

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

Prispjelo - *Received*: 24.02.2003.
Prihvaćeno - *Accepted*: 29.07.2003.

UDK: 630* 53+56

Tomislav Dubravac*

DINAMIKA RAZVOJA PROMJERA KROŠANJA HRASTA LUŽNJAKA I OBIČNOGA GRABA OVISNO O PRSNOM PROMJERU I DOBI

*DEVELOPMENTAL DYNAMICS OF CROWN DIAMETERS IN
PEDUNCLED OAK AND COMMON HORNBEAM RELATED TO
DIAMETER BREAST HEIGHT AND AGE*

SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati dinamike razvoja promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba, ovisno o prsnom promjeru i dobi sastojine. Istraživanje je obavljeno na području rasprostranjenja zajednice hrasta lužnjaka i običnoga graba u Hrvatskoj. Uzorkom je obuhvaćena površina od 33,45 ha, 47 pokusnih ploha svih dobnih razreda (raspon 20 godina), 14 562 izmjerena prsna promjera te 5 931 izmjerena promjera krošanja.

Rezultati istraživanja pokazali su kako je zakonitost promjena promjera krošanja s porastom prsnog promjera u svim dobnim razredima i kod obaju vrsta linearna te se ovisnost može izraziti jednadžbom pravca. Koeficijenti korelacije hrasta lužnjaka i običnoga graba pokazuju jaku povezanost ($r > 0,7$), dok je korelacijskom vezom objašnjeno $> 50\%$ ukupnog varijabiliteta. Regresijski pravac (b_1) promjera krošanja sa starošću mijenja položaj i nagib. Kod hrasta lužnjaka raste do trećeg dobnog razreda, kada dostiže svoju kulminaciju ($b_1 = 0,246$), a poslije te starosti njegova vrijednost konstantno opada. Vrijednosti regresijskog koeficijenta b_1 kod običnoga graba, podjednake su kod najmlađih i najstarijih sastojina te isto tako podjednake kod sastojina od drugog do šestog dobnog razreda. Iz srednjih vrijednosti promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba razvidni su dinamika i trend rasta promjera krošanja po dobnim razredima te interval u kojem se nalazi 68% ($\bar{x} \pm 1,0$ s) i 95% podataka ($\bar{x} \pm 1,96$ s). Trend rasta promjera krošanja pokazuje dvije kulminacije tečajnog periodičkog odnosno tečajnog godišnjeg prirasta. Prva kulminacija tečajnog periodičkog prirasta događa se u sastojinama trećeg dobnog razreda (oko 50 godina) i iznosi 1,9m za hrast te 1,45m za grab, a druga je razvidna u sastojinama sedmog dobnog razreda (oko 130. godina) i iznosi 3,06m za hrast te 1,18m za grab. Prva kulminacija tečajnog

*Dr. sc. Tomislav Dubravac, Šumarski institut, Jastrebarsko

godišnjeg prirasta promjera krošanja je razvidna u trećem dobnom razredu (oko 50 godina) te iznosi 9,5cm za hrast i 7,25cm za grab. Druga nastupa između šestog i sedmog dobnog razreda (oko 130 godina) te iznosi 15,3cm za hrast i 5,9cm za grab.

Poznavanje zakonitosti razvoja prsnog promjera i promjera krošanja te vremena i vrijednosti tečajnog prirasta promjera krošanja mogu pomoći uzgajivaču kod donošenja odluke o vremenu, načinu i intenzitetu uzgojnih zahvata, a izabrane funkcije izjednačenja mogu se primijeniti u praksi kao model funkcije.

Ključne riječi: struktura sastojine, struktura krošanja, koeficijent korelacije, koeficijent determinacije, promjer krošnje, prirast krošanja, hrast lužnjak, obični grab

UVOD I PROBLEMATIKA

INTRODUCTION AND PROBLEMS

Kao posljedica stalnih i nejednakih tijekova razvitka pojedinih stabala u sastojini, na koje djeluje izrazito puno raznih čimbenika, u sastojini se razlikuju stabla po debljini, visini i drugim elementima, što dovodi do stvaranja specifične izgrađenosti sastojina-sastojinske strukture. U najširem smislu, pod strukturom sastojine podrazumijevamo sve elemente koji izgrađuju drvenu masu i raspoređuju je u prostoru (MILETIĆ 1950). Svakako, strukturu sastojine, kao bitnog čimbenika njenog razvoja te unutarne izgrađenosti, čini i struktura krošanja.

U najširem značenju pod *strukturom krošanja* podrazumijevamo veličinu i oblik, rast i razvoj krošanja, njihov raspored u prostoru i vremenu te njene proporcije prema ostalim dijelovima stabla (DUBRAVAC 1998).

Krošnja je izrazito bitan dio stabla, njegova pluća i “tvornica” o čijoj proizvodnji, u suradnji s tlom, ovisi rast stabla. Krošnja je stablu, kako kaže ASSMAN (1970), “oružje za borbu”. Krošnja je, također, odgovorna za generativnu reprodukciju, jer donosi sjeme kojim se temelje svi zakoni potrajnog (održivog) gospodarstva šumama. Krošnje stabala i šumsko tlo glavni su čimbenici svih životnih zbivanja u sastojini (MATIĆ 1973).

Veličina i oblik krošnje pojedinog stabla u sastojini rezultanta je promjena unutarnjih nasljednih svojstava pod utjecajem vanjskih čimbenika (Fenotip=Genotip x okolina). Bez obzira radi li se o utjecaju prirodnih ili antropogenih čimbenika ili, što je najčešći slučaj, uzajamnim djelovanjem (interakcijom), raspon promjena ovisan je o vrsti drveća, kvaliteti staništa, starosti, stadiju razvitka, “socijalnom položaju stabala u sastojini”, neposrednom okolišu, stupnju zasjenjivanja, površinskom rasporedu, razmaku između stabala, obrastu, gospodarskim postupcima i strukturi sastojine po broju stabala (DUBRAVAC 1998).

Mjere njege cijele sastojine (biocenoze i staništa), posebice njega proredom, po svojoj temeljnoj postavci zasnivaju se na formiranju krošanja i pomaganju fenotipski najboljih stabala “stabala budućnosti”, sposobnih da svojom veličinom i lisnatom masom osiguraju nesmetani razvitak stabala u sastojini.

Zakovitost razvoja promjera krošanja u ovisnosti o prsnom promjeru, zbog vrlo zamršenog uzajamnog djelovanja različitih čimbenika u prostoru krošanja, kompleksna je pojava koja se najbolje očituje u položaju i nagibu linije izjednačenja promatranih varijabli. Uzroci “šarolikosti” mogu biti posljedica, ne samo stanja istraživanih sastojina u vrijeme mjerenja (tipa šume, sastojinskog oblika, obrasta, boniteta, omjera smjese, oblika razdiobe prsnih promjera, visinske razlike najširih dijelova krošanja, gdje su mjereni promjeri i načina gospodarenja - kojim je određen površinski raspored stabala), već i prouzročene primijenjenim metodama mjerenja promjera krošanja, veličinom i načinom uzimanja uzoraka, načinom obradbe podataka i dr. Dakle, čimbenici su prirodnog i antropogenog podrijetla.

Odnosi između krošanja tijekom razvitka sastojine mijenjaju se usljed prirodne selekcije i uzgojnih zahvata. Međutim, u svrhu postavljanja pravilnog gospodarenja moramo poznavati dinamiku promjena u tim sastojinama. Pravilnim i pravovremenim uzgojnim zahvatima, držeći se temeljnog cilja potrajnosti, možemo izravno i učinkovito djelovati na pravilan razvoj krošanja u sastojini. Navedeno nam daje za pravo ustvrditi kako je krošnja nezaobilazan čimbenik u proučavanju strukture sastojine.

Tijekom proteklih godina bilo je značajnih rezultata glede osvjetljavanja uloge i važnosti krošanja u razvitku stabala i čitave sastojine te njenom utjecaju na ostale taksacijske elemente sastojine. Pionirska uloga u osvjetljavanju značenja krošanja u strukturi sastojine svakako pripada BURGERU i BADOUXU (1937, 1949), a od značajnijih autora treba spomenuti ASSMANNA (1970), BENKA, LUKIĆA i SZIROVICZU (1996), COLE (1982), DUBRAVCA i KREJČIJA (1993, 2000), DUBRAVCA (1998, 1999), HRENA (1980), HRENA i KREJČIJA (1990), KÄNDLERA (1986) i KÖHLA (1991), KRIŽANCA (1987) KREJČIJA (1988), KUŠANA i KREJČIJA (1993), MATIĆA (1973, 1983), MILOJKOVIĆA (1958), NOVOTNYA *i dr.* (1994), ZEIDEA (1993) i dr. Mnogi autori uglavnom proučavaju uspješnost prostornog rasta (growing space efficiency), koji je definiran kao debljinski rast stabla po jedinici projecirane površine krošnje (HAMILTON 1969), kao što su WEBSTER i LORIMER (2003), MAQUIRE i dr. (1998). Također, različita sastojinska struktura uvjetuje uspješnost prostornog rasta (O’HARA 1988, O’HARA i dr. 2001). Međutim, temelj proučavanju prostornog rasta valja pripisati prvorazrednom radu, već spomenutog, Assmanna (1970) «The Principles of Forest Yield Study».

CILJ ISTRAŽIVANJA

RESEARCH AIM

Iako su prirodne pojave složeni procesi, danas je primjenom računala moguće brojčano pratiti i tako složene procese kao što je razvoj strukture krošanja. Traženje zakonitosti između varijabli, odnosno postavljanje empiričkih jednadžbi, za šumare predstavlja značajno područje istraživanja. U znanosti se smatra kako je

najobjektivnije istraživanje ono čiji se rezultati mogu izraziti brojevima, o čemu piše KELVIN (1953): “Ako se zna mjeriti ono što se istražuje i ako se to znade izraziti brojevima onda tek znate nešto o tom problemu. Ako ne znate izraziti problem u brojevima, vaše je znanje mršavo i nezadovoljavajuće vrste”.

Temeljni cilj istraživanja je proučiti zakonitosti te dinamiku rasta i razvoja promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba, ovisno o prsnom promjeru i dobi.

U skladu s tim, zadani ciljevi istraživanja su:

definirati oblik i jačinu veze (korelaciju) između promjera krošnje i prsnog promjera,

pronaći najprihvatljiviju funkciju izjednačenja (regresijski model) za određeni uzorak podataka i odrediti njene parametre,

zatim, kako se porastom prsnog promjera i dobi sastojine mijenjaju ti odnosi te ukazati na vrijeme i vrijednosti razvoja prirasta krošanja.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

RESEARCH AREA

Istraživanje je obavljeno na području prirodnoga rasprostranjenja zajednice hrasta lužnjaka i običnoga graba. Prirodna staništa hrasta lužnjaka u Republici Hrvatskoj uglavnom se nalaze u dolinama velikih rijeka i njihovih pritoka. Na uzdignutim, ocjeditim nizinskim terenima uz Savu, Dravu i Kupu rastu i razvijaju se jednodobne sastojine hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris*, /Anić 1959/ emend. Rauš 1969) nastale prirodnom obnovom. Istraživanjima su obuhvaćene Uprave šuma Podružnica: Zagreb, Karlovac, Bjelovar, Koprivnica, Našice i Vinkovci (Slika 1.) odnosno Šumarije Velika Gorica, Remetinec, Jastrebarsko, Vrbovec, Česma, Bjelovar, Velika Pisanica, Garešnica, Grubišno Polje, Repaš, Slatina, Đurđenovac, Kloštar Podravski, Koška, Otok, Vrbanja i Gunja.

U području rasprostranjenja šuma hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, prema Köppenovoj podjeli prevladavaju dva tipa klime. Zapadni dio panonskoga dijela Hrvatske obuhvaćen je Cfwbx” tipom, odnosno umjereno toplom kišnom klimom, dok je istočni dio međurječja Save i Drave obuhvaćen Cfwb”x” tipom, također umjereno toplom kišnom klimom, ali s izraženim maksimumom padalina (SELETKOVIĆ 1996).

Geološku podlogu čine deluvijalni i aluvijalni nanosi ilovine, gline, pijeska i šljunka, a manjim dijelom i lesne tvorevine (“mramorne ilovače”), močvarni prapor (beskarbonatna ilovača) i izlučeni i u vodi taloženi nekarbonatni eolski nanosi. Dominantno tlo istraživanog područja je, prema VRBEKU (1993), pseudoglej, podtip ravničarski.



Slika 1. Zemljovid Hrvatske s položajem Uprava šuma i brojem pokusnih ploha na kojima su obavljena istraživanja

Figure 1. Map of Croatia with the location of Forest Administration Offices and number of experimental plots on which the investigations were carried out

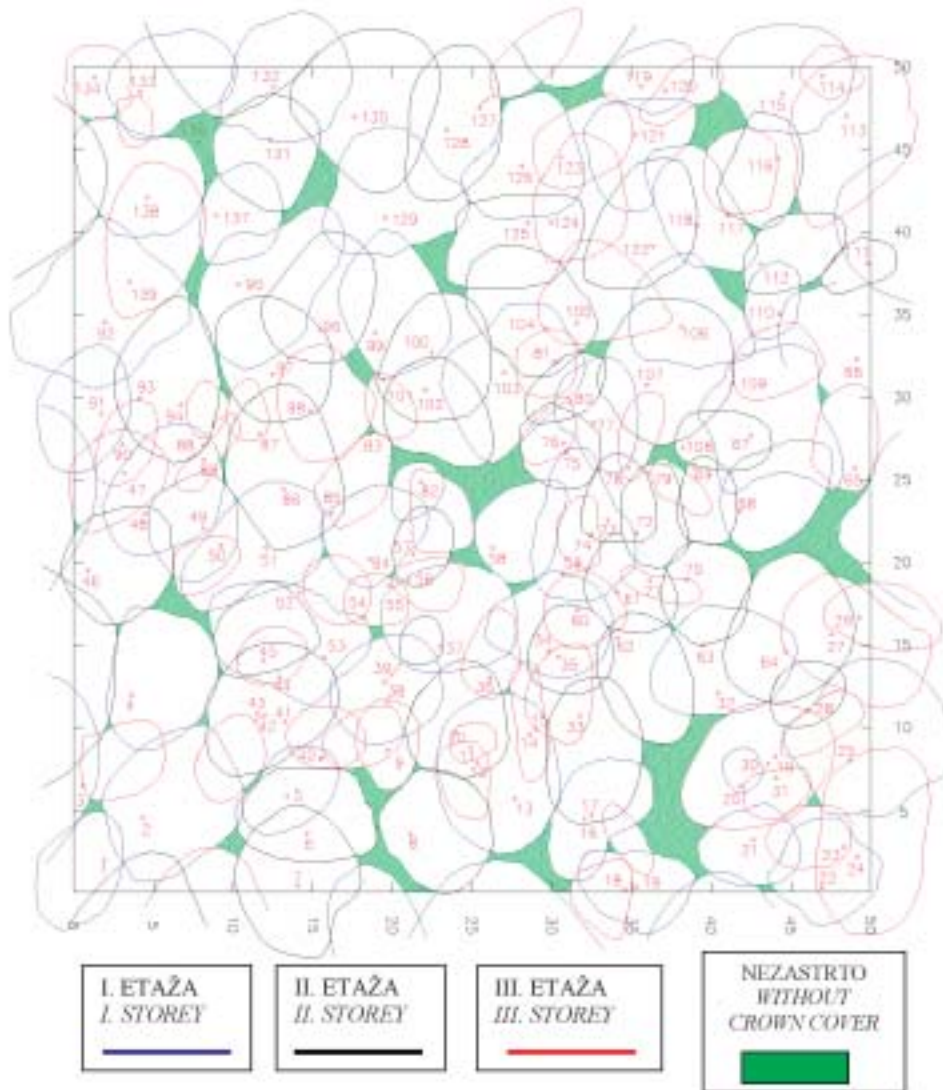
METODA RADA

METHOD OF WORK

Sve plohe osnovane su u sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba koje su nastale prirodnim pomlađivanjem, oplodnim sječama. Pri izboru ploha vodilo se računa o sličnim uvjetima sredine i jednoličnoj građi sastojina. Pokusne plohe s biološkoga motrenja pripadaju razvojnom stadiju mladika (starijeg), mladih, sred-njedobnih, starijih te starih sastojina, a postavljene su po metodologiji DUBRAVAC i NOVOTNY (1992). Uzorkom je obuhvaćeno 47 pokusnih ploha postavljenih u svim starosnim grupama-dobnim razredima (raspon 20 godina), a ukupna površina ploha iznosi 33,45 ha. Na pokusnim plohamo mjerene su osnov-

ne dimenzije stabala (prsni promjeri i visine) te snimane horizontalne projekcije krošanja čiji primjer je razvidan na Slici 2.

Promjeri krošanja (D) mjereni su na snimkama horizontalnih projekcija krošanja (kartiranih), ucrtanih na milimetar papiru koja je načinjena na svakoj



Slika 2. Primjer horizontalne projekcije krošanja u digitalnom obliku (*AutoCad 2000*) i prostorni raspored stabala na plohi 21, Šumarija Velika Pisanica, G.J. Dugački gaj-Jasenova drljež, Odjel 27, površina 0,25 ha, dob 77 godina

Figure 2. Example of horizontal projection of crowns in digital form (*AutoCad 2000*) and special distribution of trees on plot 21, Velika Pisanica Forest Office, management unit, Dugački gaj-Jasenova drljež, Compartment 27, area of 0.25ha, age 77 years



Fotografija 1. Sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba na plohi 21, Šumarija Velika Pisanica, G.J. Dugački gaj-Jasenova drljež, odjel 27, dob 77 godina (Snimio: T. Dubravac)
Photo 1. Stand of peduncled oak and common hornbeam on plot 21, Velika Pisanica Forest Office, management unit, Dugački gaj-Jasenova drljež, Compartment 27, age 77 years (Photo: T. Dubravac)

plohi. Promjer krošnje računat je kao aritmetička sredina najvećeg i najmanjeg promjera kroz centar stabla:

$$D = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}$$

Istraživanja se temelje na velikom broju pokusnih ploha (47) te izrazito velikom uzorku od 14 562 izmjerena stabla na terenu, kojima su mjereni prsni promjeri te 5 931 stabla kojima je mjereno promjer krošanja, od toga hrasta lužnjaka 1 747 i 4 184 promjera krošanja običnoga graba. Podaci izmjere razvrstani su po dobnim razredima i vrstama drveća.

Ovisnost promjera krošanja i prsnog promjera izravnata je jednadžbom pravca, gdje je promjer krošnje zavisna, a prsni promjer nezavisna varijabla:

$$D=f(d_{1.30}), D=b_0+b_1*d_{1.30};$$

gdje je D -izravnati promjer krošnje, $d_{1.30}$ -prsni promjer, b_0 i b_1 su parametri.

Podaci prikupljeni na terenu i evidentirani u terenske manuale, u uredu su uneseni u računalo odnosno bazu podataka. Cjelokupna obradba načinjena je na temelju individualnih mjerenja, s pojedinačnim podacima, sljedom prirode istraživanog materijala i promatranih atributa. Podaci izmjere stabala na pokusnim plohamo obrađeni su u programskim paketima *Word for Windows 6.0* i *Excel 5.0*. Statistička obradba podataka načinjena je već gotovim aplikativnim programima *SPSS 6.1* i *STATISTICA 6.0*.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

RESEARCH RESULTS

Promatrajući oblak podataka promjera krošanja u ovisnosti o prsnom promjeru hrasta lužnjaka i običnoga graba, na primjeru šestog dobnog razreda (Slike 3. i 4.), razvidna je linearna povezanost promatranih veličina čija se zakonitost promjena može izraziti jednadžbom pravca. Visoki koeficijenti korelacije ($r=0,773$ kod hrasta, odnosno $r=0,775$ kod graba) i determinacije ($R^2=60\%$, kod obaju vrsta) pokazuju vrlo jaku povezanost između promatranih varijabli te dobru prilagodbu jednažbe pravca kao funkcije izjednačenja. Rezultati su u korelaciji s dosadašnjim istraživanjima HRENA (1980), KRIŽANECA (1987), KREJČIJA (1988), BENKA (1995) i DUBRAVCA (1998). Slike su upotpunjene histogramskim prikazom razdiobe učestalosti promatranih varijabli, zajedno s odgovarajućom normalnom raspodjelom (*Gaussovom* distribucijom). Razdioba prsnih promjera kod hrasta lužnjaka pokazuje normalnu distribuciju, dok je kod običnoga graba, zbog većeg udjela tanjih stabala, razvidna lijeva skošenost. Razdioba učestalosti promjera krošanja, kako kod hrasta lužnjaka tako i kod običnoga graba, pokazuje karakter normalne razdiobe.

Vrijednosti razvoja promjera krošanja, hrasta lužnjaka i običnoga graba, po dobnim razredima i debljinskim stupnjevima, razvidni su u Tablici 1.

Tablica 1. Vrijednosti razvoja promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba po dobnim razredima i debljinskim stupnjevima

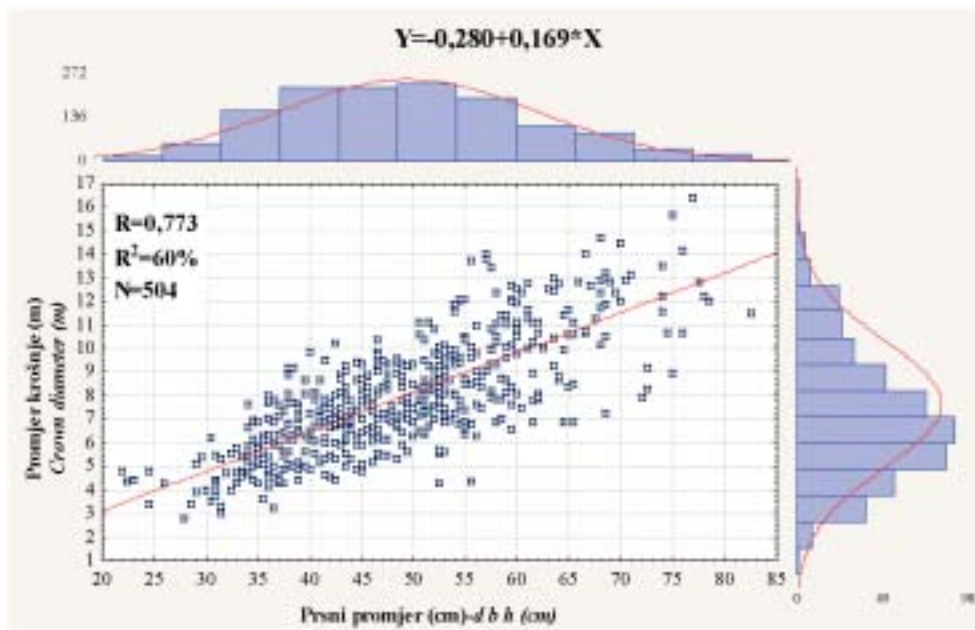
Table 1. Values showing the development of crown diameters of peduncled oak and common horbeam by age classes and diameter degrees

d	DOBNI RAZRED - AGE CLASS / VRSTA DRVEĆA - TREE SPECIES													
	I.		II.		III.		IV.		V.		VI.		VII.	
	Hrast Oak	Grab Hornb.	Hrast Oak	Grab Hornb.	Hrast Oak	Grab Hornb.	Hrast Oak	Grab Hornb.	Hrast Oak	Grab Hornb.	Hrast Oak	Grab Hornb.	Hrast Oak	Grab Hornb.
cm	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
5	1,40	1,555	1,384	1,792		2,141		2,57		2,821		3,014		3,836
10	2,142	2,365	2,154	2,992		3,136		3,63		3,911		4,079		4,656
15	2,882		2,924	4,192	1,887	4,131	2,634	4,69		5,00		5,144		5,476
20			3,694		3,117	5,126	3,584	5,75		6,091		6,209		6,30
25			4,464		4,347	6,121	4,534	6,81	3,786	7,181	3,945	7,274		7,116
30			5,234		5,577		5,484	7,87	4,666	8,271	4,79	8,339		7,936
35					6,807		6,434	8,93	5,546	9,361	5,635	9,40		8,756
40					8,037		7,384	9,99	6,426	10,45	6,48	10,47	7,374	9,576
45					9,267		8,334		7,306	11,54	7,325		7,994	10,40
50							9,284		8,186		8,17		8,614	11,22
55							10,23		9,066		9,015		9,234	12,04
60							11,18		9,946		9,86		9,854	
65									10,83		10,71		10,47	
70									11,71		11,55		11,09	
75									12,59		12,40		11,71	
80									13,47		13,24		12,33	
85											14,09		12,95	
90											14,93		13,57	
95													14,19	
100													14,81	
105													15,43	
110													16,05	

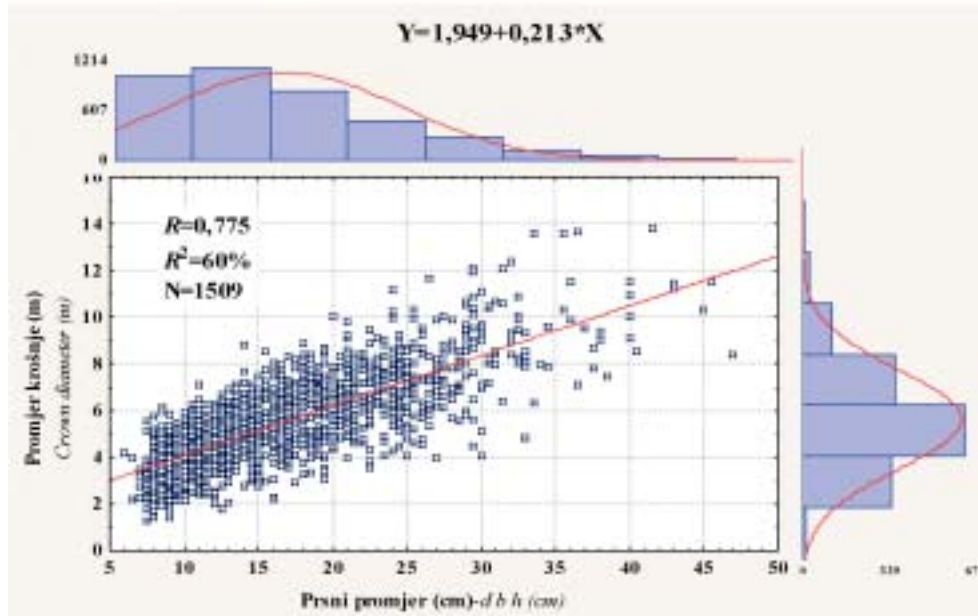
Analizirajući Tablicu 1., razvoja vrijednosti promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba, po dobnim razredima i debljinskim stupnjevima, razvidno je kako se s porastom prsnog promjera od 5 cm promjer krošnje povećava:

- u prvom dobnom razredu (do 20 godina) hrasta lužnjaka za 0,74m, a običnoga graba za 0,81m;
- u drugom dobnom razredu (21 - 40 godina) hrasta lužnjaka za 0,77m, a običnoga graba za 1,2m;
- u trećem dobnom razredu (41 - 60 godina) hrasta lužnjaka za 1,23m, a običnoga graba za 0,99m;
- u četvrtom dobnom razredu (61 - 80 godina) hrasta lužnjaka za 0,95m, a običnoga graba za 1,06m;
- u petom dobnom razredu (81 - 100 godina) hrasta lužnjaka za 0,88m, a običnoga graba za 1,09m;
- u šestom dobnom razredu (101 - 120 godina) hrasta lužnjaka za 0,85m, a običnoga graba za 1,06m;
- u sedmom dobnom razredu (121 - 140 godina) hrasta lužnjaka za 0,62m, a običnoga graba za 0,82m.

Najveće povećanje promjera krošanja hrasta lužnjaka od 1,23m, s porastom prsnog promjera od 5cm, zabilježeno je trećem dobnom razredu (41 - 60 godina) a običnoga graba od 1,20m u drugom dobnom razredu (21 - 40 godina).



Slika 3. Izjednačenje promjera krošanja i prsnog promjera hrasta lužnjaka s razdiobom varijabli šestog dobnog razreda (101-120 godina)
Figure 3. Levelling of crown diameters and dbh in peduncled oak with distribution variables of the sixth age class (101-120 years)



Slika 4. Izjednačenje promjera krošanja i prsnog promjera običnoga graba s razdiobom varijabli šestog dobnog razreda (101-120 godina)
Figure 4. Levelling of crown diameters and dbh in common hornbeam with distribution variables of the sixth age class (101-120 years)

Regresijskom analizom izračunati su parametri jednadžbe pravca i prikazani u Tablici 2., a rezultati regresijske analize po dobnim razredima u Tablicama 3. i 4.

Iz Tablice 2. razvidno je kako vrijednost regresijskog koeficijenta b_1 (koji određuje nagib pravca) kod hrasta lužnjaka raste do trećeg dobnog razreda (41 - 60 godina), kada dostiže svoju kulminaciju ($b_1=0,246$), a poslije te starosti njegova vrijednost konstantno opada. To znači kako je nagib pravca izjednačenja promjera krošanja i prsnog promjera najstrijmiji u sastojinama trećeg dobnog razreda (41 - 60 godina). Značajnost parametara b_1 (razlika između procijenjenog i stvarnog parametra populacije t-testom, $t_{0,05}$ iznosi 2,008) je $<0,001$. Značajnost parametra b_0 kod sastojina četvrtog dobnog razreda je 38%, petog 19% te šestog dobnog razreda 37%. Kod ostalih dobnih razreda značajnost parametra b_0 je $<0,001\%$.

Vrijednost regresijskog koeficijenta b_1 kod običnoga graba podjednaka je kod najmlađih i najstarijih sastojina te isto tako kod sastojina od drugog do šestog dobnog razreda. Nagib pravca izjednačenja promjera krošanja i prsnog promjera najstrijmiji je u sastojinama drugog dobnog razreda (21 - 40 godina) te iznosi 0,239. Značajnost parametara b_0 i b_1 je $<0,001\%$.

Promatrajući koeficijente korelacije (Grafikon 1.), kao mjeru stupnja povezanosti prsnog promjera i promjera krošanja, razvidno je kako postoji jaka povezanost prsnog promjera i promjera krošanja kod obaju vrsta drveća i kod svih dobnih razreda ($r>0,7$), osim kod najmlađih sastojina prvoga dobnog razreda običnoga graba, gdje je povezanost slabog karaktera ($r=0,403$). Objašnjenje slabe

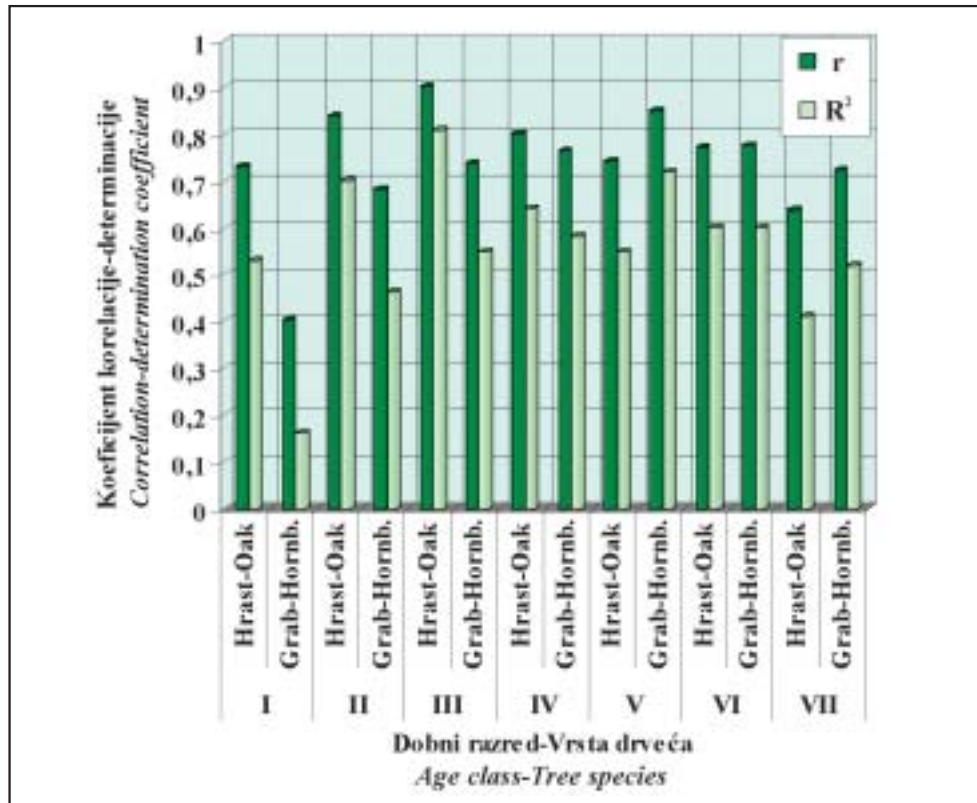
Tablica 2. Regresijski koeficijenti jednadžbi i njihove statističke veličine po dobnim razredima
Table 2. Regression coefficients of equations and their statistical values by age classes

Vrste drveća Tree species	Dobni razred Age class	Regresijski koeficijent Regression coefficient	Vrijednost koeficijenta Coefficient value	Stand. greška koeficijenta Coefficient stand. error	t	p
Hrast lužnjak <i>Peduncled oak</i>	I	b_0	0,662	0,183	5,945	<0.001
		b_1	0,148	0,025	3,623	<0.001
	II	b_0	0,614	0,086	7,153	<0.001
		b_1	0,154	0,005	28,157	<0.001
	III	b_0	-1,803	0,373	-4,840	<0.001
		b_1	0,246	0,013	18,110	<0.001
	IV	b_0	-0,216	0,245	-0,883	<0.377
		b_1	0,190	0,007	25,772	<0.001
	V	b_0	-0,164	0,463	-1,327	<0.186
		b_1	0,176	0,010	17,520	<0.001
	VI	b_0	-0,280	0,309	-0,906	<0.365
		b_1	0,169	0,006	27,277	<0.001
	VII	b_0	2,414	0,813	2,969	<0.001
		b_1	0,124	0,015	10,739	<0.001
Obični grab <i>Common hornbeam</i>	I	b_0	0,745	0,243	3,066	<0.001
		b_1	0,162	0,059	2,714	<0.001
	II	b_0	0,592	0,108	5,418	<0.001
		b_1	0,239	0,014	16,656	<0.001
	III	b_0	1,146	0,163	7,007	<0.001
		b_1	0,199	0,012	16,982	<0.001
	IV	b_0	1,510	0,099	15,206	<0.001
		b_1	0,212	0,006	35,111	<0.001
	V	b_0	1,731	0,102	16,911	<0.001
		b_1	0,218	0,005	41,696	<0.001
	VI	b_0	1,949	0,079	24,438	<0.001
		b_1	0,213	0,004	47,581	<0.001
	VII	b_0	3,016	0,188	16,066	<0.001
		b_1	0,164	0,007	23,238	<0.001

povezanosti nalazimo u uzorku od samo jedne pokusne plohe i svega 33 izmjerena promjera krošanja (Tablica 3.).

Koeficijenti determinacije (R^2) koji pokazuju odnos između objašnjene i ukupne varijance, odnosno mjeru ukupnog varijabiliteta objašnjenog korelacijskom vezom, kreću se kod obaju vrsta od 0,464 do 0,812, a značajno su mali kod najmlađih sastojina prvog dobnog razreda običnoga graba ($R^2=0,162$). To znači kako čimbenici uzeti u promatranje (prsni promjer i promjer krošnje) predstavljaju 46 - 81% objašnjenog varijabiliteta, osim najmlađih sastojina običnoga graba prvog dobnog razreda kod kojih je varijabilitet objašnjen sa zanemarivih 16%.

Iz srednjih vrijednosti promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba razvidna je dinamika i trend rasta promjera krošanja po dobnim razredima (Slike 4. i 5.) te interval u kojem se nalazi 68% (1,0 s) i 95% podataka (1,96 s). Iz istih slika razvidne su dvije kulminacije tečajnog periodičkog prirasta promjera krošanja, što je još uočljivije ako pogledamo rezultate u Tablicama 5. i 6. Prva kulminacija događa se u sastojinama trećeg dobnog razreda (oko 50 godina) i iznosi 1,9m za hrast te 1,45m za grab, a druga u sastojinama sedmog dobnog razreda (oko 130 godine) te iznosi 3,06m za hrast i 1,18m kod graba (Tablica 5.). Kako bismo dobili tečajni godišnji prirast krošanja, rezultati su podijeljeni s dobi od 20 godina. Vi-



Grafikon 1. Koeficijenti korelacije i determinacije promjera krošanja i prsnog promjera hrasta lužnjaka i običnoga graba po dobnim razredima

Graph 1. Correlation and determinations coefficientscrown diameter and dbh in peduncled oak and common hornbeam by age classes

Tablica 3. Statističke vrijednosti izmjerenih prsnih promjera i promjera krošanja hrasta lužnjaka po dobi i broju pokusnih ploha

Table 3. Statistical values of measured dbh and crown diameters of peduncled oak by age and number of experimental plots

Statističke veličine Statistical values	Prsni promjer (cm) - dbh (cm) Dobni razred - Age class							Promjer krošnje (m) - Crown diameter (m) Dobni razred - Age class						
	I-1	II-6	III-4	IV-8	V-7	VI-12	VII-9	I-1	II-6	III-4	IV-8	V-7	VI-12	VII-9
AS	6,96	14,09	26,83	31,37	44,67	48,86	68,30	1,66	2,83	4,73	5,93	7,31	7,95	11,01
STD	2,549	6,280	6,960	8,030	10,310	11,890	13,000	0,589	1,143	1,871	1,787	2,374	2,422	2,452
STP	0,215	0,320	0,410	0,270	0,380	0,317	0,620	0,103	0,062	0,212	0,093	0,149	0,108	0,189
min	2,80	3,80	6,20	9,00	6,00	15,50	43,50	0,91	0,98	1,61	1,96	2,51	2,75	5,34
max	15,00	31,80	51,50	64,50	82,00	102,00	112,50	3,05	5,85	10,00	10,88	15,00	16,38	17,35
rang	12,20	28,00	45,40	55,50	76,00	86,50	69,00	2,14	4,87	8,39	8,92	12,49	13,63	12,01
CV (%)	36,6	44,5	25,9	25,6	23,1	24,3	19,0	35,5	40,4	39,6	30,1	32,5	30,5	22,3
N	140	380	285	909	747	1397	443	33	336	78	372	255	504	169

Tablica 4. Statističke vrijednosti izmjerenih prsnih promjera i promjera krošanja običnoga graba po dobi i broju pokusnih ploha
Table 4. Statistical values of measured dbh and crown diameters of common hornbeam by age and number of experimental plots

Statističke veličine Statistical values	Prsni promjer (cm) - <i>d b h</i> (cm)							Promjer krošnje (m) - <i>Crown diameter</i> (m)						
	Dobni razred - <i>Age class</i>							Dobni razred - <i>Age class</i>						
	I-1	II-6	III-4	IV-8	V-7	VI-12	VII-9	I-1	II-6	III-4	IV-8	V-7	VI-12	VII-9
AS	4,24	7,19	13,06	14,72	15,83	15,92	24,64	1,39	2,32	3,77	4,70	5,55	5,90	7,08
STD	1,500	2,081	5,140	6,920	8,270	7,560	9,440	0,376	0,719	1,236	1,847	2,236	1,949	2,203
STP	0,130	0,111	0,200	0,161	0,190	0,120	0,251	0,059	0,039	0,079	0,062	0,086	0,072	0,098
min	2,70	2,50	3,00	4,00	5,00	3,00	6,00	0,85	0,85	1,35	1,06	1,13	1,40	2,66
max	9,70	14,90	32,00	42,00	54,50	56,50	53,00	2,39	5,05	8,56	11,73	12,61	13,60	17,50
rang	6,40	12,40	29,00	38,00	49,50	53,50	47,00	1,54	4,20	7,21	10,67	11,48	12,20	14,84
CV (%)	35,3	28,9	39,4	47,0	52,3	47,5	38,3	27,1	31,0	32,4	39,3	40,3	33,0	31,1
N	130	348	680	1946	1954	4063	1406	40	324	242	886	675	1509	508

Tumač:

AS - aritmetička sredina - *arithmetic mean*

STD - standardna devijacija - *standard deviation*

STP - standardna pogreška aritmetičke sredine - *standard error of arithmetic mean*

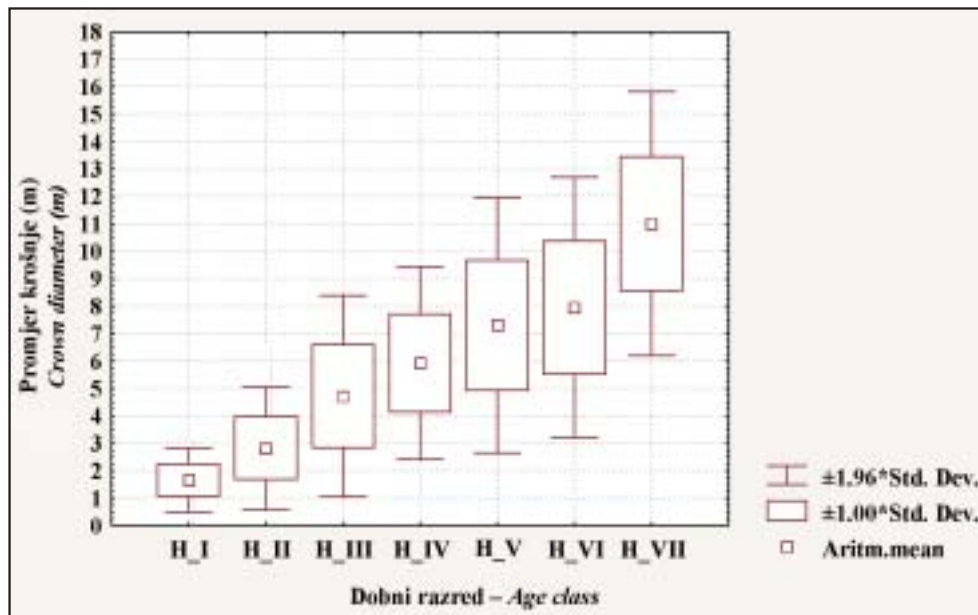
min - najmanja vrijednost - *lowest value*

max - najveća vrijednost - *highest value*

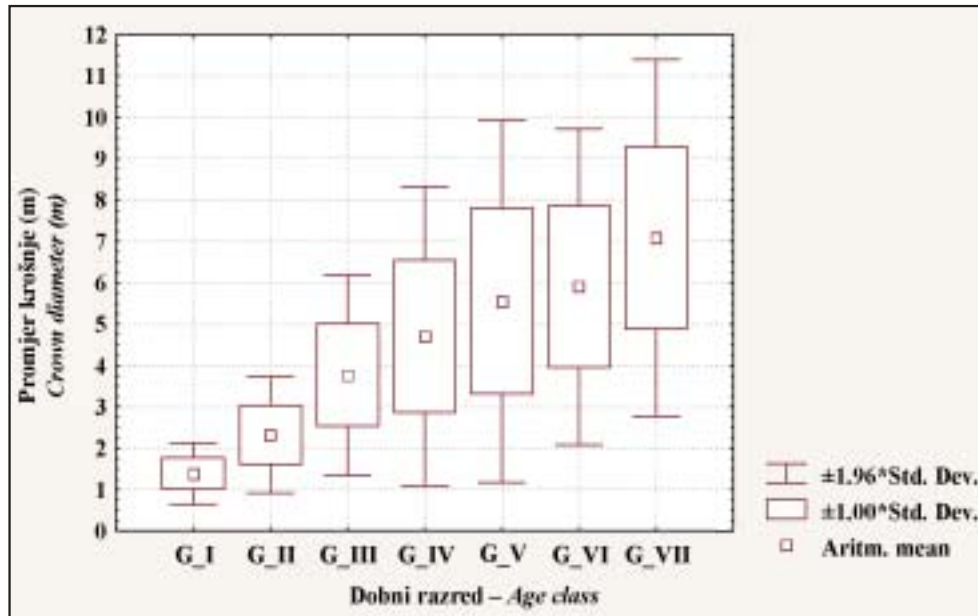
RANG - raspon vrijednosti - *range of values*

CV - koeficijent varijacije - *coefficient of variation*

N - broj izmjerenih prsnih promjera/promjera krošanja - *number of measured d b h/ crown diameters*



Slika 4. Razvoj srednjega promjera krošanja hrasta lužnjaka po dobnim razredima
Figure 4. Development of mean diameter of peduncled oak crowns by age class



Slika 5. Razvoj srednjega promjera krošanja običnoga graba po dobnim razredima
Figure 5. Development of mean diameter of common hornbeam crowns by age class

Tumač Slika 4. i 5.

Točka unutar pravokutnika predstavlja aritmetičku sredinu. Gornja i donja granica pravokutnika predstavlja opseg unutar kojega se nalazi jedna standardna devijacija visina stabala, što obuhvaća 68% svih rezultata. Dužina iznad i ispod pravokutnika predstavlja opseg unutar kojega se nalazi 1,96 standardne devijacije visina stabala, što obuhvaća 95% svih rezultata.

dimo tako kako je prva kulminacija tečajnog godišnjeg prirasta promjera krošanja kod obaju vrsta u trećem dobnom razredu (oko 50 godina) i iznosi 9,50cm za hrast i 7,25cm za grab. Druga kulminacija nastupa između šestog i sedmog dobnog razreda (oko 130 godina) i iznosi 15,3cm za hrast i 5,9cm za grab (Tablica 6.). Prva kulminacija je povezana s proredama, dok je druga uvjetovana gospodarskim zahvatima oplodnih sječa i smanjenjem broja stabala po jedinici površine. Naime, tada se općenito prirast, a time i prirast krošanja, koncentrira na manji broj najkvalitetnijih stabala najširih krošanja čiji je temeljni zadatak stvoriti uvjete za prirodnu obnovu.

KREJČI (1988) u čistim lužnjakovim sastojinama također ukazuje na dva maksimuma tečajnog godišnjeg prirasta širina krošanja od 15,69cm u dobi od 17 godina, a drugi iza 110. godine. Sličan tijek tečajnog godišnjeg debljinskog prirasta utvrdio je BEZAK (1992) u istoj zajednici te PRANJIC (1980) u mješovitoj zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba.

Tablica 5. Vrijednosti razvoja srednjih prsnih promjera, promjera i prirasta krošanja hrasta lužnjaka po dobnim razredima

Table 5. Development values of mean *d b h*, crown diameters and increments of peduncled oak by age classes

Dobni razred Age class	Srednji prsni promjer Mean <i>d b h</i>	Srednji promjer krošnje Mean crown diameter	Tečajni periodički prirast krošanja Current periodic crown increment	Tečajni godišnji prirast krošanja Current annual crown increment
god. - year	cm	m	m	cm
< 20	6,96	1,66	1,17	5,85
21 - 40	14,09	2,83	1,90	9,50
41 - 60	26,83	4,73	1,20	6,00
61 - 80	31,37	5,93	1,38	6,90
81 - 100	44,67	7,31	0,94	3,20
101 - 120	48,86	7,95	3,06	15,30
121 - 140	68,3	11,01		

Tablica 6. Vrijednosti razvoja srednjih prsnih promjera, promjera i prirasta krošanja običnoga graba po dobnim razredima

Table 6. Development values of mean *d b h*, crown diameters and increments of common hornbeam by age classes

Dobni razred Age class	Srednji prsni promjer Mean <i>d b h</i>	Srednji promjer krošnje Mean crown diameter	Tečajni periodički prirast krošanja Current periodic crown increment	Tečajni godišnji prirast krošanja Current annual crown increment
god. - year	cm	m	m	cm
< 20	4,24	1,39	0,93	4,65
21 - 40	7,19	2,32	1,45	7,25
41 - 60	13,06	3,77	0,93	4,65
61 - 80	14,72	4,7	0,85	4,25
81 - 100	15,83	5,55	0,35	1,75
101 - 120	15,92	5,9	1,18	5,90
121 - 140	24,64	7,08		

Njega sastojina hrasta lužnjaka glede rasta krošanja, može se obavljati relativno dugo, jer stabla dugo zadržavaju sposobnost reagiranja na uzgojne zahvate širenjem krošanja. Njegu lužnjakovih sastojina glede rasta krošanja treba početi već u dobi maksimalnog visinskog prirasta koji prema PRANJIĆ (1980), nastupa u 14. godini i obavljati je sve do početka oplodnih sječa. MATIĆ (1989) navodi kako su prorede neophodan i nezamjenjiv uzgojni zahvat koji moramo činiti od dobi maksimalnog visinskog prirasta lužnjakovih sastojina do početka oplodnih sječa. Proredni zahvati optimalnog intenziteta za određenu dob prate prirodni razvoj sastojine. Na osnovi toga predlaže tablicu intenziteta proreda od 50% drvne mase u 20-godišnjoj, do 7,1% u 140-godišnjoj sastojini, s tim kako je turnus prorede 5 godina do 50. godine starosti sastojine, a nakon toga 10 godina do kraja ophodnje. Dakle, razvidno je kako je najveći intenzitet proreda u mladim sastojinama, dok je razlika u starima neznatna. Intenzitet prorede u 40-godišnjoj sastojini je polovica intenziteta 20-godišnje sastojine, a isto je tolika razlika u intenzitetu prorede za 70 godina, između 70 i 140-godišnje sastojine.

Imajući u vidu sve te spoznaje o razvoju strukture sastojine, prirodnog izlučivanja, debljinskog i visinskog prirasta, prirasta krošanja te intenziteta proreda u hrastovim sastojinama, uočavamo u kojem vremenskom razdoblju razvoja sastojine trebaju pomoć uzgajivača.

ZAKLJUČAK

CONCLUSION

Temeljem obradbe prikupljenih podataka, u sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić em. Rauš 1969), na 47 pokusnih ploha svih starosnih razreda te izrazito velikom uzorku broja izmjerenih/izračunatih stabala, u skladu s ciljevima i rezultatima istraživanja te obavljenim analizama, proizlaze zaključci:

1. Zakonitost promjena *promjera krošanja* s porastom prsnog promjera u svim dobnim razredima i kod obaju vrsta je linearna te se ovisnost može izraziti jednadžbom pravca. Koeficijenti korelacije hrasta lužnjaka i običnoga graba u svim dobnim razredima pokazuju jaku povezanost ($r > 0,7$), dok je korelacijskom vezom objašnjeno $> 50\%$ ukupnog varijabiliteta.
2. Regresijski pravac (b_1) promjera krošanja sa starošću mijenja položaj i nagib. Kod hrasta lužnjaka raste do trećeg dobnog razreda, kada dostiže svoju kulminaciju ($b_1 = 0,246$), a poslije te starosti njegova vrijednost konstantno opada. Vrijednosti regresijskog koeficijenta b_1 kod običnoga graba, podjednake su kod najmlađih i najstarijih sastojina te isto tako podjednake kod sastojina od drugog do šestog dobnog razreda.
3. Izabrane funkcije izjednačenja, dobivene na ovako reprezentativnom uzorku podataka (47 pokusnih ploha na površini od 33,45ha te 14 562 izmje-

- rena stabla na terenu), posebice u današnjoj eri primjene računala, mogu se primijeniti u praksi kao model funkcije.
4. Najveće povećanje promjera krošanja hrasta lužnjaka s porastom prsnog promjera od 5cm, razvidno je u trećem dobnom razredu i iznosi 1,23m za hrast, a običnoga graba od 1,20m u drugom dobnom razredu.
 5. Iz srednjih vrijednosti promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba razvidan je trend rasta promjera krošanja po dobnim razredima te dvije kulminacije tečajnog periodičkog prirasta. Prva kulminacija događa se u sastojinama trećeg dobnog razreda (oko 50 godina) i iznosi 1,9m za hrast te 1,45m za grab. Druga kulminacija razvidna je u sastojinama sedmog dobnog razreda (oko 130 godine) i iznosi 3,06m za hrast te 1,18m za grab.
 6. Tečajni godišnji prirast promjera krošanja kod obaju vrsta također pokazuje dvije kulminacije. Prva je razvidna u trećem dobnom razredu (oko 50 godina) te iznosi 9,5cm za hrast i 7,25cm za grab. Druga nastupa između šestog i sedmog dobnog razreda (oko 130 godina) te iznosi 15,3cm za hrast i 5,9cm za grab.
 7. Poznavanje zakonitosti razvoja i promjera krošanja u ovisnosti o prsnom promjeru te vremena i vrijednosti tečajnog prirasta promjera krošanja, kao i njegovog razvoja po dobnim razredima, mogu pomoći uzgajivaču kod donošenja odluke o vremenu, načinu i intenzitetu uzgojnih zahvata.

LITERATURA

REFERENCES

- ASSMANN, E., 1970: The Principles Forest Yield Study, Pergamon Press. pp. 506.
- BADOUX, E., 1949: À allure de $\frac{3}{4}$ accroissement dans la forêt jardinée. 9-58, Zürich.
- BURGER, H., 1937: Kronenuntersuchungen, Schweizerische Zeitschrib für Forstwesen, 44-49, Zürich.
- BENKO, M., 1995: Procjena drvne zalihe sastojina multivarijantnom analizom čimbenika mjerljivih na aerofotosnimkama, Disertacija, pp. 239, Zagreb.
- BENKO, M., N. LUKIĆ, L. SZIROVICZA, 1996: Relations of photogrammetry assesment of visible part of tree crown common oak (*Quercus robur*, L.) on tree volume. IUFRO Conference "Modelling regeneration Success and early growth of forest stands", 540-548, Danish Forest and Landscape Research Institute, Copenhagen.
- BEZAK, K., 1992: Prigušene oscilacije fenomena rasta i prirasta praćene Levakovićevim analitičkim izrazima. Zbornik o Antunu Levakoviću, HAZU, Centar za znanstveni rad Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti u Vinkovcima., Posebna izdanja VI: 57-83., Vinkovci.
- COLE, D. M., J. CHESTER, 1982: Models for Describing Vertical Crown Development of Lodgepole Pine Stands. United States Department of Agriculture, 1-10.
- DUBRAVAC, T., V. NOVOTNY, 1992: Metodologija tematskog područja uzgajanje šuma - rast i prirast (primijenjena u multidisciplinarnom projektu ekološko ekonomske valencije tipova šuma). Rad. Šumar. inst. 27 (2): 157-166, Jastrebarsko.
- DUBRAVAC, T., V. KREJČI, 1993: Ovisnost promjera horizontalne projekcije krošanja hrasta lužnjaka o totalnim visinama stabala pojedinih dobnih razreda ekološko-gospodarskog tipa

- II-G-10 (*Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić/ emend. Rauš 1969). Rad. Šumar. inst. 28 (1/2): 79-91, Jastrebarsko.
- DUBRAVAC, T., 1998: Istraživanje strukture krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba u zajednici *Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić ex Rauš 1969. (*Investigation of the structure of the crowns of peduncled oak and common hornbeam in a community Carpinus betuli-Quercetum roboris* /Anić 1959/Rauš 1969). Rad. Šumar. inst. 33 (2): 61-102, Jastrebarsko.
- DUBRAVAC, T., 1999: Utjecaj broja stabala na promjer krošnje hrasta lužnjaka u zajednici *Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić ex Rauš 1969. (*The influence of the number of trees on crown diameter for common oak in the Carpinus betuli-Quercetum roboris* Anić ex Rauš 1969). Rad. Šumar. inst. 34 (2):23-37, Jastrebarsko.
- DUBRAVAC, T., V. KREJČI, 2000: Structural elements of the Peduncled Oak's crown as an important factor in forestry management in Croatia. (*Strukturni elementi krošanja hrasta lužnjaka važan čimbenik gospodarenja šumama u Hrvatskoj*). XXI IUFRO World Congress, Forest and Society: The Role of Research, 7.-12. August 2000. Kuala Lumpur, Poster Abstracts Vol. 3., pp: 12-13, Malaysia.
- HAMILTON, G.J., 1969: The dependence of volume increment of individual trees on dominance, crown dimensions, and competition. *Forestry* 42, pp. 133-144.
- HREN, V., 1980: Dinamika horizontalnog širenja krošanja nekih važnijih vrsta drveća sjeverne Hrvatske, Šum. list (11-12): 455-460, Zagreb.
- HREN, V., V. KREJČI 1990: Pomak krivulje dužine krošanja u jednodobnim sastojinama lužnjaka s obzirom na njihovu starost. Rad. Šumar. inst. 25, (2): 337-344, Jastrebarsko.
- KÄNDLER, G., 1986: Die Ermittlung von Bestandsparametern als Eingangsgrößen für Interpretationsmodelle mit Hilfe aerofotogrammetrischer Verfahren, Abteilung Landespflege Nr. 9, pp. 129, Baden-Württemberg.
- KELVIN, L., 1953: *Stabler, Mathematical thought* Cambridge, mall, 118.
- KÖHL, M., R. SUTTER, 1991: Application of Aerial Photographs in the Estimation of Standing Volume in the Swiss National Forest Inventory, IUFRO Symposium, 176-191, Birnensdorf.
- KREJČI, V., 1988: Prirast širina krošanja hrasta lužnjaka u zajednici hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Horv. 1938.) na području Hrvatske. Magistarski rad, pp. 60, Zagreb.
- KRIŽANEC, R., 1987: Distribucija i projekcija krošanja u korelaciji s prsnim promjerom stabala u jelovim šumama. Disertacija, pp. 667, Zagreb.
- KUŠAN, V., V. KREJČI, 1993: Regresijski model za procjenu volumena sastojina hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na aerosnimkama. Rad. Šumar. inst. 28 (1-2): 69-78, Jastrebarsko.
- MATIĆ, S., 1973: Prirodno pomlađivanje kao faktor strukture sastojine u šumama jele s bračom (*Blechno-Abietetum* Horv.). Šumar. list (9-10): 321-358 Zagreb.
- MATIĆ, S., 1983: Utjecaj ekoloških i strukturnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glas. šum. pokuse (21): 223-400, Zagreb.
- MATIĆ, S., 1989: Intenzitet proredi i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse (25): 261-278, Zagreb.
- MAGUIRE, D.A., BRISSETTE, J.C. and GU, L., 1998: Crown structure and growth efficiency of red spruce in uneven-aged, mixed-species stands in Maine. *Can. J. For. Res.* 28, pp. 12333-1240. Abstract-GEOBASE. Full Text via CrossRef.
- MILETIĆ, Ž., 1950: Osnovi uređivanja prebirne šume, knjiga 1, Beograd.
- MILOJKOVIĆ, D., 1958: Istraživanje strukture i zapreminskog prirasta jednodobnih mešovitih sastojina hrasta lužnjaka i belog graba u šumama Gornjeg Srema. Glas. šum. fakulteta, pp. 219, Beograd.

- NOVOTNY, V., V. KREJČI, M. BENKO, T. DUBRAVAC, 1994: Utjecaj horizontalne projekcije krošanja hrasta lužnjaka na debljinski prirast. Rad. Šumar. inst. 29 (1): 137-150, Jastrebarsko.
- O'HARA, K.L., 1988: Stand structure and growing space efficiency following thinning in an even-aged Douglas-fir stand. *Can. J. For. Res.* 18, pp. 859-866.
- O'HARA, K.L., LAHDE, E., LAIHO, O., NOROKORPI, Y. and SAKSA, Y., 2001: Leaf area allocation as a guide to stocking control in multi-aged, mixed-conifer forests in southern Finland. *Forestry* 2, pp. 171-185.
- PRANJIC, A., 1980: Odnos sastojinskog visinskog i debljinskog prirasta u sastojinama hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse (26): 161-176. Zagreb.
- SELETKOVIĆ, Z., 1996: "Hrast lužnjak u Hrvatskoj", Klima lužnjakovih šuma, str.71-82, Vinokovci-Zagreb.
- VRBEK, B., 1993: Praćenje depozicije taložnih tvari u zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba na području Uprave šuma Bjelovar. Rad. Šumar. inst. 28 (1-2), 129 - 145, Jastrebarsko.
- WEBSTER, C.R. and LORIMER, C.G., 2003: Comparative growing space efficiency of four tree species in mixed conifer-hardwood forests. *Forest Ecology and Management*, Volume 177, Issues 1-3, april, pp. 361-377.
- ZEIDE, B., 1993: Measuring Trees in the Future, Proceedings of the Meeting of IUFRO S4.11-00, Berlin/Eberswalde, 38-46.

DEVELOPMENTAL DYNAMICS OF CROWN DIAMETERS IN PEDUNCLED OAK AND COMMON HORNBEAM RELATED TO DIAMETER BREAST HEIGHT AND AGE

Summary

Stand structure basically includes all elements which form the volume of wood and distribute it in space. Consequently, crown structure is an essential factor in the development and internal completeness of the stand structure. Generally speaking, crown structure is understood to mean size, form, growth and development of crown, their distribution in time and space, and proportions in relation to other parts of the tree. Influence of the crowns in a stand is multiple and is reflected in the seed crop, assimilation, crown cover, illumination, precipitation, "stand climate", temperature and moisture in soil, mineralisation and humification of organic matter in soil, conditions for regeneration, volume of wood increment, and measures of stem dimensions directly depend on the productive capability of the crown.

*Investigations were carried out in the geographical region of the community of peduncled oak and common hornbeam, *Carpino betuli-Quercetum roboris*, (Anić 1959, emend. Rauš 1969). Investigations were based on a large number of experimental plots (47), covering an area of 33.45 ha, and remarkably large number of samples consisting of 14 562 measured trees in the field. Diameters breast height were measured in an all 14 562 trees. Crown diameter was measured on a sample of 5 931 trees, of which 1 747 peduncled oak and 4 184 common hornbeam. Data obtained were classified by age classes and tree species.*

*Investigation results showed that the regularity of changes in crown diameters with increase in *d b h* in all age classes and in both species is linear, and that dependence can be expressed by the equation of the straight line. Correlation coefficients of peduncled oak and common hornbeam in all age classes showed strong connection ($r > 0.7$), while correlation explained $> 50\%$ of the total variability. Regression line (b_1) of crown diameters changed*

position and inclination with age. In peduncled oak it grew until the third age class, when it reached its culmination ($b_1 = 0.246$), after which age its value constantly decreased. Values of the regression coefficient in common hornbeam are almost the same for the youngest and oldest stands, and also almost the same for the stands from the second to sixth age class (Table 2).

The greatest increase in crown diameters of peduncled oak, with an increase in *d b h* of 5 cm, was evident in the third age class and amounted to 1.23 m for oak, and for common hornbeam 1.20 m in the second age class.

The mean values of crown diameters in peduncled oak and common hornbeam show the dynamics and growth trend of crown diameters by age classes (Figs. 4 and 5), and the interval in which 68% (± 1.0 s) and 95% of data fell (± 1.96 s). Growth trend of crown diameters showed two culminations in the current periodic, i.e. current annual increment (Tables 5 and 6). The first culmination of current periodic increment occurred in the stands of third age class (approximately 50 years) and amounted 1.9 m for oak, and 1.45 m for hornbeam. The second culmination was evident in stands of the seventh age class (approximately 130 years) and amounted to 3.06 m for oak and 1.18 m for hornbeam. The first culmination of the current annual increment in crown diameter increment was evident in the third age class (approximately 50 years) and amounted to 9.5 cm for oak and 7.25 cm for hornbeam. The second occurred between the sixth and seventh age classes (approximately 130 years) and amounted to 15.3 cm for oak and 5.9 cm for hornbeam.

The chosen levelling functions, obtained on such a representative sample of data (47 experimental plots on an area of 33.45 ha and 14 562 measured trees in the field), can be applied in practice as model functions, particularly in today in the computerised era.

Regression models obtained, and the regularity of crown structure development - time and value of crown increments, will be used for monitoring of systematic dynamics of growth and crown development; guidelines for the correct and well-timed management, increasing the amount of data on the stand condition and improved better solution tasks in modern forestry. These investigations will primarily be useful for silviculturalists who need to assess in advance the development process in order to be able to determine the pattern of crowns in the future stand), with regard to decision-making on the time, manner and intensity of silvicultural interventions.

Key words: stand structure, crown structure, correlation coefficient, determination coefficient, crown diameter, crown increment, peduncled oak, common hornbeam