

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

Prispjelo - *Received*: 01. 06. 2006
Prihvaćeno - *Accepted*: 09. 10. 2006.

UDK: 630*524

Vladimir Novotny*, Tomislav Dubravac*, Ante Seletković**

**ISTRAŽIVANJE TIJEKA RAZVOJA VOLUMENA
MJEŠOVITIH SASTOJINA HRASTA LUŽNJAKA
I OBIČNOGA GRABA (*CARPINO BETULI-QUERCETUM
ROBORIS ANIĆ EX. RAUŠ 1969.*)**

*INVESTIGATION OF THE DEVELOPMENTAL COURSE
OF THE VOLUME OF MIXED STANDS OF PEDUNCLED OAK
AND COMMON HORNBEAM (*CARPINO BETULI-QUERCETUM
ROBORIS ANIĆ EX. RAUŠ 1969*)*

SAŽETAK

"Šumu čini šumsko tlo suvislo obraslo drvećem, grmljem i prizemnim raščem, gdje se trajno proizvodi drvna tvar i općekorisna dobra, izražena u ekološkim (zaštitnim) i društvenim (socijalnim) funkcijama šuma."

U današnje vrijeme ljudska populacija, na lokalnoj i na globalnoj razini, teži ostvarenju trajno održivog razvitka. Iz toga proizlaze zahtjevi očuvanja životnog standarda s tendencijom stalnog rasta, korištenjem prirodnih resursa, a da se pri tome očuva zdravi prirodni okoliš. Na taj način došlo je do jačanja ekološke svijesti širih razmjera, koje je potpomognuto medijskim i političkim pritiscima, pretočenim u promjene zakonskih normi, poremetilo ustaljeni redoslijed važnosti primarnih, sekundarnih i inih proizvoda šuma.

Volumen drveta, odnosno drvna masa, krajnji je i najvažniji proizvod šume, a uloga šumara je da, utvrđivanjem smjernica gospodarenja u prostoru i vremenu, pomognu prirodi u proizvodnji što kvalitetnije drvne mase, uvažavajući zaštitnu, estetsku i rekreacijsku ulogu šume.

Utvrdivanje stanja, praćenje tijeka razvoja te spoznaja redoslijeda i jačine utjecaja čimbenika koji utječu na volumen sastojine ima veliku važnost u praksi pri određivanju ciljeva i načina gospodarenja koji će omogućiti, ovisno o potrebama i zahtjevima, kvantitativnu i kvalitativnu proizvodnju volumena drveta istraživa-
ne vrste u istraživanoj zajednici.

* Šumarski institut, Jastrebarsko, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko

** Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb

Čovjek je postao dominantni čimbenik koji podmirivanjem potreba svog životnog razvoja uzrokuje ubrzane ekološke i gospodarske promjene koje su znatno izmijenile uvjete rasta i razvoja te opstanka šuma. U takvoj konstelaciji, potrebno je volumenu sastojine, odnosno tijekom njegovog razvoja kroz vrijeme, kao i proučavanju zakonitosti djelovanja između čimbenika koji utječu na razvoj i proizvodnju drvene mase, pridati puno veću pažnju. Isto tako važno je ustanoviti reakcije koje proizlaze antropogenim i uzgojno-gospodarskim zahvatima, a utječu na promjenu same strukture sastojine i u konačnici na proizvodnju drvene mase. Tako bi u budućnosti planiranjem tih uglavnom uzgojno-gospodarskih zahvata mogli kvalitetnije realizirati ciljeve potrajnog gospodarenja, a da pri tome ne narušimo ekološke i sociološke postulate prirodnog razvoja naših šumskih ekosustava.

U ovom radu promatran je i proučavan razvoj volumena kao funkcija vremena, u sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba različitih starosti, na području Uprava šuma Podružnica "Karlovac", "Zagreb", "Koprivnica", "Bjelovar", "Našice" i "Vinkovci".

Ključne riječi: Volumen drva, struktura sastojine, hrast lužnjak, obični grab, distribucija volumena, potrajno gospodarenje.

UVOD

INTRODUCTION

Šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba javlja se na ocjeditim terenima. Razvijena je na povišicama ili gredama, na pseudoglejnom, odnosno podzolastom tlu, koje je slabo kiselo do neutralno. Obični grab ne podnosi stagnantnu vodu i visoku razinu podzemne vode, već samo kratkotrajne prolazne poplave, te je kao takav najbolji indikator stanja podzemne i stagnantne vode. Hrast lužnjak u ovakvoj kombinaciji s običnim grabom raste vrlo dobro, te razvija ravna i čista stabla (RAUŠ 1992).

Struktura sastojine može se tretirati na različite načine, prema tome koji se njezin element promatra. Kad se promatra raspored drvene mase po debljinskim stupnjevima, tad se govori o strukturi drvene mase. Promatrajući to kroz vrijeme razvoja određene sastojine tad se govori o tijeku razvoja volumena, odnosno drvene mase. (KLEPAC 1987).

Uvid u rast i razvoj sastojine, odnosno strukturnih elemenata koji je izgrađuju, dobiva se izabiranjem stalnih pokusnih ploha različite dobi, od najmlađih do najstarijih, kako bi se utvrdili rast i razvoj proučavane sastojine. Na temelju podataka s tih pokusnih ploha, utvrđeni su rast i razvoj sastojine, odnosno tijek razvoja volumena proučavane sastojine koji je prikazan analitički, grafički i tablično. (KLEPAC 1996).

U ovom istraživanju proučavan je tijek razvoja volumena u mješovitoj sastojini hrasta lužnjaka i običnoga graba. Hrast lužnjak u Hrvatskoj predstavlja najvrjedniju vrstu, a u zajednici s običnim grabom tvori mješovitu sastojinu koja zbog biološko-ekoloških okolnosti uvažava ekološke zahtjeve obiju vrsta. Kao takva, sva-

kako ima veću biološku otpornost i stvara najpovoljnije uvjete za proizvodnju kvalitetne drvene mase.

ZADATAK ISTRAŽIVANJA

RESEARCH TASK

Zadatak istraživanja ovog rada je iznaći model ili modele koji analitički prikazuju tijek razvoja volumena (drvene mase) u mješovitim sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba.

Cilj je na temelju statističke obrade empiričkih podataka, dobivenih uzorkovanjem na trajnim pokusnim ploham, osnovanim u sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba različitih starosti, te utvrđivanjem veza koje vladaju među njima, dobiti analitički izraz koji najbolje opisuje razvoj promatranih elemenata strukture kao funkciju vremena.

Uz gore navedeni zadatak i cilj istraživanja, osobita pažnja u ovom istraživanju posvećena je stanju distribucija promatranih elemenata strukture u razvoju mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba, kroz proučavani vremenski period.

METODA RADA

WORK METHOD

Sve istraživane plohe odabrane su i osnovane u prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka s običnim grabom (*Carpino betuli-Quercetum roboris*, Anić ex Rauš 1969.), koje su nastale prirodnim pomlađivanjem, oplodnom sječom s kratkim pomladnim razdobljem. (CESTAR i dr. 1988; BEZAK i dr. 1989).

Trajne pokusne plohe postavljene se prema metodologiji postavljanja pokusnih ploha koja je primijenjena u multidisciplinarnom projektu “Ekološko ekonomske valencije tipova šuma” (DUBRAVAC i NOVOTNY 1992; NOVOTNY 1997), proširenoj sa zahtjevima radne grupe ICP šuma o minimalnoj veličini, na kojoj se mogu obavljati mjerenja i uzimati uzorci, izraženoj u vodoravnoj ravnini, a objavljenih i specificiranih u 1. dijelu ICP šumskog priručnika. Prema kriteriju usporedivosti svih strukturnih elemenata, odabrane su lokacije za osnivanje trajnih pokusnih ploha. Trajne su pokusne plohe postavljene u sastojinama što homogenijih ekoloških i strukturnih obilježja (NOVOTNY 1999).

Plohe su postavljane u različitim dobnim razredima od 20 do 150 godina starosti, kako bi se mogao prikazati tijek razvoja mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba.

Od svih postavljenih pokusnih ploha u obradu su ušle one koje se nalaze na istim tlima i kojima je obrast obračunat za svaku vrstu drveća posebno na temelju prirasno-prihodnih tablica reduciranim omjerom smjese, iznad 0,8, što ih prema Pravilniku o uređivanju šuma svrstava u sastojine normalnog obrasta.

Na odabranim pokusnim plohama pristupilo se izmjeri, uzimanju uzoraka i procjeni sastojinskih elemenata. Svi su mjereni ili procijenjeni terenski podatci uneseni u prilagođenu bazu podataka, gdje se matematičko-statističkim metoda- ma obrađuju kako pojedinačno, tako i komparativno.

Periodičkim mjerenjima, procjenama i naknadnim kontinuiranim unošenjem terenskih podataka povećava se i razvija baza podataka, što nam u budućnosti omogućava obavljanje još kvalitetnijih, obimnijih i složenijih analiza podataka, dobiva se veći broj parametara i zakonitosti, a na kraju i modela koji pružaju dovoljno sigurne informacije i spoznaje na temelju kojih lakše, kvalitetnije i sigurnije dobivamo odgovore te donosimo odluke koje se od nas traže.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

RESEARCH RESULTS

Pokusne plohe su, na temelju starosti sastojine odnosno utvrđene starosti plohe, podijeljene u dobne razrede po 20 godina, u rasponu od dobnog razreda do 20-te do dobnog razreda 141-te godine i više, na sljedeći način:

Tablica 1. Broj ploha i ukupna površina obuhvaćena istraživanjem, raspoređena po dobnim razredima.

Table 1 Number of plots and total area covered by the investigation, according to age classes

Dobni razred Age class	Broj pokusnih ploha Number of experimental plots	Ukupna površina Total area
do 20 godina	3	1,05 ha
21 - 40 godina	4	1,33 ha
41 - 60 godina	4	1,75 ha
61 - 80 godina	9	7,25 ha
81 - 100 godina	9	8,50 ha
101 - 120 godina	6	6,00 ha
121 - 140 godina	5	5,00 ha
141 i više godina	2	2,00 ha
Ukupno	42	32,88 ha

Upisivanjem srednjih prsnih promjera izmjerenih na pokusnim plohama dobivena je tablica rasporeda broja stabala po debljinskim stupnjevima od 5 cm, posebno za svaku vrstu drveća na plohi, te tablica distribucije broja stabala po hektaru za svaku vrstu drveća i sumarno (HREN i KOVAČIĆ 1987).

Distribucija temeljnice (kružne plohe) po hektaru za svaku vrstu drveća i sumarno dobivena je tablicom distribucije broja stabala po hektaru i formule za temeljnicu, a raspoređena je po istim debljinskim stupnjevima kao i distribucija broja stabala po hektaru.

Kako bi se dobila tablica rasporeda volumena, odnosno drvne mase po hektaru za svaku vrstu drveća i sumarno, izrađeni su tarifni nizovi za svaku vrstu drveća na pokusnoj plohi. Regresijskom analizom upisanih visina stabala za obje vrste drveća, dobiveni su parametri b_0 i b_1 potrebni za izradu visinskih krivulja. Nizovi su dobiveni parametrima izjednačenih visinskih krivulja formulom Mihajlova.

Volumen stabla izračunat je kao funkcija prsnog promjera i visine stabla formulom Schumacher-Halla te a , b i c parametrima za pojedinu vrstu drveća iz drvnogromadnih tablica (ŠPIRANEC 1975).

Na taj način dobivena je matrica koja registrira i automatski obračunava svaku promjenu, ispravak ili unos bilo kojeg podatka u bazu podataka te evidentira promjene u strukturi i broju istraživanog elementa strukture kod kojeg su rađene promjene što se očituje i promjenama ostalih elemenata (broj stabala, temeljnica, volumen i njihove distribucije, omjer smjese i sl.). Svaka ploha za sebe ima i svoju lokalnu tarifu, odnosno tarifni niz koji je također aktivan, odnosno mijenja se ako se mijenja ili dodaje broj izmjerenih visina stabala bilo koje vrste, a što je najvažnije predstavlja baš taj lokalitet (pokusnu plohu) na kojoj je obavljeno mjerenje te na taj način njegovom upotrebom dobivamo točnije podatke kod obračuna volumena.

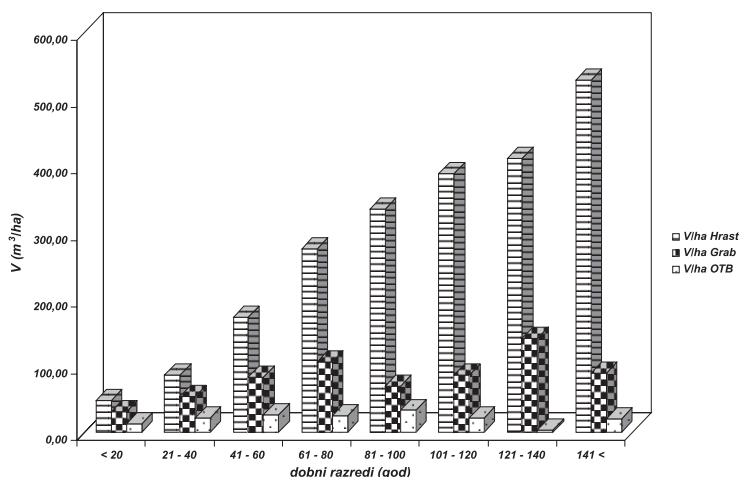
U daljnjem tijeku istraživanja izmjereni podaci svih pokusnih ploha u svakom pojedinačnom dobnom razredu, kumulirani su i obrađeni na isti način kao jedan uzorak (ploha) koji reprezentira dobni razred.

Analitički izrazi koji prikazuju tijek razvoja volumena, na istraživanim ploham u promatranom periodu, dobiveni su regresijskim i korelacijskim analizama te metodom najmanjih kvadrata.

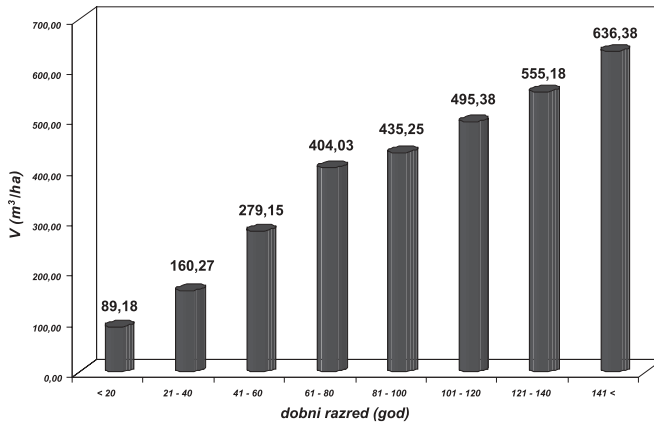
Na temelju obračunatih podataka mjerenja na svim pokusnim ploham, izračunati su prosjeci, odnosno prosječne vrijednosti ukupnog volumena po hektaru, kao i prosječne vrijednosti volumena po hektaru za svaku vrstu posebno.

Kumuliranjem podataka po dobnim razredima dobiveno je 8 ploha (dobnih razreda) impozantne baze izmjerenih prsnih promjera i visina stabala hrasta i graba.

Biometrijskom obradom svih izmjerenih stabala na terenu, grupiranih po dobnim razredima dobivene su, uz standardne devijacije (s_x), standardne pogreške



Grafikon 1. Prosječne vrijednosti volumena po vrstama drveća za istraživane dobne razrede.
Graph 1. Average values of volume according to species of tree for the investigated age classes



Grafikon 2. Prosječne vrijednosti ukupnog volumena po hektaru za istraživane dobne razrede.
Graph 2. Average values of total volume according to hectare for the investigated age classes

($s\bar{x}$), koeficijente varijacije (C.V.), koeficijente spljoštenosti (β_2) i koeficijente skošenosti (β_1), i srednje vrijednosti volumena stabala hrasta lužnjaka i običnoga graba.

Tablica 2. Parametri distribucija volumena hrasta lužnjaka i običnoga graba za istraživane dobne razrede

Table 2. Parameters of the distribution volume of Peduncled oak and Common hornbeam for the investigated age classes

Dobni razred Age class	Hrast lužnjak Peduncled oak						Obični grab Common hornbeam						
	godine	\bar{x}	s_x	$s\bar{x}$	C.V.	β_1	β_2	\bar{x}	s_x	$s\bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
< 20	0,041	0,040	0,001	97,941	2,012	4,245	0,014	0,020	0,000	144,676	3,733	19,740	
21 - 40	0,142	0,171	0,007	120,975	1,804	3,489	0,107	0,135	0,004	125,796	3,025	14,059	
41 - 60	0,660	0,688	0,034	104,197	1,945	4,055	0,164	0,205	0,005	124,990	2,078	4,889	
61 - 80	1,520	1,155	0,032	75,984	2,180	6,948	0,330	0,368	0,007	111,698	1,942	4,684	
81 - 100	2,224	1,366	0,038	61,422	1,407	3,144	0,269	0,403	0,007	149,962	4,430	38,596	
101 - 120	3,326	2,214	0,084	66,566	1,905	7,511	0,382	0,529	0,013	138,465	3,766	21,812	
121 - 140	6,549	3,394	0,193	51,828	1,726	5,789	0,574	0,563	0,016	98,111	1,667	4,199	
141 <	8,206	3,478	0,312	42,380	0,229	-0,746	0,366	0,352	0,015	96,262	3,798	24,898	

\bar{x} = aritmetička sredina C.V. = koeficijent varijacije $s\bar{x}$ = standardna pogreška
 s_x = standardna devijacija β_1 = koeficijent skošenosti β_2 = koeficijent spljoštenosti

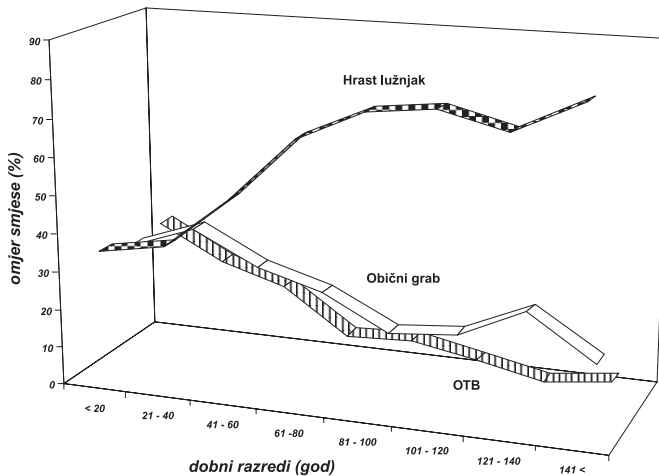
Omjer smjese na temelju ukupnog volumena za promatrane dobne razrede prikazan je u Tablici 3 i na Grafikonu 3.

Tijek razvoja srednjeg volumena stabala hrasta lužnjaka i običnoga graba u istraživanoj zajednici, u rasponu dobnih razreda istraživane zajednice prikazan je na Grafikonu 4.

Kako bismo iznašli modele koji analitički prikazuju tijek razvoja elemenata rasta mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba te kako bismo bolje utvrdili zakonitosti koje vladaju među istraživanim elementima, napravljena je ko-

Tablica 3. Omjer smjese na temelju ukupnog volumena za istraživane dobne razrede, izražen u postotku na jedan hektar.
 Table 3. Ratio of mixture on the basis of the total volume for the investigated age classes, expressed in percentage per one hectare

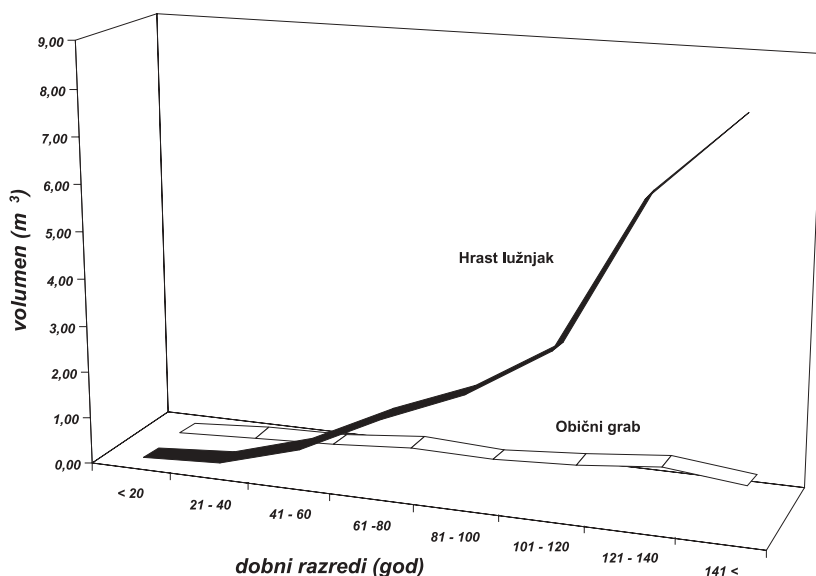
Dobni razred Age class godine years	Omjer smjese na temelju volumena Ratio of mixtures on the basis of volume			
	Hrast lužnjak Peduncled oak	Obični grab Common hornbeam	OTB	Ukupno Total
	%			
< 20	35	32	33	100
21 - 40	38	38	24	100
41 - 60	52	29	19	100
61 - 80	68	25	7	100
81 - 100	76	16	8	100
101 - 120	79	17	4	100
121 - 140	74	25	1	100
141 <	83	14	3	100



Grafikon 3. Omjer smjese na temelju volumena za istraživane dobne razrede.
 Graph 3. Ratio of mixtures on the basis of volume for the investigated age classes

relaciona analiza istraženih podataka. Tom obradom ustanovljena je linearna međusobna ovisnost između istraženih varijabli, odnosno Pearsonov koeficijent korelacije.

U daljnjem postupku istraživanja varijable čija je međusobna korelacija prikazana u Tablici 4., obrađene su pojedinačno regresijskom analizom te metodom najmanjih kvadrata u odnosu na dob. Na taj način dobivene su i ovisnosti volumena hrasta lužnjaka, volumena običnoga graba i ukupnog volumena o starosti sastojine, koje prikazuju tijek razvoja volumena na istraženom uzorku odabrane zajednice (mješovita sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba) kroz istraživani period.



Grafikon 4. Tijek razvoja srednjeg volumena hrasta lužnjaka i običnoga graba po dobnim razredima.
 Graph 4. Course of the development of mean volume of Pedunculced oak and Common hornbeam according to age classes

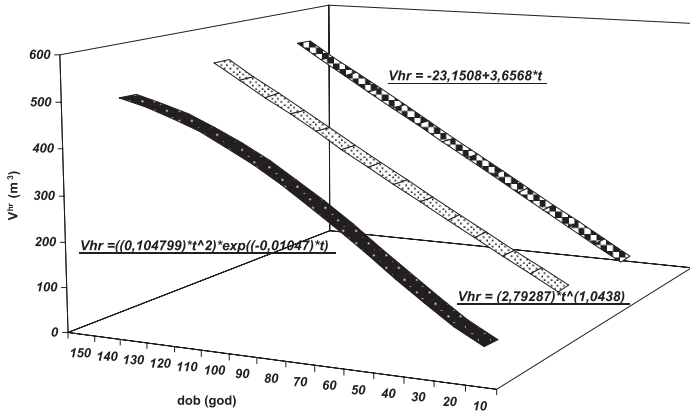
Tablica 4. Korelaciona analiza istraživanih varijabli.
 Table 4. Correlation analysis of the investigated variables

Correlations (Spreadsheet1 in Baza za korelacije)															
Marked correlations are significant at $p < .05000$															
N=8 (Casewise deletion of missing data)															
Variable	Dob	Nhr	Ngr	Nuk	ln(N)	Ghr	Ggr	Guk	Vhr	Vgr	Vuk	dsrhr	dsrgr	hsrhr	hsrgr
Dob	1,00	-0,84	-0,77	-0,73	-0,91	0,94	0,46	0,95	0,99	0,66	0,98	1,00	0,93	0,97	0,64
Nhr	-0,84	1,00	0,95	0,97	0,97	-0,90	-0,52	-0,93	-0,87	-0,79	-0,92	-0,84	-0,94	-0,94	-0,86
Ngr	-0,77	0,95	1,00	0,99	0,95	-0,84	-0,45	-0,84	-0,80	-0,74	-0,84	-0,76	-0,91	-0,86	-0,86
Nuk	-0,73	0,97	0,99	1,00	0,93	-0,81	-0,51	-0,84	-0,76	-0,76	-0,82	-0,73	-0,89	-0,85	-0,86
ln(N)	-0,91	0,97	0,95	0,93	1,00	-0,95	-0,48	-0,94	-0,93	-0,79	-0,96	-0,91	-0,98	-0,97	-0,86
Ghr	0,94	-0,90	-0,84	-0,81	-0,95	1,00	0,29	0,95	0,98	0,61	0,98	0,93	0,91	0,97	0,77
Ggr	0,46	-0,52	-0,45	-0,51	-0,48	0,29	1,00	0,53	0,39	0,79	0,47	0,51	0,53	0,50	0,29
Guk	0,95	-0,93	-0,84	-0,84	-0,94	0,95	0,53	1,00	0,97	0,68	0,98	0,94	0,94	0,99	0,70
Vhr	0,99	-0,87	-0,80	-0,76	-0,93	0,98	0,39	0,97	1,00	0,62	0,99	0,98	0,92	0,98	0,67
Vgr	0,66	-0,79	-0,74	-0,76	-0,79	0,61	0,79	0,68	0,62	1,00	0,70	0,71	0,84	0,73	0,77
Vuk	0,98	-0,92	-0,84	-0,82	-0,96	0,98	0,47	0,98	0,99	0,70	1,00	0,98	0,96	1,00	0,73
dsrhr	1,00	-0,84	-0,76	-0,73	-0,91	0,93	0,51	0,94	0,98	0,71	0,98	1,00	0,94	0,97	0,66
dsrgr	0,93	-0,94	-0,91	-0,89	-0,98	0,91	0,63	0,94	0,92	0,84	0,96	0,94	1,00	0,97	0,78
hsrhr	0,97	-0,94	-0,86	-0,85	-0,97	0,97	0,50	0,99	0,98	0,73	1,00	0,97	0,97	1,00	0,76
hsrgr	0,64	-0,88	-0,86	-0,86	-0,86	0,77	0,29	0,70	0,67	0,77	0,73	0,66	0,78	0,76	1,00

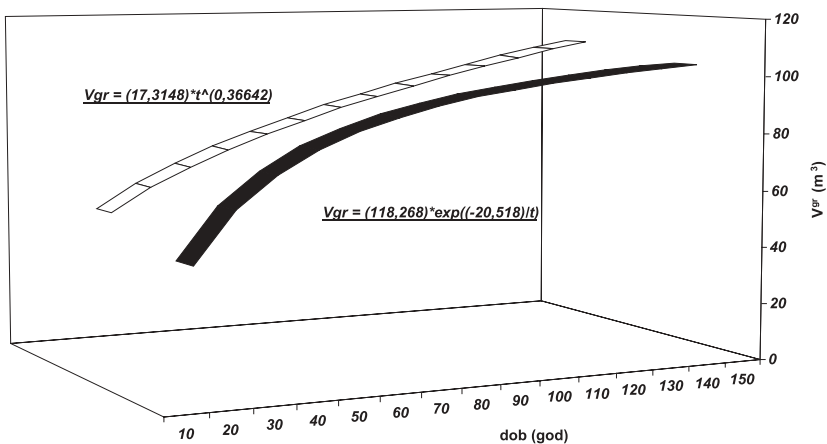
Dob = starost
 Nuk = ukupni broj stabala
 Ghr = temeljnica hrasta
 Vhr = volumen hrasta
 Dsrhr = srednji promjer hrasta
 hsrhr = srednja visina hrasta

Nhr = broj stabala hrasta
 ln(N) = logaritam ukupnog broja stabala
 Ggr = temeljnica graba
 Vgr = volumen graba
 dsrgr = srednji promjer graba
 hsrgr = srednja visina graba

Ngr = broj stabala graba
 Guk = ukupna temeljnica
 Vuk = ukupni volumen



Grafikon 5. Modeli izjednačenja volumena hrasta lužnjaka po hektaru.
 Graph 5. Models of equation of volume for Peduncled oak per hectare

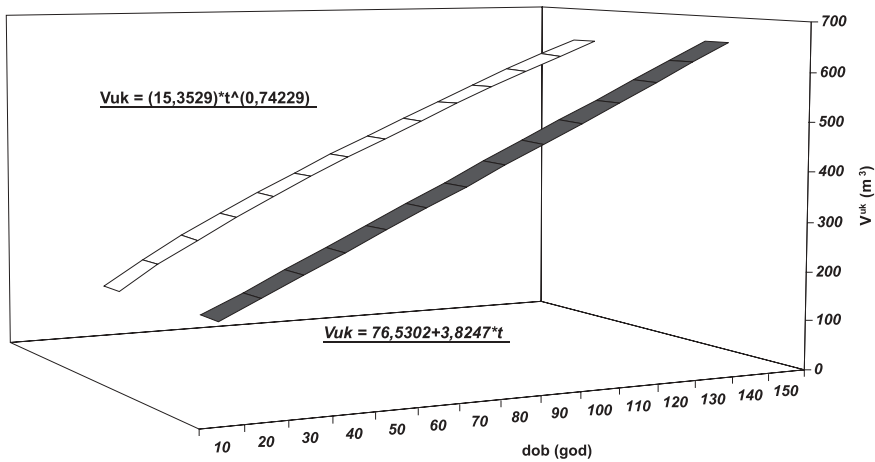


Grafikon 6. Modeli izjednačenja volumena običnoga graba po hektaru.
 Graph 6. Models of equation of volume for Common hornbeam per hectare

Na ovaj je način u dosadašnjem tijeku istraživanja dobiveno, za 3 obrađivane varijable pojedinačno u odnosu na dob, 7 modela izjednačenja koji opisuju tijek razvoja tih varijabli, u vremenskom razdoblju istraživanih dobnih razreda, mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba.

Za najbolju funkciju koja prikazuje razvoj volumena hrasta lužnjaka po hektaru (V^{hr}), i razvoj ukupnog volumena po hektaru (V^{uk}) kroz vrijeme, odabrana je funkcija potencije. Razvoj volumena običnoga graba po hektaru (V^{gr}) opisan je eksponencijalnom funkcijom čiji je oblik dao Terezaki (PRANJIĆ i LUKIĆ 1997).

Izjednačenje volumena OTB-a po hektaru (V^{OTB}/ha) nije rađeno, već su vrijednosti volumena OTB-a po hektaru koje prikazuju njegov tijek razvoja dobivene



Grafikon 7. Modeli izjednačenja ukupnog volumena po hektaru.
 Graph 7. Models of equation for total volume per hectare

Tablica 5. Modeli izjednačenja volumena hrasta lužnjaka, običnoga graba i ukupnog volumena kroz vrijeme.
 Table 5. Models of equation of volume for Peduncled oak, Common hornbeam and total olume over time

Istraživane varijable Investigated variables	Broj modela Number of models	Funkcija izjednačenja Function of equation	Analitički izraz modela izjednačenja Analytic expression of equation model	R ²	R
V ^{hr}	3	linearna/Linear	$V^{hr} = -23,1508 + 3,6568 * t$	0,97	0,99
		potencija/Potential	$V^{hr} = (2,79287) * t^{(1,0438)}$	0,97	0,99
		Hugershoff (exp.)	$V^{hr} = ((0,104799) * t^2) * \exp((-0,01047) * t)$	0,98	0,99
V ^{gr}	2	Terezaki (exp.)	$V^{gr} = (118,268) * \exp((-20,518)/t)$	0,56	0,75
		potencija/Potential	$V^{gr} = (17,3148) * t^{(0,36642)}$	0,49	0,70
V ^{ukupno}	2	linearna/Linear	$V^{ukupno} = 76,5302 + 3,8247 * t$	0,96	0,98
		potencija/Potential	$V^{ukupno} = (15,3529) * t^{(0,74229)}$	0,98	0,99

V^{hr} = volumen hrasta

V^{gr} = volumen graba

V^{uk} = ukupni volumen

tako da su od ukupne vrijednosti izjednačenog volumena po hektaru oduzete vrijednosti izjednačenog volumena po hektaru hrasta lužnjaka i običnoga graba.

U Tablici 6. prikazane su vrijednosti dobivene odabranim modelima volumena hrasta lužnjaka, običnoga graba i ukupnog volumena istraživanih sastojina u vremenu od 20-te do 150-te godine starosti tih sastojina. Prikazani modeli dobiveni su na temelju baze podataka od izmjerenih 21.683 prsna promjera, 2.068 izmjerenih visina hrasta lužnjaka i 1.662 izmjerene visine običnoga graba na ukupnoj istraživanoj površini od 32,88 hektara.

Na kraju su istraživanja prikazani podatci obrade učinjene multiplom regresijom, kojom se opisuje koje varijable, s kolikom značajnošću i u kojem smjeru opisuju volumen hrasta lužnjaka po hektaru (V^{hr}) kao zavisnu varijablu.

Tablica 6. Tijek razvoja volumena mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba u promatranom vremenu.

Table 6. Course of development of volume in mixed stands of Peduncled oak and Common hornbeam during the examined period

Dobni razred Age class	Volumen po hektaru Volume per hectare			
	god year	hrast Oak	grab Hornbeam	OTB OTB
m ³ /ha				
20	63,69	42,40	35,80	141,88
30	97,25	59,68	34,78	191,71
40	131,30	70,81	35,23	237,35
50	165,74	78,46	35,90	280,10
60	200,49	84,01	36,20	320,70
70	235,49	88,22	35,87	359,57
80	270,70	91,51	34,82	397,04
90	306,12	94,16	33,04	433,32
100	341,70	96,33	30,53	468,57
110	377,45	98,14	27,33	502,92
120	413,33	99,68	23,46	536,47
130	449,35	101,00	18,96	569,31
140	485,49	102,15	13,87	601,51
150	521,74	103,15	8,22	633,11

Tablica 7. Multipla regresija za volumen hrasta lužnjaka po hektaru kao zavisnu varijablu.
Table 7. Multiple regression for the volume of Peduncled oak per hectare as a dependent variable

Regression summary for Dependent Variable: V^m						
$R = ,99891$ $R^2 = ,99783$ $Adjusted\ R^2 = ,99620$						
$F(3,4) = 612,34$ $p < ,00001$ Std. Error of estimate: 10,746						
	Beta	Std. Err. of Beta	B	Std. Err. of B	t(4)	p-level
N=8						
Intercept			-345,660	48,80067	-7,08721	0,002093
N^{hr}	0,399180	0,067953	0,273	0,04640	5,87440	0,004195
G^{hr}	-0,113134	0,027378	-10,324	2,49822	-4,13235	0,014466
h_w^{hr}	1,412917	0,066950	24,646	1,16783	21,10395	0,000030

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

U skladu sa zadatkom i ciljem istraživanja tijeka razvoja volumena mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba, koji proizlazi iz utvrđivanja veze i odnosa međudjelovanja elemenata koji čine i izgrađuju strukturu sastojine, kao i utjecaja čovjeka na njen razvoj, a na temelju dobivenih rezultata istraživanja u ovom radu, nameću se sljedeći zaključci:

1. U svrhu dobivanja tijeka razvoja volumena mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba napravljena je ukupna međusobna korelacija istraživanih elemenata strukture. Tom obradom ustanovljena je linearna međusobna ovisnost između svih istraživanih varijabli, odnosno dobiven je

Pearsonov koeficijent korelacije. U daljnjem postupku istraživanja, volumen kao promatrana varijabla čija je međusobna korelacija ustanovljena Pearsonovim koeficijentom korelacije, obrađen je regresijskom analizom te metodom najmanjih kvadrata u odnosu na dob. Na taj način dobivene su ovisnosti volumena o starosti sastojine koje predstavljaju tijek razvoja volumena na istraživanim plohama.

2. Predloženi modeli koji najbolje objašnjavaju tijek razvoja volumena hrasta lužnjaka po hektaru prikazani su linearnom ($R^2 = 97,0 \%$) funkcijom iz jednačenja, funkcijom potencije ($R^2 = 97,0 \%$) i eksponencijalnom funkcijom čiji je oblik dao Hegershoff ($R^2 = 98,0 \%$). Kao modelna funkcija, odabrana je funkcija potencije jer ima, kao i ostale dvije predložene funkcije, visoki koeficijent determinacije, a daje najveće vrijednosti volumena u starijim sastojinama. Tijek razvoja volumena običnoga graba kroz istraživani vremenski period opisan je funkcijom potencije ($R^2 = 49,0 \%$) i eksponencijalnom funkcijom čiji je oblik dao Terezaki ($R^2 = 56,0 \%$), a kao model koji najbolje objašnjava tijek razvoja te varijable odabrana je eksponencijalna funkcija po Terezakiju, na temelju većeg koeficijenta determinacije. Ukupni volumen po hektaru, odnosno tijek njegovog razvoja kroz istraživani vremenski period, opisan je linearnom funkcijom ($R^2 = 96,0 \%$) i funkcijom potencije ($R^2 = 98,0 \%$). Kao modelna funkcija, odabrana je funkcija potencije na temelju većeg koeficijenta determinacije.
3. Analitički izrazi modela iz jednačenja koji najbolje opisuju tijek razvoja volumena, mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba, kroz istraživani vremenski period, na odabranom uzorku, dobiveni su regresijskom analizom i metodom najmanjih kvadrata, a odabrani su vrijednošću koeficijenta determinacije R^2 i na temelju iskustava dosadašnjih istraživanja.
4. Obavljena je multipla regresija kojom opisujemo koje varijable, s kolikom značajnošću i u kojem smjeru utječu na promjene zavisnih varijabli. Kao zavisna varijabla, odabran je volumen hrasta lužnjaka po hektaru. Tom regresijom zavisna varijabla opisana je značajno s brojem stabala hrasta lužnjaka po hektaru, temeljnicom običnoga graba po hektaru i srednjom visinom stabala hrasta lužnjaka, kao nezavisnim varijablama. Nezavisne varijable u ovoj multiploj regresiji značajno opisuju zavisnu s 99,62%. Promjene broja stabala hrasta lužnjaka po hektaru i promjene srednje visine hrasta lužnjaka imaju pozitivni smjer utjecaja na zavisnu varijablu, dok temeljnica običnoga graba po hektaru ima negativni smjer utjecaja na zavisnu varijablu.
5. Rezultati istraživanja ovog rada, dobiveni modeli koji opisuju analitički tijek razvoja volumena na istraživanim plohama te zakonitosti kojima je ustanovljeno koje nezavisne varijable i u kojem smjeru utječu na volumen hrasta lužnjaka kao zavisnu varijablu, zasigurno će poslužiti kao pomoć pri prognozi budućeg stanja ovih mješovitih sastojina te u određivanju smjernica budućeg šumarstva.

LITERATURA

REFERENCES

- BENKO, M., V. NOVOTNY, D. VULETIĆ, 2001: Modeliranje mješovitih sastojina hrasta lužnjaka u EGT-u II-G-10. Znanstvena knjiga: Znanost u potrajnom gospodarenju Hrvatskim šumama. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski institut, Jastrebarsko, Hrvatske šume, p.o. Zagreb, 395-406, Zagreb.
- BEZAK, K., D. CESTAR, V. HREN, Z. KOVAČEVIĆ, J. MARTINOVIĆ, Z. PELCER, 1989: Uputstva za izradu karte ekološko-gospodarskih tipova brdskog i nizinskog područja (II) SR Hrvatske. Rad. Šumar. inst. (79): pp. 119, Zagreb.
- CESTAR, D., V. HREN, Z. KOVAČEVIĆ, J. MARTINOVIĆ, Z. PELCER, 1988: Tipovi lužnjakovih šuma. Radovi Šumarskog instituta, br. 23, str. 167 - 176, Zagreb.
- DUBRAVAC, T., V. NOVOTNY, 1992: Metodologija tematskog područja uzgajanje šuma-rast i prirast (primjenjena u multidisciplinarnom projektu Ekološko ekonomske valencije tipova šuma). Radovi Šumarskog instituta, br. 27 (2), str. 157 - 166, Jastrebarsko.
- HREN, V., Đ. KOVAČIĆ, 1987: Normalna raspodjela stabala po debljinskim stupnjevima i dobnim razredima u ekološko-gospodarskim tipovima šuma II-G-10, II-G-11, II-G-12, II-G-13 i II-G-22. Radovi Šumar.inst. Jastrebarsko XXII/72: 1 -65, Zagreb.
- KLEPAC, D., 1987: Sastojina. Šumarska enciklopedija, Vol 3, str. 172-178, JLZ, Zagreb
- KLEPAC, D., 1996: Hrast lužnjak u Hrvatskoj. Rast i prirast sastojine, str. 219-226, HAZU – JP HŠ, Vinkovci-Zagreb.
- MATIĆ, S., 1994: Prilog poznavanju broja biljaka i količine sjemena za kvalitetno pomlađivanje i pošumljavanje. Šum. list (3-4): 71-79, Zagreb.
- NOVOTNY, V., 1997: Pomak osnovnih sastojinskih elemenata u vremenu između dvije izmjere u zajednici *Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić ex. Rauš 1969. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- NOVOTNY, V., M. BENKO, B. VRBEK, 1999: The development of structural elements of floodplain forest (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht 1938) in Slavonia. ECOLOGY, 18(1):47-58, Bratislava.
- PRANJIC, A., N. LUKIĆ, 1997: Izmjera šuma. Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, pp.405, Zagreb.
- RAUŠ, Đ., I. TRINAJSTIĆ, J. VUKELIĆ, J. MEDVEDOVIĆ, 1992: Šume u Hrvatskoj. Biljni svijet Hrvatskih šuma, str. 33-77, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb.
- ŠPIRANEC, M., 1975: Prirasno-prihodne tablice. Rad. Šumar. inst. (25): 1-103, Jastrebarsko, Zagreb.

INVESTIGATION OF THE DEVELOPMENTAL COURSE
OF THE VOLUME OF MIXED STANDS OF PEDUNCLED OAK
AND COMMON HORNBEAM (*CARPINO BETULI-QUERCETUM*
ROBORIS ANIĆ EX. RAUŠ 1969)

Summary

"The forest consists of forest soil fully stocked with trees, shrubs and ground vegetation, where the permanent production of wood matter and commonly useful goods are expressed in ecological (protective) and social functions of the forest" (Matić, 1994).

Today, the human population, on the local and global level, strives to realise permanently maintained development. Consequently, this requires the preservation of living standards with a tendency to continued growth, by using natural resources, with preservation of a healthy natural environment. This results in strengthening of ecological awareness on a large scale, which is assisted by media and political pressures and reflected in changes of legislative norms, interfering with the previous order and importance of primary, secondary and other products of the forest.

The volume of wood, i.e. wood mass, is the final and most important product of the forest, and the role of the forester is to determine guidelines of management in space and time, in order assist nature in the production of higher quality wood mass, while respecting the protective, aesthetic and recreational role of the forest.

Determination of the condition, monitoring the course of development and knowledge of the sequence and intensity of the influence of factors on the volume of a stand has great importance in practice, in the process of determining goals and methods of management which will enable, depending on needs and requirements, quantitative and qualitative production of the volume of wood of the investigated species in the investigated community.

Man has become a dominant factor who, by satisfying the needs of his improved standard of living, causes accelerated ecological and management changes, which considerably alter conditions of growth, development and survival of forests. In such a constellation, greater care should be paid to the volume of a stand, i.e. the course of its development through time, and the study of the regularities of interaction between factors which have an effect on the development and production of wood mass. At the same time it is important to ascertain the reactions which are caused by anthropogenic and silvicultural-management interventions, and which have an effect on changes in the stand structure and finally on the production of wood mass. Thus, in the future, by planning these mainly silvicultural-management interventions, it would be possible to achieve higher goals of sustainable management, while not disrupting ecological and sociological postulates of natural development of our forest ecosystems.

In this paper the development of volume has been studied as a function of time, in stands of Peduncled oak and Common hornbeam of different ages in the region of the Forest Administration Branch Offices of Karlovac, Zagreb, Koprivnica, Bjelovar, Našice and Vinkovci.

Key words: volume of wood, stand structure, Peduncled oak, Common hornbeam, distribution of volume, sustainable management