i-tom dobnom razredu

K_j = broj stabala po ha u 100-toj godini u j-tom modelu

t_i = starost i-tog dobnog razreda

Uz pretpostavku da biosistem živi sve dok ima barem jedno stablo hrasta lužnjaka po hektaru određena je maksimalna starost pojedinog modela sistema (Tabela 1).

Dimenzije srednjeg sastojinskog stabla — Dimensions of a mean tree stand

Za svaki dojni razred pojedinog modela određene su dimenzije srednjeg sastojinskog stabla, prsni promjer ($d_{1,30}$), srednja sastojinska visina (h), temeljnica ($g_{1,30}$) i volumena.

Prsni promjer ($d_{1,30}$) odnosno temeljnica srednjeg sastojinskog stabla određen je na isti način kao i prsni promjer stogodišnje sastojine, dodavanjem tečajnog debljinskog prirasta prsnom promjeru u vrijeme kulminacije.

Međutim za određivanje srednje sastojinske visine bilo je potrebno izraditi krivulju visinskog rasta za svaki model.

Krivulja rasta u visinu je određena na osnovi poznatog vremena kulminacije tečajnog visinskog prirasta i asimptote pojedinog modela (Tabela 2).

Tab. 2

Model	1	2	3	4	5	6	7
t_M	20	18	16	14	12	10	8
d_M	2.7	3.9	4.6	4.7	4.2	3.7	2.4
h_M	4.7	5.9	6.6	6.7	6.2	5.7	4.4
h_{max}	34.74	43.61	48.78	49.52	45.82	42.13	32.52

t_M = vrijeme kulminacije tečajnog godišnjeg visinskog prirasta — time culmination of current annual height increment

d_M = prsni promjer u t_M — diameter at breast height at t_M

h_M = totalna visina u t_M — total height at t_M

h_{max} = A = asimptota

Maksimalna visina pojedinog modela, odnosno njegova asimptota (A) određena je na osnovi pretpostavke da je visina stabla (h_M) u vrijeme kulminacije tečajnog visinskog prirasta $h_M = 0,1353 A$, odnosno visina stabla u vrijeme kulminacije tečajnog visinskog prirasta je 13,53% maksimalne visine (h_{max}).

Prema našim istraživanjima kulminacija tečajnog prirasta nastupa kod 13,53%, zrelost 50,00%, apsolutna zrelost 75%, te umiranje kod 98% maksimalne visine.

Stadij zrelosti tj. 50% maksimalne visine se upravo poklapa sa kulminacijom tečajnog prirasta produkcije a apsolutna zrelost s prosječnim prirastom produkcije.

Kako nam je poznata maksimalna visina — asimptota ($A = h_{max}$) i vrijeme kulminacije tečajnog visinskog prirasta, odabrana je funkcija rasta

$$h_i = A e^{-\frac{2t_M}{t_i}}$$

i funkcija tečajnog visinskog prirasta (i_h)

$$i_h = \frac{2t_M}{t_i^2} \cdot h_i \quad i_h = \frac{i_M}{\left(\frac{t_i}{t_M}\right)^2} \cdot \left(\frac{h_i}{h_M}\right)$$

i_M = tečajni visinski prirast u vrijeme kulminacije (t_M). Volumen srednjeg sastojinskog stabla odnosno oblični brojevi su izračunati po formuli

$$f = \frac{h_i}{2(h_i - 1,30)}$$

gdje je

f_i = oblični broj stabla s korom

h_i = srednja sastojinska visina

Određivanje sastojinskih elemenata prije i poslije prorjede — Setting the stand elements before and after thinning

Na već objašnjen način određen je broj stabala po hektaru za svaki dobní razred unutar pojedinog modela. Da bi odredili broj izvađenih stabala (prorjede) odnosno broj stabala poslije prorjede, učinili smo pretpostavku da mortaliteta i priliva u tim sastojinama nema te da smo njegu sastojine izvršili upravo u sredini dobnog razreda. Ovo znači da nam je broj stabala poslije prorjede upravo jednak broju stabala u slijedećem višem dobnom razredu, a broj stabala prorjede različiti broja stabala sukcesivnih dobnih razreda (Tabela 3—9). Na osnovi poznatog broja stabala i volumena srednje sastojinskog stabla izračunali smo volumen sastojine prije prorjede, poslije prorjede i naravno volumen prorjede.

I ovdje smo učinili pretpostavku da je unutar dobnog razreda distribucija volumena normalna te da volumen srednjeg sastojinskog stabla predstavlja volumen stabala prije i poslije prorjede i same prorjede.

Pomoću ovih sastojinskih elemenata na već uobičajeni način izračunat je volumni prirast i ukupna produkcija (Tabela 3—9).

Tab. 4

Starost Age	Broj stabala Number of trees			Srednje sasto- jinsko stablo Mean tree			Temeljnica po ha Basal area			Volumen po ha Volume per ha			Volumni prirast Volume increment					
	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	$d_{1,30}$ D.b.h	h Height	V_i Volume	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Prije prorjede Before thinning	Poslije prorjede After thinning	Produk- cija Produc- tion			
	n_1	n_2	n_3	cm	m	m^3	m^2	m^2	m^2	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	
10	26800	20100	6700	1.4	1.19	0.001	4.1	3.1	1.0	26.8	20.1	6.7	26.8	2.68	2.68			
20	6700	3722	2978	4.7	7.21	0.008	11.6	6.5	5.2	53.6	29.8	23.8	73.7	10.72	2.68	1.71	0.67	
30	2978	1303	1675	9.8	13.13	0.054	22.5	9.8	12.6	160.8	70.4	90.4	210.7	12.56	5.36	6.66	1.19	
40	1675	603	1072	15.1	17.73	0.171	30.0	10.8	19.2	286.4	103.1	183.3	406.7	10.38	7.16	9.29	3.01	
50	1072	328	744	20.3	21.22	0.364	34.7	10.6	24.1	390.2	119.4	270.8	613.6	9.19	7.80	8.75	4.58	
60	744	197	547	25.5	23.93	0.648	38.0	10.1	27.9	482.1	127.7	354.4	824.9	7.75	8.03	8.36	5.42	
70	547	128	419	30.7	26.07	1.023	40.5	9.5	31.0	559.6	130.9	428.7	1030.1	7.75	7.43	5.91	20.69	
80	419	88	331	36.0	27.80	1.471	42.6	8.9	33.7	616.3	129.4	486.9	1217.7	5.67	7.99	6.12	20.52	
90	331	63	268	41.2	29.23	2.028	44.1	8.4	35.7	670.6	127.6	543.0	1401.4	5.43	7.70	6.09	18.76	
100	268	47	221	46.4	30.42	2.675	45.3	7.9	37.4	716.9	125.7	591.2	1575.3	4.63	7.45	5.61	18.37	
110	221	35	186	51.6	31.43	3.418	46.2	7.3	38.9	755.4	119.6	635.8	1739.5	3.85	7.17	6.03	17.39	
120	186	27	159	56.9	32.30	4.271	47.3	6.9	40.4	794.4	115.3	679.1	1898.1	3.90	6.87	5.91	16.42	
130	159	22	137	62.1	33.05	5.205	48.1	6.7	41.5	827.6	114.5	713.1	2046.6	3.32	6.62	5.78	16.42	
140	137	18	119	67.3	33.71	6.236	48.7	6.4	42.3	854.3	112.2	742.1	2187.8	2.67	6.37	5.66	15.82	
150	119	14	105	72.5	34.30	7.363	49.1	5.8	43.3	876.2	103.1	773.1	2321.9	2.19	6.37	5.32	15.81	
160	105	12	93	77.8	34.82	8.607	49.9	5.7	44.2	903.7	103.0	800.4	2452.5	2.00	6.10	5.48	14.85	
170	93	10	83	82.9	35.28	9.902	50.2	5.4	44.8	920.9	101.0	821.9	2572.7	1.72	6.37	5.30	14.12	
180	83	9	74	88.2	35.70	11.342	50.7	5.4	45.2	941.4	100.1	839.3	2694.2	1.70	6.10	5.15	13.41	
														5.23	1.74	4.66	12.02	
																	14.96	

Tab. 5

Starost Age	Broj stabala Number of trees			Srednje sasto- jinsko stablo Mean tree			Temeljnica po ha Basal area			Volumen po ha Volume per ha			Volumni prirast Volume increment						
	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	d _{1,30} D.b.h	h Height	V _i Volume	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Produkcija Production	Prije prorjede Before thinning		Poslije prorjede After thinning		Produk- cija Produc- tion	
														i _t Tečajni Current	i _p Prosječni Mean	i _t Tečajni Current	i _p Prosječni Mean	i _t Tečajni Current	i _p Prosječni Mean
10	18000	13500	4500	2.4	1.99	0.001	8.1	6.1	2.0	18.0	13.5	4.5	18.0	7.20	1.80	3.55	0.45	8.55	1.80
20	4500	2500	2000	6.7	9.85	0.020	15.9	8.8	7.1	90.0	50.0	40.0	103.5	15.00	4.50	9.50	2.00	20.00	5.17
30	2000	875	1125	13.0	16.78	0.120	26.5	11.6	14.9	240.0	105.0	135.0	303.5	14.20	8.00	10.98	4.50	24.75	10.12
40	1125	405	720	19.3	21.91	0.340	32.9	11.8	21.1	382.5	137.7	244.8	551.0	12.30	9.58	10.98	6.12	24.75	13.77
50	720	220	500	25.6	25.72	0.702	37.1	11.3	25.7	505.4	154.4	351.0	811.6	12.30	10.11	10.62	7.02	23.95	16.23
60	500	133	367	31.8	28.61	1.181	39.7	10.6	29.1	590.5	157.1	433.4	1051.1	8.50	9.84	8.24	7.22	23.86	17.52
70	367	86	281	38.1	30.88	1.831	41.8	9.8	32.0	672.0	157.5	514.5	1289.7	8.10	9.60	8.11	7.35	22.51	18.42
80	281	59	222	44.4	32.69	2.632	43.5	9.1	34.4	739.6	155.3	584.3	1514.8	6.80	9.24	6.98	7.30	22.51	18.93
90	222	42	180	50.7	34.18	3.588	44.8	8.5	36.3	796.5	150.7	645.8	1727.0	5.70	8.85	6.15	7.17	19.70	19.19
100	180	31	149	56.9	35.41	4.682	45.8	7.9	37.9	842.8	145.1	697.7	1924.0	4.60	8.43	5.19	6.98	18.85	19.24
110	149	24	125	63.2	36.46	5.948	46.7	7.5	39.2	886.2	142.7	743.5	2112.5	4.30	8.06	4.58	6.76	17.75	19.20
120	125	19	106	69.5	37.35	7.368	47.4	7.2	40.2	921.0	140.0	781.0	2290.0	3.50	7.67	3.75	6.51	17.75	19.08
130	106	14	92	75.8	38.13	8.947	47.8	6.3	41.5	948.4	130.0	822.8	2457.1	2.70	7.29	3.30	6.33	16.71	19.08
140	92	12	80	82.0	38.80	10.655	48.5	6.3	42.2	980.3	127.9	852.4	2619.3	2.40	7.00	2.96	6.09	16.22	18.90
150	80	10	70	88.3	39.40	12.546	49.0	6.1	42.9	1003.7	125.5	878.2	2770.0	2.30	6.69	2.58	5.85	15.13	18.68
160	70	8	62	94.6	39.93	14.594	49.2	5.6	43.6	1021.6	116.7	904.9	2914.0	1.80	6.38	2.47	5.65	14.34	18.47
														1.80		1.72		13.45	18.21

Priziv A: Hipotetski razvoj sastojina hrasta južnjaka. Glasnik za šum. pokuse 23:1-23, Zagreb, 1985.

Tab. 6

Starost Age	Broj stabala Number of trees			Srednje sasto- jinsko stablo Mean tree			Temeljnica po ha Basal area			Volumen po ha Volume per ha			Volumni prirast Volume increment						
	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	d _{1.30} D.b.h	h Height	V _i Volume	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Produkcija Production	Prije prorjeda Before thinning		Poslije prorjeda After thinning		Produk- cija Produc- tion	
														i _t Tečajni Current	i _p Prosječni Mean	i _t Tečajni Current	i _p Prosječni Mean	i _t Tečajni Current	i _p Prosječni Mean
cm	m	m ³	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
10	13100	9825	3275	3.0	3.00	0.002	9.2	6.9	2.3	26.2	19.6	6.6	26.2	11.46	2.62	5.60	0.66	13.42	2.62
20	3275	1819	1456	8.9	12.21	0.043	20.4	11.3	9.1	140.8	78.2	62.6	160.4	17.51	7.04	3.13	3.13	25.33	8.02
30	1456	637	819	16.2	19.47	0.217	30.0	13.1	16.9	315.9	138.2	177.7	413.7	14.68	10.53	5.92	5.92	28.50	13.79
40	819	295	524	23.5	24.59	0.565	35.5	12.8	22.7	462.7	166.7	296.0	698.7	11.16	11.57	7.40	7.40	27.83	17.47
50	524	160	364	30.8	28.28	1.096	39.0	11.9	27.1	574.3	175.4	398.9	977.0	9.58	11.49	10.29	7.98	27.83	19.54
60	364	97	267	38.1	31.05	1.841	41.5	11.1	30.4	670.1	178.6	491.5	1248.2	7.59	11.17	9.26	8.19	25.45	20.80
70	267	62	205	45.4	33.19	2.794	43.2	10.0	33.2	746.0	173.2	572.8	1502.7	6.83	10.86	8.13	8.18	24.15	21.47
80	205	43	162	52.8	34.89	3.972	44.9	9.4	35.5	814.3	170.8	643.5	1744.2	5.24	10.18	7.07	8.04	22.32	21.80
90	162	31	131	60.1	36.27	5.350	46.0	8.8	37.2	866.7	165.8	700.9	1967.4	4.27	9.63	5.74	7.79	20.85	21.86
100	131	23	108	67.4	37.42	6.942	46.7	8.2	38.5	909.4	159.7	749.7	2175.9	3.52	9.09	4.88	7.50	20.85	21.76
110	108	17	91	74.7	38.38	8.747	47.3	7.4	39.9	944.7	148.7	796.0	2370.9	3.53	8.59	4.63	7.24	19.50	21.55
120	91	14	77	82.0	39.21	10.768	48.1	7.4	40.7	979.9	142.7	829.2	2554.8	3.52	8.17	3.32	6.91	18.39	21.29
130	77	10	67	89.3	39.92	13.001	48.2	6.3	42.0	1001.1	140.0	871.1	2718.7	3.00	7.70	3.19	6.70	17.19	20.97
140	67	9	58	96.7	40.53	15.478	49.2	6.3	42.6	1037.0	139.3	897.7	2894.6	2.59	7.41	2.66	6.41	16.59	20.66
														1.55	7.41	2.66	6.41	15.48	

Tab. 7

Starost Age	Broj stabala Number of trees			Srednje sasto- jinsko stablo Mean tree			Temeljnica po ha Basal area			Volumen po ha Volume per ha			Volumni prirast Volume increment						
	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	$d_{1.30}$ D.b.h	h Height	V_1 Volume	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Produkcija Production	Prije prorjeda Before thinning		Poslije prorjeda After thinning		Produk- cija Produc- tion	
														i_t Current	\bar{m}_p Mean	i_t Current	\bar{m}_p Mean	i_t Current	\bar{m}_p Mean
10	9900	7425	2475	3.5	4.15	0.004	9.3	7.1	2.4	39.6	29.7	9.9	39.6	13.12	3.98	6.60	0.99	16.09	3.96
20	2475	1375	1100	10.8	13.80	0.069	22.7	12.6	10.1	170.8	94.9	75.9	200.5	17.68	8.54	11.97	3.79	27.17	10.02
30	1100	481	619	19.2	20.58	0.316	31.8	13.9	17.9	347.6	152.0	195.6	472.2	14.57	11.59	12.00	6.52	29.77	15.74
40	619	223	396	27.6	25.14	0.797	37.0	13.3	23.7	493.3	177.7	315.6	769.9	9.75	12.33	9.47	7.89	27.52	19.25
50	396	121	275	35.9	28.35	1.492	40.1	12.2	27.8	590.8	180.5	410.3	1045.1	8.60	11.82	8.69	8.21	26.65	20.90
60	275	73	202	44.3	30.71	2.461	42.4	11.2	31.1	676.8	179.6	497.2	1311.6	6.80	11.28	7.43	8.29	24.76	21.86
70	202	47	155	52.7	32.51	3.687	44.1	10.2	33.8	744.8	173.3	571.5	1559.2	5.47	10.64	5.78	8.16	22.80	22.27
80	155	33	122	61.0	33.94	5.158	45.3	9.6	35.6	799.5	170.2	629.3	1787.2	4.25	9.99	5.40	7.87	21.27	22.34
90	122	23	99	69.4	35.09	6.902	46.1	8.7	37.4	842.0	158.7	683.3	1999.9	3.77	9.35	4.53	7.59	19.64	22.22
100	99	17	82	77.7	36.04	8.886	46.9	8.1	38.9	879.7	151.1	728.6	2196.3	3.47	8.80	4.08	7.29	18.58	21.96
110	82	13	69	86.1	36.83	11.151	47.7	7.6	40.2	914.4	145.0	769.4	2382.1	3.47	8.31	4.08	6.99	18.58	21.65
120	69	10	59	94.5	37.51	13.681	48.4	7.0	41.4	944.0	136.8	807.2	2556.7	2.96	7.87	3.78	6.73	17.46	21.31

Tab. 8

Starost Age	Broj stabala Number of trees			Srednje sasto- jinsko stablo Mean tree			Temeljnica po ha Basal area			Volumen po ha Volume per ha			Volumni prirast Volume increment						
	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	d _{1,30} D.b.h	h Height	v ₁ Volume	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Produkcija Production	Prije prorjede Before thinning		Poslije prorjede After thinning		Produk- cija Produc- tion	
														i _t Tečajni Current	̄ _p Prosječni Mean	i _t Tečajni Current	̄ _p Prosječni Mean	i _t Tečajni Current	̄ _p Prosječni Mean
cm	m	m ³	m ²	m ²	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	
10	7800	5850	1950	3.9	5.70	0.004	9.4	6.6	2.2	31.2	23.4	7.8	31.2	17.94	3.12	8.58	0.78	19.89	3.12
20	1950	1083	867	12.7	15.50	0.108	24.7	13.7	11.0	210.6	117.0	93.6	234.0	17.09	10.53	4.68	28.79	12.28	
30	867	380	487	22.1	21.63	0.440	33.2	14.6	18.7	381.5	167.2	214.3	521.9	13.23	12.72	12.07	7.14	28.79	17.79
40	487	175	312	31.5	25.55	1.055	37.9	13.6	24.3	513.8	184.6	329.2	821.4	13.23	12.84	11.49	8.23	29.95	20.83
50	312	95	217	40.9	28.23	1.929	41.0	12.5	28.5	601.8	183.2	418.6	1094.0	8.80	12.04	8.94	8.37	27.26	22.11
60	217	58	159	50.3	30.18	3.118	43.1	11.5	31.6	676.6	180.8	495.8	1352.0	7.48	11.28	7.72	8.26	25.80	22.73
70	159	37	122	59.7	31.65	4.607	44.5	10.3	34.1	732.5	170.5	562.0	1588.7	5.59	10.46	6.62	8.03	23.67	22.86
80	122	26	96	69.2	32.80	6.415	45.9	9.8	36.1	782.6	166.8	615.8	1809.3	5.01	9.78	5.38	8.03	22.06	22.76
90	96	18	78	78.6	33.73	8.510	46.6	8.7	37.8	817.0	153.2	663.8	2010.5	3.44	9.08	4.80	7.70	20.12	22.47
100	78	14	64	88.0	34.48	10.905	47.4	8.5	38.9	850.6	152.7	697.9	2197.3	3.36	8.51	3.41	6.98	18.68	22.09

Tab. 9

Starost Age	Broj stabala Number of trees			Srednje sasto- jinsko stablo Mean tree			Temeljnica po ha Basal area			Volumen po ha Volume per ha			Volumni prirast Volume increment						
	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	d _{t,30} D.b.h	h Height	V _i Volume	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Prije Before	Prorjeda Thinning	Poslije After	Produkcija Production	Prije prorjede Before thinning		Poslije prorjede After thinning		Produk- cija Produc- tion	
														Tečajni Current	Prosječni Mean	Tečajni Current	Prosječni Mean	Tečajni Current	Prosječni Mean
10	6300	4725	1575	4.7	6.56	0.010	10.9	8.2	2.7	63.0	47.2	15.8	63.0	14.80	6.30	1.58	6.30	19.52	6.30
20	1575	875	700	14.6	14.61	0.134	26.4	14.6	11.7	211.0	117.2	93.8	258.2	14.25	10.55	4.89	10.55	25.97	12.91
30	700	306	394	25.0	19.07	0.505	34.4	15.0	19.3	353.5	154.5	199.0	517.9	9.68	11.78	8.90	6.63	25.13	17.26
40	394	142	252	35.5	21.79	1.143	39.0	14.1	24.9	450.3	162.3	288.0	769.2	7.13	11.26	7.42	7.20	23.36	19.23
50	252	77	175	45.9	23.61	2.070	41.7	12.7	28.9	521.6	159.4	362.2	1002.8	5.54	10.43	7.24	7.24	23.36	20.06
60	175	46	129	56.4	24.90	3.297	43.7	11.5	32.2	577.0	151.7	425.3	1217.6	4.48	9.62	4.71	7.09	19.65	20.29
70	129	31	98	66.9	25.87	4.820	45.3	10.9	34.4	621.8	149.4	472.4	1414.1	2.71	8.88	4.41	6.75	17.65	20.20
80	98	20	78	77.3	26.62	6.621	46.0	9.4	36.6	648.9	132.4	516.5	1590.6	1.96	8.11	4.41	6.46	17.65	19.88
90	78	15	63	87.8	27.22	8.570	47.2	9.1	38.1	668.5	128.5	540.0	1742.6	1.96	7.43	2.35	6.00	15.20	19.36

Kulminacija volumnog prirasta — Volume increment culmination

Za naše modele odredili smo vrijeme kulminacije volumnog prirasta sastojine, prije i poslije prorjede, te vrijeme kulminacije volumnog prirasta produkcije (Tabela 10). Tečajni i prosječni godišnji volumni prirast imaju značajnu ulogu pri određivanju zrelosti odnosno ophodnje sastojine. Ako nam zrelost sastojine određuje vrijeme kulminacije prosječnog godišnjeg prirasta produkcije tada se za naše modele ona kreće od 60-godina M-7 do 140 godina M-1.

RAZMATRANJE DOBIVENIH REZULTATA — ANALYSIS OF OBTAINED RESULTS

Na osnovi poznatih zakonitosti koje se nalaze u sastojinama hrasta lužnjaka s običnim grabom izrađeni su hipotetski modeli (7 modela) hrastovih sastojina. Modeli nam predstavljaju sedam načina gospodarenja s obzirom na širinu goda odnosno debljinski prirast.

Ukoliko želimo imati konstantnu širinu goda (u prosjeku) kroz cijelu ophodnju hrasta, tada na osnovi vremena kulminacije tečajnog debljinskog prirasta i željene širine goda određujemo prsni promjer srednjeg sastojinskog stabla (s korom) u 100-toj godini. Na osnovi prsnog promjera odredimo međusobnu udaljenost stabala a iz nje nominalnu udaljenost koja je za 40% veća od izračunate. Nominalna udaljenost odgovara teoretskoj pokrovnosti 0,83 odnosno stvarnoj 0,71. Mi smo za naše sastojine uzeli teoretski maksimalan stupanj pokrovnosti 0,85 pretpostavljajući da su stabla prostorno distribuirana između kvadrata i trokuta. U hrastovim sastojinama Mayer (1957) je dobio stupanj pokrovnosti 0,43 i 0,74 za sastojine bez lista, a za sastojine pod listom 0,47 i 0,81.

Prema tome naš broj stabala po ha u 100 godini smo dobili dijeljenjem 8500 m² sa odgovarajućom nominalnom površinom.

Najprije s obzirom na način gospodarenja određujemo broj stabala po ha u 100-toj godini i na osnovi njega na vrlo jednostavan način izračunamo broj stabala mlađim i starijim dobnim razredima.

Funkcija za broj stabala

$$N_i = \frac{K_j : 100^2}{t_i^2}$$

je vrlo jednostavna i dobro izražava ovisnost broja stabala po ha o starosti sastojine.

Funkcija visinskog rasta

$$h_i = A e^{-\frac{2t_M}{t_i}}$$

je određena na osnovi vremena kulminacije visinskog prirasta. Vrijeme kulminacije visinskog prirasta neke sastojine možemo na relativno jedno-

Tab. 10

Višinski prirast Height increment		Debljinski prirast Diameter increment		Tečajni prirast Current		Prosječni Mean		Prrije prorjede Before thinning		Poslije prorjede After thinning		Produkcija Production						
t_M	t_p	t_{hp}	t_{dt}	t	t_{dt}	t	t	t_p	t_p	t_p	t_p	t	t_p					
God Year	God Year	m	cm	God Year	God Year	God Year	God Year	God Year	God Year	God Year	God Year	God Year	God Year					
1	20	0.47	40	0.32	26	0.4	35	9.1	70	5.7	55	6.8	90	4.5	55	15.7	140	11.5
2	18	0.65	36	0.44	24	0.5	35	12.6	60	8.0	35	9.3	70	6.1	55	21.1	120	15.8
3	16	0.82	32	0.56	22	0.6	25	15.0	50	10.1	35	11.0	70	7.3	45	26.1	100	19.2
4	14	0.96	28	0.65	20	0.7	25	17.5	40	11.6	35	11.8	60	8.2	35	28.5	90	21.9
5	12	1.03	24	0.70	18	0.8	25	17.7	40	12.3	35	12.0	60	8.3	35	29.8	80	22.3
6	10	1.14	20	0.77	16	0.9	25	17.1	40	12.8	25	12.1	50	8.4	35	29.9	70	22.9
7	8	1.10	16	0.74	14	1.0	15	14.8	30	11.8	25	10.5	50	7.2	25	26.0	60	20.3

stavan način odrediti s obzirom na to da se radi o mladim sastojinama odnosno kulminacija visinskog prirasta nastupa najranije u usporedbi s ostalim vrstama prirasta.

Kako se kod nas radi o sastojinama hrasta lužnjaka s običnim grabom utjecaj boniteta na kulminaciju visinskog prirasta je eliminiran.

Međutim utjecaj prorjeda na kulminaciju visinskog prirasta kod hrasta (a i bukve) očituje se u tome što umjerena prorjeda posebno povoljno utječe na visinski prirast. Ako nam je sastojina vrlo gusta u vrijeme mladosti (prva faza rasta) dolazi do gušenja visinskog prirasta (A s s m a n n, 1970) i vrijeme kulminacije se odgađa katkada i za desetak godina. Ovo znači da nam je obično u tom slučaju kulminacija visinskog prirasta kasnije i visinski prirast manji u odnosu na umjerenu prorjedu.

Nasuprot ovome, širenjem rastućeg prostora kod hrasta stimulira se rast postranih grana, što se očituje u lepezastoj krošnji i nižem visinskom prirastu. Kulminacija visinskog prirasta u tom slučaju nastupa ranije, ali visinski prirast je u vrijeme kulminacije u odnosu na umjereni zahvat niži.

Ovo se jasno očituje i u krivuljama visinskog rasta naših modela (Grafikon 1), stabla iste starosti (odnosno istog promjera) u modelima velikog rastućeg prostora (jaka prorjeda) i malog rastućeg prostora (slaba prorjeda) imaju niže visine od modela umjerenog stajališnog prostora.

Naši modeli također pokazuju, da stabla koja rastu u težim životnim uvjetima (Model 1) postižu dublju starost (Tabela 1) što može imati utjecaja i na vrijeme određivanja ophodnje.

Prema Backman'ovom zakonu konačnu visinu možemo izračunati iz kumulativne vrijednosti (h_M) postignute u vrijeme kulminacije (t_M). Tako na primjer kulminacija tečajnog visinskog prirasta bi bila 15,9% konačne visine (maksimalne visine, asimptote). Što drugim riječima znači da konačnu vrijednost (visinu) možemo odrediti na osnovi visine postignute u momentu kulminacije visinskog prirasta.

Međutim B a c k m a n' o v a pretpostavka nama nije u potpunosti odgovarala, pa smo za naše modele odredili postotak 13,53. Ako nam je krivulja rasta

$$h_i = A e^{-\frac{2t_M}{t}}$$

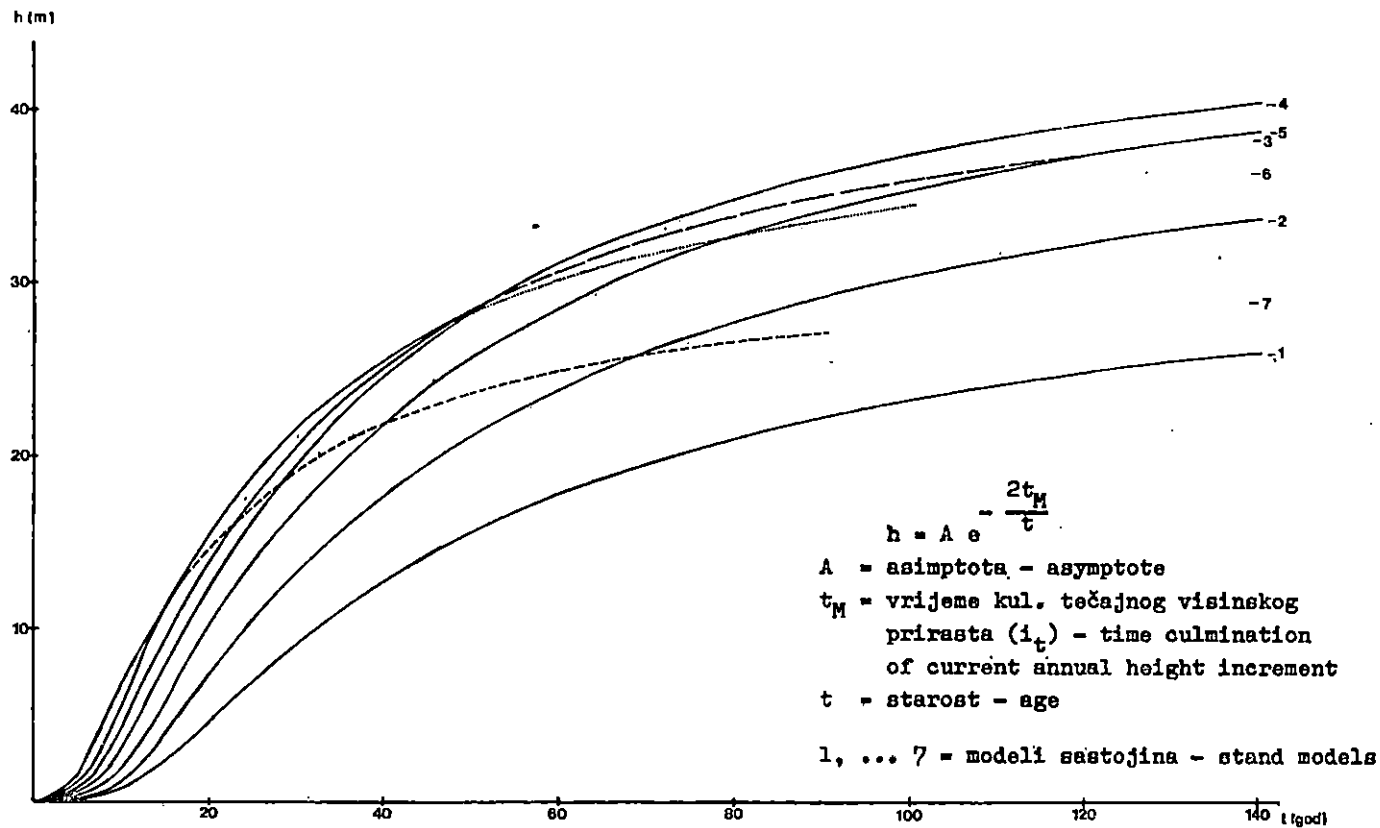
za $t = t_M$ $h_i = h_M$

$$h_M = A e^{-2}$$

odnosno $A = \frac{h_M}{e^{-2}} = \frac{h_M}{0,1353}$

odnosno $h_M = A \cdot 0,1353$.

Ovo znači da je asimptota (maksimalna visina) pojedinog modela upravo proporcionalna visini sastojine u vrijeme kulminacije tečajnog visinskog prirasta.



Graf. — Graph. 1. Visinski rast srednjeg sastojinskog stabla hrasta lužnjaka (*Carpino betuli* — *Quercetum roboris*, Anić 1959) — Height growth of stand mean tree of pedunculate oak

Uzevši u obzir da se naši modeli razvijaju u idealnim uvjetima, isključujući nepogode bilo koje vrste, naši volumeni sastojina prije i poslije prorjede pa i same produkcije su relativno visoki. Naravno uključenjem prosječnih životnih uvjeta i volumen naših sastojina bi se smanjio. Premda je jedan izvjestan dio dobrih i loših vanjskih faktora uključen u naše modele preko primijenjenih matematičkih modela, koji nam predstavljaju stvarne životne uvjete naših sastojina.

Vrijeme kulminacije tečajnog i prosječnog volumnog prirasta (Tabela 10) nastupa najprije u sastojinama prije prorjede zatim u sastojinama poslije prorjede a nakon toga nastaje kulminacija tečajnog prirasta i prosječnog volumnog prirasta produkcije.

S obzirom na naše modele sve vrste prirasta najprije kulminiraju u Modelu 7 a najkasnije u Modelu 1. Najveći volumni prirast u vrijeme kulminacije postiže se u modelu 4 i 5 (za te modele širina goda nam je 3,5 mm i 4 mm), odnosno u modelima 4, 5 i 6 ako uzmemo u obzir prirast produkcije.

Izrazimo li vrijeme kulminacije prirasta u jedinicama vremena kulminacije tečajnog visinskog prirasta (t_M) a odgovarajuću visinu u jedinicama visine (h_M) za t_M , vidimo da kulminacija prosječnog visinskog prirasta nastupa u starosti koja je upravo jednaka dvostrukoj starosti kulminacije tečajnog visinskog prirasta, kod visine $2,7 \cdot h_M$ odnosno $0,37 h_{max}$ (Tabela 11).

Odnosno kulminacija tečajnog volumnog prirasta produkcije nastupa u $3 t_M$ kod visine $3,8 h_M = 0,51 h_{max}$ a kulminacija prosječnog prirasta produkcije u starosti $7 t_M$, kod visine $5,6 h_M = 0,75 h_{max}$. Početak starenja sastojine prema našim istraživanjima nastupa u $t_s = 10 t_M$ kod visine $6 h_M = h_s = 0,82 h_{max}$ (Tabela 11).

Tab. 11

t	h_i	h_i	
t_M	h_M	h_{max}	
1	1	0.1353	Kulminacija tečajnog visinskog prirasta — Culmination of current annual height increment
2	2.717	0.3679	Kulminacija prosječnog visinskog prirasta — Culmination of mean annual height increment
3	3.7936	0.5134	Kulminacija tečajnog prirasta produkcije — Culmination of current annual production
4	4.480	0.6065	
5	4.95	0.6703	
7	5.551	0.7515	Kulminacija prosječnog prirasta produkcije — Culmination of mean annual production
8	5.657	0.7788	
9	5.9148	0.8007	
10	6.048	0.8187	Početak starenja — Beginning of senility

Usporedimo li taksacijske veličine naših modela u 50-toj i 100-toj godini vidimo da dimenzije srednjeg stabla rastu od 1. do 7. modela osim visine, koja je u Modelu 4, 5, 6, podjednaka u starosti od 50 godina, odnosno u Modelu 4 najviša u starosti 100 godina (Tabele 12, 13).

U pedesetoj godini daje model 5, 6 i 7 znatno veću produkciju od ostala četiri modela a u 100-toj godini 4, 5 i 6 model.

Ipak model 4 pokazuje kod obje promatrane starosti najveću produkciju.

Promatrajući taksacijske veličine naših modela u početku starenja (druga točka infleksije prosječnog volumnog prirasta produkcije $t_a = 10t_M$) očito je da modeli 3 i 4 pokazuju najpovoljnije taksacijske veličine (Tabela 14).

Tab. 12

Model	Starost 50 godina — Age 50 years											
	Srednje stablo Average tree				Produkcija Production				Volumen poslije prorjede Volume after thinning			
	d cm	h m	V m ³	l_1 m	N	V m ³	i_t m ³	i_p m ³	N	V m ³	i_t m ³	i_p m ³
1	14.8	15.6	0.145	1.39	1772	368.5	15.1	7.37	1230	178.3	6.7	3.57
2	20.3	21.2	0.364	1.85	1072	613.6	20.9	12.27	744	270.8	8.5	5.42
3	25.6	25.7	0.702	2.29	720	811.6	25.0	16.23	500	351.0	9.4	7.02
4	30.8	28.3	1.096	2.72	524	977.0	27.5	19.54	364	398.9	9.8	7.98
5	35.9	28.4	1.492	3.15	396	1045.1	27.1	20.90	275	410.3	9.1	8.21
6	40.9	28.2	1.929	3.56	312	1094.0	26.5	22.11	217	418.6	8.3	8.37
7	45.9	23.6	2.070	3.98	252	1002.8	22.4	20.06	175	362.2	6.9	7.24

Tab. 13

Model	Starost 100 godina — Age 100 years											
	Srednje stablo Average tree				Produkcija Production				Volumen poslije prorjede Volume after thinning			
	d cm	h m	V m ³	l_1 m	N	V m ³	i_t m ³	i_p m ³	N	V m ³	i_t m ³	i_p m ³
1	35.7	23.3	1.234	3.13	443	1109.3	13.7	11.09	366	451.7	4.3	4.52
2	46.4	30.4	2.675	4.02	288	1575.3	16.9	15.75	221	591.2	4.6	5.91
3	56.9	35.4	4.682	4.89	180	1924.0	19.2	19.24	149	697.7	4.9	6.98
4	67.4	37.4	6.942	5.76	131	2175.9	20.2	21.76	108	749.7	4.8	7.50
5	77.7	36.0	8.886	6.62	99	2196.3	19.1	21.96	82	728.6	4.3	7.29
6	88.0	34.5	10.905	7.47	78	2197.3	18.0	22.09	64	697.9	3.5	6.98
7	98.2	27.7	10.909	8.32	63	1889.9	14.3	18.90	52	567.3	2.8	5.87

Tab. 14

Model	Početak starenja, — Beginning of senility												
	Srednje stablo Average tree					Produkcija Production				Volumen poslije prorjeda Volume after thinning			
	t God Year	d cm	h m	V m ³	l ₁ m	N	V m ³	i _t m ³	i _p m ³	N	V m ³	i _t m ³	i _p m ³
1	200	77.5	28.4	6.974	6.6	110	2181.4	8.7	10.91	100	697.4	1.8	1.40
2	180	88.2	35.7	11.342	7.5	83	2692.5	11.9	14.96	74	839.3	1.7	4.66
3	160	94.6	39.9	14.594	8.0	70	2909.3	14.3	18.18	62	904.9	2.7	5.65
4	140	96.7	40.5	15.498	8.2	67	2892.6	16.6	20.66	58	897.7	2.7	6.41
5	120	94.5	37.5	13.681	8.0	69	2556.7	17.5	21.31	59	807.2	3.8	6.73
6	100	88.0	34.5	10.905	7.5	78	2197.3	18.7	22.09	64	697.9	3.4	6.98
7	90	87.8	27.2	8.570	7.4	78	1742.6	15.2	19.36	63	540.0	2.4	6.00

ZAKLJUČCI — CONCLUSIONS

Na osnovi poznatih matematičkih modela, odnosno zakonitosti, koje postoje u sastojini hrasta lužnjaka s običnim grabom izrađeno je sedam razvojnih modela hrasta lužnjaka (Tabela 3—9).

Razvojni modeli definirani su kulminacijom debljinskog i visinskog prirasta, željenom konstantnom širinom goda tijekom cijele ophodnje, te nominalnom udaljenosti stabala (l_n) u stotoj godini.

Broj stabala po hektaru (N_i) u pojedinom dobnom razredu odnosno starosti sastojine (t_i) određen je na osnovi broja stabala po ha u 100-toj godini (K_j)

$$N_i = \frac{K_j \cdot 100^2}{t_i^2}$$

Krivulja rasta srednjeg sastojinskog stabla pojedinog modela određena je na osnovi maksimalne visine ($A = h_{max}$) i vremena kulminacije tečajnog visinskog prirasta (t_M)

$$h_i = A e^{-\frac{2t_M}{t}}$$

odnosno visinski prirast

$$i_h = \frac{2t_M}{t^2} \cdot h_i$$

Da bi odredili volumen srednjeg sastojinskog stabla, pretpostavili smo da je oblik debla paraboloid, pa je

$$f = \frac{h_i}{2(h_i - 1,30)}$$

Ostale sastojinske elemente, temeljnicu i volumen prije i poslije pro-
rjede ustanovili smo na uobičajeni način uz pretpostavku da je njega sa-
stojine bila izvedena točno u sredini dobnog razreda te da mortaliteta nije
bilo.

Na osnovi dobivenih taksacijskih veličina naših modela, vidimo da za
naše postavljene uvjete odgovara model 3 i 4 daju najpovoljnije taksacij-
ske veličine u početku starenja.

LITERATURA — REFERENCES

- Assmann, E., 1970: The principles of forest yield study, Oxford.
- Campbell, R. G., I. S. Ferguson & J. E. Opie, 1979: Simulating Growth
and Yield of Mountain Ash Stands; a Deterministic Model, Australian forest Re-
search, Vol. 9, No.3. 189—202.
- Gochenour, Jr., D. L., L. R. Johnson, 1973: Reliable Results from Stochastic Si-
mulation Models, USDA Forest Service Research paper Nc-277. 1—5.
- Gould, E. M., 1967: Simulation and Forestry, IUFRO-Kongress, München. 96—104.
- Loetsch, F., F. Zöhner & K. E. Haller, 1973: Forest Inventory, Vol. 2,
München.
- Mayer, R., 1958: Kronengrösse und Zuwachsleistung der Traubenache auf süd-
deutschen Standorten. Allg. Forst. u. Jagdztg. 126.
- Newham, R. M., 1966: A Simulation model for studying the effect of stand
structure on harvesting pattern, Forestry Chronicle 42 (1): 39—44.
- Pranjić, A., 1975: Odnos visinskog i debljinskog prirasta u sastojinama hrasta
lužnjaka. Glas. šum. pokuse 20: 5—92.

ANKICA PRANJIC

HYPOTHETICAL DEVELOPMENT OF PEDUNCULATE OAK STANDS

Summary

Developmental stage of Pedunculate oak with common hornbeam stand (*Carpino betuli-Quercetum roboris*, Anić 1959) is still a field of interest for research. It specially refers to the stand development in relation to natural conditions and the results to be wanted.

Since the natural conditions are very changeable and the imposed objectives of management vary considerably it is practically impossible to carry out any research of this kind in natural conditions in a short time. Especially if we are aware that the process of production in these stands lasts almost 160 years.

Because of this we shall try to simulate the conditions in which we shall try to determine changes in Pedunculate oak stand in relation to the existing regularities and our imposed objectives. We have accepted the attitude that the time culmination of height and diameter increment plays an important role in the stand development.

Taking into consideration the existing time culmination of diameter increment in the stand of Pedunculate oak as well as diameter increment to be achieved in time culmination seven developmental models of Pedunculate oak stands have been set (Table 1). Besides, we have presupposed that the width of annual ring throughout the whole rotation is constant in average. On the basis of these assumptions and existing dependance of bark width and breast height diameter, mean breast height diameter of a hundred year old stand of each model has been set.

The number of trees per hectare in a 100 year old stand (K_j) is determined on the basis of a given trees distance (l), i. e. its nominal distance (l_n).

For establishing the number of trees per hectare (N_i) in an age class (t_i) we have used the following function:

$$N_i = \frac{K_j \cdot 100^2}{t_i^2}$$

We have used the time culmination of current annual height increment in the stand (t_M) and the possible maximum height of an individual model ($A = h_{max}$) when working out the mathematical model of growth in height

$$h_t = A e^{-\frac{2t_M}{t_i}}$$

It follows that for our models the height of trees $h_M = 0,1353 A$, i. e. nation moment current annual height increment is $h_M = 0,1353 A$, i. e. 13,53% of maximum height ($h_{max} = A$).

The height of trees in culmination time has been established on the basis of given dependance $h_M = f(d_M)$ in oak stands (Table 2).

All the other stand parameters, basal area, volume, volume increment before and after the felling (Tables 3—10) as well as the production and production increment have been established in the usual way on the assumption that the felling has been carried out right in the half of an age class and that the mortality and ingrowth were practically non-existent.

The culmination sequence of an individual sort of increment was usual (Table 11). Our models show that the volume increment in time culmination is the highest in 4-th, 5-th and 6-th model, and that the beginning of senility in these models begins in 140-th, 120-th and 100-th year (Table 12). However, if we observe the production of individual models in a 50-th and a 100-th year and their volume increment then the models 4 and 5 show a considerable advantage (Tables 13 and 14). The beginning of senility begins first in the model 7 and last in the model 1. (Table 15). Models 3 and 4 show the maximum production at the beginning of senility.

These are, of course, only hypothetical models of mean stand parameters.

The dimension structure of trees within each age class has been worked out with technique of simulation on a computer. The way of working out individual models as well as correction regarding actual stand conditions will be shown separately.

Received January 20, 1985.

Accepted March 31, 1985.

Author's address:

Faculty of Forestry
Department of
Forest Mensuration
41001 Zagreb, Box 178
Yugoslavia