

# KVALITATIVNA STRUKTURA STABALA HRASTA LUŽNJAKA (*Quercus robur* L.) KAO KRITERIJ PLANIRANJA SASTOJINA ZA OBNOVU

## PEDUNCULATE OAK (*Quercus robur* L.) TREES QUALITATIVE STRUCTURE AS A CRITERIA OF THE STAND REGENERATION PLANNING

Krunoslav TESLAK<sup>1</sup>, Jura ČAVLOVIĆ<sup>1</sup>, Mario BOŽIĆ<sup>1</sup>, Karlo BELJAN<sup>1</sup>

### Sažetak:

Gospodarenje šumama hrasta lužnjaka opterećeno je pojavom propadanja i odumiranja stabala te danas predstavlja značajan gospodarski i ekološki problem u šumarstvu Hrvatske. Narušavanje strukture starijih i starih sastojina posljedično uzrokuje smanjenja kvalitativne (sortimentne) strukture drva, odnosno vrijednosti drvne zalihe sastojina. Prsni promjer srednjeg plošnog stabla sastojine ( $d_{SPS}$ ) i udio obujma drva razreda kakvoće A i B ( $vAB^p$ ) u ukupnom obujmu SPS hrasta u ovom radu izdvojene su kao zavisne varijable u postupku istraživanja multivarijantnog utjecaja skupina sastojinskih, stanišnih i gospodarskih čimbenika višefaktorskom analizom varijance na kvalitativnu (sortimentnu) strukturu preostalih stabala hrasta lužnjaka u starijim i starim lužnjakovim sastojinama srednje Posavine. S obzirom na rezultate varijabilnosti kvalitativne strukture, predloženi su modeli procjene strukture obujma drva po razredima kakvoće prema Hrvatskoj normi HRN EN 1361-1. Na iznimnu kvalitetu sastojina i potencijal staništa ukazuje aritmetički srednji prsni promjer SPS hrasta lužnjaka od 64 cm te sadržaj prosječno 35 % obujma drva kvalitativno svrstanih u A i B razrede kakvoće. Kompleksan utjecaj skupina sastojinskih i stanišnih varijabli na prsni promjer i kvalitetu SPS hrasta lužnjaka znatno je manje izražen od utjecaja skupine gospodarskih varijabli. Kvaliteta staništa i sklopljenost sastojine, kroz utjecaj na dužinu debla, čistoću od grana i dr., očekivano statistički značajno utječu na kvalitativnu strukturu stabala hrasta. Objašnjenost varijabilnosti obujma pojedinog razreda kakvoće drva izabranom jednadžbom kreće se u rasponu od 63,4 % za razred kakvoće C do 92,1 % za drveni ostatak (DO). Neovisno o deklarativno različitim uvjetima u kojima su se razvijale istraživane sastojine, preostala lužnjakova stabla ujednačene su i velike kvalitativne strukture, no vrijednost drvne zalihe značajno je smanjena uslijed smanjenja obrasta. U budućim postupcima planiranja gospodarenja uputno je pronalaziti i izdvajati strukturno očuvane i stabilne dijelove šume na kojima bi se akumulirao vrijednosni prirast s ciljem uspostavljanja ravnoteže u dobi sječe sastojina i unapređenju dobne strukture šuma hrasta lužnjaka.

KLJUČNE RIJEČI: hrast lužnjak, stare sastojine, sastojinska struktura, sortimentna struktura

<sup>1</sup> Dr. sc. Krunoslav Teslak, prof. dr. sc. Jura Čavlović, izv. prof. dr. sc. Mario Božić, Karlo Beljan, mag. ing. silv. Zavod za izmjeru i uređivanje šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail:kteslak@sumfak.hr

## 1. Uvod Introduction

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) najznačajnija je vrsta drveća u Hrvatskoj s obzirom na novčanu vrijednost koja se ostvaruje prodajom drvnih sortimenata. U novije vrijeme gospodarenje šumama hrasta lužnjaka opterećeno je pojavom propadanja i odumiranja stabala (Čavlović i dr. 2006, 2009) te danas predstavlja značajan gospodarski i ekološki problem u šumarstvu Hrvatske (Tikvić i dr. 2009).

Vrijednost drvene zalihe zrelih sastojina ogleda se u kvaliteti stabala koja ju sačinjavaju, ali i iznosu i raspodijeli drvene zalihe po vrstama drveća. Propadanje i odumiranje stabala osim što rezultira velikim ekonomskim gubicima koji iznose i do 40 % potencijalne tržišne vrijednosti drvnih sortimenata (Zečić i dr. 2009), umanjuje vrijednost sastojina uslijed smanjenja obrasta poglavito glavne, najvrednije vrste drveća, ali i slabljenja općekorisnih funkcija šume (Petráš 2002).

Pod kvalitetom stabala pojednostavljeno podrazumijeva se vrsta, odnosno kakvoća sortimenata koji se iz stabala mogu izraditi. U Hrvatskoj se drvo tradicionalno razvrstava prema namjeni (*Hrvatska norma proizvoda iskorištavanja drva*, Anon 1995), što modeliranje sortimentne strukture čini vrlo zahtjevnim (brojne kategorije, subjektivna odluka o namjeni). Novije norme (na primjer *Hrvatska norma HRN EN 1361-1*, Anon 1999) utemeljene na zapadnoeuropskoj praksi razvrstavaju drvo prema kakvoći, ne prejudicirajući njegovu namjenu. Modeli procjene kakvoće nešto su jednostavniji (imaju manje slučajnih i subjektivnih čimbenika), pa su stoga prikladniji za procjenu kvalitativne strukture dubećih stabala.

Preciznija procjena sortimentne, odnosno kvalitativne strukture sastojine, a time i vrijednosti njene drvene zalihe, omogućava učinkovitije planiranje gospodarenja. Učestalo znatno odstupanje planirane proizvodnje sortimenata od ostvarene ukazuje na otvoren problem i potrebu izrade modela za procjenu sortimentne i/ili kvalitativne strukture sastojina (Vondra 1995). Istraživanjem načina oblikovanja uzoraka te iznalaženjem najboljih modela procjene sortimentne strukture, u Hrvatskoj bavili su se mnogi autori (Vondra 1995; Vuletić 1999; Šušnjar 2002; Paladinić i Vuletić 2006; Prka 2008). Rezultati spomenutih istraživanja sugeriraju da dobiveni modeli uglavnom imaju ograničenu uporabu s obzirom na pripadnost uzorka vrsti drveća, uređajnom razredu, ekološko-gospodarskom tipu (EGT), dobrom razredu, vrsti sječe i dr. Znatne razlike u kvalitativnoj strukturi pridobivenog drva postoje između vrsta prihoda (glavni i prethodni) te sijekova oplodne sječe na primjer u bukovim sastojinama (Prka 2008). Istraživanje odnosa kvalitativne strukture drva s obzirom na utvrđeni stupanj oštećenosti stabala (Petráš 2002; Tikvić i dr. 2009; Zečić i dr.

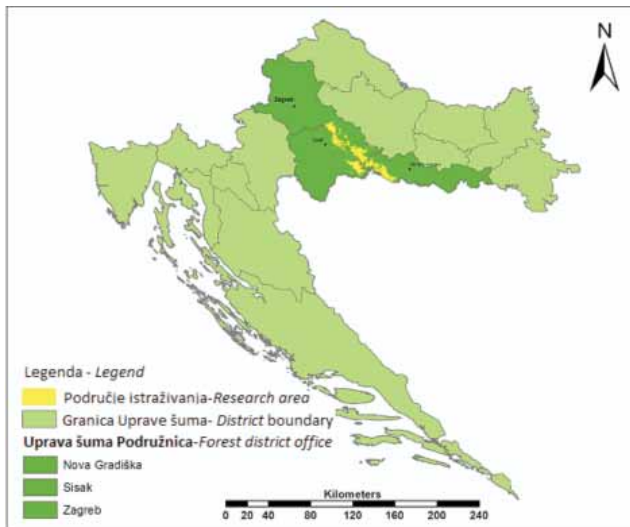
2009.) temelj su procjene gubitaka vrijednosti drva u sastojinama zahvaćenim sušenjem. U većini regresijskih modela za predikciju kvalitativne strukture drva prsni promjer stabla najviše doprinosi objašnjenju varijabilnosti, prema tomu, distribucija prsnih promjera u sastojini važan je pokazatelj grube procijene vrijednosti drvene zalihe (Vuletić 1999; Paladinić i Vuletić 2006). U starijim i starim jednodobnim sastojinama u kojima je utjecaj dobi sastojine zanemariv, prsni promjer stabala može biti pokazatelj kvalitete stabala, odnosno sastojina (Kangas i Maltamo 2002). Za precizniju procjenu kvalitete sastojina potrebno je uz distribuciju prsnih promjera u određenoj dobi sastojina utvrditi kvalitativnu strukturu, ponajprije zastupljenost najkvalitetnijih razreda kakvoće (Petráš 2002).

Pri planiranju i gospodarenju šumama hrasta lužnjaka primjenjuju se jedinstvene sortimentne tablice dobivene iz uzorka posječenih stabala neovisno o području, dobi, vrsti sijeka, EGT-u te stanju strukture sastojina, stoga često postoje znatna odstupanja u planiranoj i ostvarenoj proizvodnji sortimenata. Istraživanje utjecaja čimbenika staništa (Petráš i dr. 2008), kao i čimbenika gospodarenja (Musić 2005; Prka 2008; Koprivica i dr. 2010) na kvalitativnu strukturu drva pretpostavljaju stratifikaciju modela.

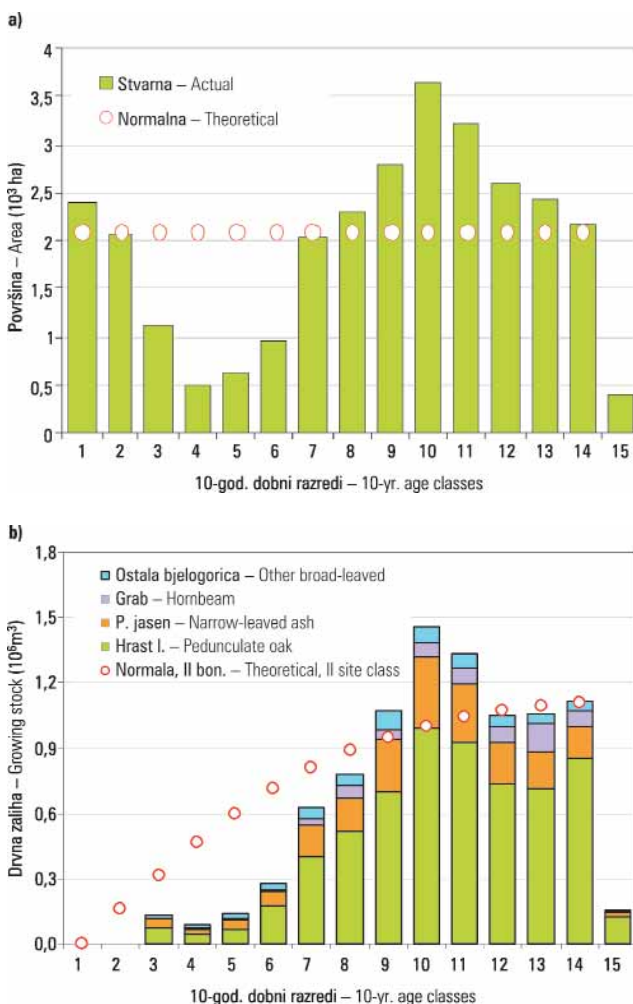
U ovom radu cilj je istražiti kvalitativnu strukturu drva hrasta lužnjaka u starijim i starim lužnjakovim sastojinama narušene strukture (smanjenog obrasta) u srednjoj Posavini. Nadalje, cilj je, istražiti utjecajne čimbenike na kvalitativnu i sortimentnu strukturu preostalih stabala hrasta lužnjaka, te glede varijabilnosti kvalitativne strukture prema postavljenim sastojinskim, stanišnim i gospodarskim varijablama izgraditi i predložiti modele procjene strukture obujma drva po razredima kakvoće prema *Hrvatskoj normi HRN EN 1361-1* (Anon 1999).

## 2. Objekt istraživanja Object of research

Predmet istraživanja u ovom radu predstavljaju starije i stare sastojine šuma hrasta lužnjaka na širem području Lonjskog i Mokrog polja, odnosno srednje Posavine. U upravnom smislu područje obuhvaća dijelove triju županija; Zagrebačku, Sisačko-moslavačku i Brodsko-posavsku, a u šumsko-gospodarskom dijelove triju Uprava šuma; Podružnice Zagreb, Sisak i Nova Gradiška. Nizinske šume hrasta lužnjaka na tom području razdijeljene su na 16 gospodarskih jedinica (GJ), od GJ Žutica, Šumarije Novoselec na zapadu, dolinom Save, desnom obalom do Jasenovca, a lijevom do Stare Gradiške, s desne strane autoceste Zagreb-Lipovac sve do GJ Ljeskovača Šumarije Stara Gradiška na istoku (karta 1). Detaljno opisana prirodna obilježja područja rada mogu se pronaći u Kovačević i dr. (1972) i Seletković (1996).



**Karta 1.** Šume hrasta lužnjaka na području istraživanja  
**Map 1** The region of researched pedunculate oak forests and location of the research forest site



**Slika 2.** Prikaz dobne strukture šuma hrasta lužnjaka područja istraživanja. a) Raspodjela površine prema dobnim razredima. b) Raspodjela drvene zalihe prema vrstama drveća i dobnim razredima.

**Figure 2** Age class distribution of the pedunculate oak in research area a) Area age class distribution. b) Distribution of growing stock per tree species and age classes.

Površina šuma hrasta lužnjaka koje su uključene u istraživanje iznosi 29 290 ha ili 62 % obrasle površine područja istraživanja. Velik udio starijih i starih sastojina, mala zastupljenost mladih i srednjodobnih sastojina, uz intenzivniju obnovu tijekom zadnjih 20 godina, obilježje je dobne strukture (Slika 1).

U ukupnoj drvnj zalihi od 9 269 261 m<sup>3</sup> hrast lužnjak zastupljen je sa 68 %, poljski jasen sa 20,0 %, obični grab sa 6 % te ostala bjelogorica (pretežno crna joha) sa 6 % (Slika 1b). Uz pretpostavku normalne dobne strukture šume i normalnog obrasta sastojina, teoretska drvena zaliha prema prirodno prihodnim tablicama za drugi bonitet (Špiranec, 1975) iznosila bi 10 203 990 m<sup>3</sup>.

### 3. Metoda rada Methods

Unutar uređajnog razreda (UR) hrasta lužnjaka na području istraživanja iz baze HŠ-fonda (baza podataka tvrtke Hrvatske šume d.o.o.) izdvojene su sastojine koje su 2007. godine bile dobi iznad 100 godina i smanjenog obrasta (obrast ispod 0,8) (Čavlović 2006) te površine veće od 3 ha. Time je dobiven uzorak od 2 474 sastojine ukupne površine 29 190 ha, prosječne površine od 11,8 ha i drvene zalihe od 9 269 261 m<sup>3</sup>, odnosno 318 m<sup>3</sup>/ha.

Slučajnim odabirom (generiranjem slučajnog broja iz tablice slučajnih brojeva) izdvojene su sastojine za detaljnu terensku izmjeru i procjenu na uzorku privremenih ploha. U odabranim sastojinama (37 sastojina) sustavno su polagane kružne plohe polumjera 35 m na dijagonalnom traktu kroz sastojinu, na način da 1 ploha predstavlja oko 2 ha. Na plohama je između ostalog (vidjeti Teslak 2010) odabrano u prosjeku 5 modelnih stabala hrasta lužnjaka najbližih središtu plohe. Odabranim stablima po metodi Danhelovskog; procjene i obračuna sortimentne strukture stabala u dubjećem stanju (Ugrenović 1956), utvrđena je dužina pojedinog razreda kakvoće prema *Hrvatskoj normi HRN EN 1361-1* (Anon 1999). Terenski dio procjene kvalitativne strukture drva sastoji se u procjeni razreda kakvoće drva i izmjeri (procijeni) dužine pojedinog razreda kakvoće.

Za izmjeru dosega visine pojedinog razreda kakvoće, odnosno njene dužine, korišten je visinomjer Vertex IV. Ovdje je bitno istaknuti da se sekcije pojedinih razreda kakvoće ne nižu nužno pravilno od tla prema vrhu stabla (A, B, C...), niti da je nemoguće da stablo ima dvije pa i više sekcija istog kvalitativnog razreda (npr. B, C, B, D...), stoga se ovim čimbenicima pridavala osobita pozornost pri oblikovanju sekcija prema razredima kakvoće.

Paralelno s procjenom kvalitativne strukture drva izmjerena je visina početka krošnje, visina osvijetljenog dijela krošnje te totalna visina stabla. Osim toga, modelnim stablima procijenjeno je zdravstveno stanje i izmjerena širina

krošnje (vidjeti Teslak 2010). Za pluhu kao cjelinu osobitih strukturnih značajki procijenjena je brojnost ponika i pomladka, brojnost i vrste u sloju grmlja, te ostali elementi staništa i stanja sastojine (mikroreljef, sklop, kvaliteta, zdravstveno stanje, šumski red i zastrtost tla listincem, prizemnim raščem i slojem grmlja).

Na osnovi izmjerene visine kraja sekcije ( $h_{KS}$ ) i visine početka sekcije ( $h_{PS}$ ), procijenjenog razreda kakvoće i tablica pada promjera za hrast lužnjak (Šurić 1938 u Antoljak (ur.) 1949) tj. prsnog promjera ( $d_{1,30}$ ) i postotka od prsnog promjera na visini sredine sekcije ( $p_{hSS}$ ), izračunat je promjer na sredini sekcije za svaki pojedini razred kakvoće, iz čega je formulom (1) izračunat obujam sekcije ( $v_x$ ) pojedinog razreda kakvoće.

$$v_x = \frac{(d_{1,30} \times \frac{p_{hSS}}{100})^2 \times \Pi}{40000} \times (h_{KS} - h_{PS}) \quad (1)$$

Ukupan obujam stabla s korom do 7 cm promjera ( $v_{BR}$ ) izračunat je na temelju izmjenjenog prsnog promjera ( $d_{1,30}$ ) i totalne visine stabla ( $h_T$ ) Schumacher-Hall-ovom formulom (2) gdje su  $b_0$  (0,00005),  $b_1$  (2,04838),  $b_2$  (0,89212) parametri funkcije, a  $f$  (1,00374) Meyerov korekcijski faktor (Špiranec 1975).

$$v_{BR} = b_0 \times d_{1,30}^{b_1} \times h_T^{b_2} \times f \quad (2)$$

Izjednačenja obujma pojedinih razreda kakvoće provedena su formulom (3) koja je u dosadašnjim istraživanjima prikladnosti funkcija za izjednačavanje ovisnosti obujma pojedinih sortimentnih klasa o prsnom promjeru stabala označena kao najprikladnija (Vondra 1995; Paladinić i Vuletić 2006). Osim prsnog promjera ( $d_{1,30}$ ), u formuli je kao nezavisna varijabla uključen i ukupan obujam stabla ( $v_{BR}$ ). Iz uzorka za izjednačenje obujma pojedinog razreda kakvoće izdvojena su stabla koja su označena kao "neprave nule", odnosno u uzorku nisu prave nule (Vuletić 1999).

$$v_x = b_0 + (b_1 \times d_{1,30}) + [b_2 \times (d_{1,30})^2] + (b_3 \times v_{BR}) + [b_4 \times (d_{1,30} \times v_{BR})] \quad (3)$$

Kompleksan utjecaj sastojinskih, stanišnih i gospodarskih varijabli (tablica 1) na odabrane zavisne varijable; prsni promjer srednje plošnog stabla sastojine ( $d_{SPS}$ ) i udio obujma drva razreda kakvoće A i B ( $v_{AB^p}$ ) u ukupnom obujmu srednje plošnog stabla (SPS) (tablica 1), istraživani je višefaktorskom analizom varijance (Sokal i Rohlf 1995). Metodom je omogućeno, iz djelovanja određene konstelacije varijabli, izdvajanje one varijable čiji je utjecaj statistički značajan. U slučaju postojanja statistički značajnog utjecaja neke od promatranih varijabli proveden je *Tukey post hoc* (HSD) test, kako bi se utvrdile razlike između pojedinih ustanovljenih kategorija unutar varijable.

**Tablica 1.** Popis i opis varijabli korištenih pri obradi, analizi i prikazu podataka (složene po abecednom redu)

**Table 1** List of variables used in data processing and presentation (in alphabetic order)

Kratice – Abbreviation	Opis – Description
BON	bonitet – site quality class
DOB	starost sastojine – stand age
dSPS	prsni promjer SPS hrasta lužnjaka – quadratic mean dbh of pedunculate oak trees
EGT	ekološko gospodarski tip – forest management type
FIT	šumska zajednica – forest association
GJ	gospodarska jedinica – management unit
GRM	zastrtost tla slojem grmlja – density of shrub layer (category)
IBR	indeks bioraznolikosti – index of biodiversity (Shannon)
KVA	kvaliteta sastojine (ploha) – category of stand quality (plot)
LIS	zastrtost tla listincem – litter layer
OST	zdravstveno stanje sastojine – health status of stand
POM	broj stabilaca pomladka po ha – number of seedlings per ha
POS	površina sastojine – stand area
PRE	propisani etat prema osnovi gospodarenja – prescribed cutting in management plan
SKL	sklopljenost sastojine – canopy of crown cover
SRE	uspostavljenost šumskog reda – site arrangement after cutting
TIP	tip mikroreljefa (greda, niza, bara) – microrelief type
vABp	udio drva razreda kakvoće A i B u ukupnom obujmu – volume rate of A and B quality classes
VRP	vrsta prihoda (glavni, prethodni, slučajni) – type of felling (main, intermediate, died tree)

## 4. Rezultati Results

Kvalitativna struktura dubećih stabala hrasta lužnjaka procijenjena je na 603 stabla uzetih sa 146 ploha iz 37 sastojina unutar 16 GJ područja istraživanja. Istraživane sastojine obuhvaćaju široki raspon stanišnih i strukturnih uvjeta unutar raspona dobi od 102 do 170 godina, drvne zalihe od 320 do 709 m<sup>3</sup>/ha te obrasta prema temeljnici hrasta u širokom rasponu od 0,20 do 0,85. U ukupnom obujmu uzorkovanih stabala od 3964 m<sup>3</sup> procijenjen je najveći udjel kvalitativnog razreda D (30 %) te podjednaka zastupljenost preostala tri razreda kakvoće (oko 20 %) (tablica 2).

Postupak utvrđivanja kompleksnog multivarijatnog utjecaja sastojinskih, stanišnih i gospodarskih čimbenika na elemente strukture sastojina temeljen je na uzorku od 146 postavljanih ploha, uz pretpostavku da unutar istraživanih sastojina postoji varijabilnost elemenata strukture, gdje svaka pojedina ploha predstavlja zasebni dio šume jedinstvenih strukturnih i stanišnih osobitosti. Prsni promjer srednje plošnog stabla sastojine ( $d_{SPS}$ ) i udio obujma drva razreda



**Tablica 2.** Opisna statistika s raspodjelom i učestalošću pojave obujma drva pojedinih razreda kakvoće u uzorku stabala.**Table 2** Descriptive statistic and frequency share appearance of sampled trees according to quality classes

RKN	UBS kom.	BSU kom.	DOB god.	DBH cm	BSR kom.	UPR %	UOS m <sup>3</sup>	UOU m <sup>3</sup>	UOR m <sup>3</sup>	ORK m <sup>3</sup>	RUO %
A		382	133,6	70,61	319	52,9		2927,2	2591,4	753,7	19,0
B		460	130,1	65,05	435	72,1		3094,5	2934,8	652,0	16,4
C		596	129,2	63,34	441	73,1		3954,9	2820,3	507,9	12,8
D		600	129,1	64,17	600	99,5		3960,8	3960,8	1183,7	29,9
DO		603	129,2	64,21	603	100,0		3963,9	3963,9	866,6	21,9
Σ	603		129,2	64,21			3963,9			3963,9	100,0

RKN – razred kakvoće prema *Hrvatskoj normi HRN EN 1361-1* (Anon 1999), UBS – ukupan broj stabala u uzorku, BSU – broj stabala u uzorku, DOB – prosječna dob sastojina (stabala) uzorka, DBH – prosječan prsni promjer stabala koja sadrže promatrani razred kakvoće, BSR – broj stabala koja sadrže promatrani razred kakvoće, UPR – učestalost pojave promatranog razreda kakvoće, UOS – ukupan obujam svih stabala, UOU – ukupan obujam stabala u uzorku, UOR – ukupan obujam stabala koja sadrže promatrani razred kakvoće, ORK – ukupan obujam promatranog razreda kakvoće, RUO – udio obujma promatranog razreda kakvoće u ukupnom obujmu

RKN – Quality class according to Croatian standards HRN EN 1361-1 (Anon 1999), UBS – Total number of sample trees, BSU – Number of trees per sample, DOB – Average stand (tree) age, DBH – Average DBH of trees which contain observed quality class, BSR – Number of trees which contain observed quality class, UPR – Appearance frequency of observed quality class, UOS – Total volume of all trees, UOU – Total volume of sample trees, UOR – Total volume of all trees which contain observed quality class, ORK – Total volume of observed quality class, RUO – Share of observed quality class in total volume

kakvoće A i B ( $vAB^p$ ) u ukupnom obujmu srednje plošnog stabla (SPS) izdvojene su u ovom radu kao zavisne varijable u postupku istraživanja multivarijantnog utjecaja skupina sa-

stojinskih, stanišnih i gospodarskih čimbenika. Rezultati multivarijantne analize (tablica 3) pokazuju da su gotovo svi modeli statistički značajni i za procjenu prsnog promjera

**Tablica 3.** Rezultati multivarijantne analize triju modela kompleksnog utjecaja stanišnih, sastojinskih i gospodarskih čimbenika na prsni promjer SPS hrasta ( $dSPS$ ) i udio u obujmu drva razreda kakvoće A i B ( $vAB^p$ )**Table 3** Multivariate analysis of three models of complex impact of site, stand and management factors on mean stand diameter ( $dSPS$ ) and rate of A and B quality classes ( $vAB^p$ )

Variable	Variable	Prsni promjer SPS hrasta ( $dSPS$ ) Breast height diameter of oak mean tree ( $dSPS$ )					Udio drva razreda kakvoće A i B u ukupnom obujmu ( $vAB^p$ ) Share of A and B quality classes in total volume ( $vAB^p$ )				
		DF	Tip III SS	MS	F	Pr > F	DF	Tip III SS	MS	F	Pr > F
Sastojinske – Stand	DOB	2	545,61	272,80	1,44	0,2412	2	0,0659	0,0330	2,52	0,0843
	KVA	3	816,09	272,03	1,43	0,2359	3	0,2295	0,0765	5,85	0,0009*
	OST	3	436,73	145,58	0,77	0,5145	3	0,0715	0,0238	1,82	0,1464
	SKL	3	441,63	147,21	0,78	0,5096	3	0,1098	0,0366	2,80	0,0426*
	model**	11	2759,06	250,82	1,32	0,2191	11	0,6038	0,0549	4,20	<0,0001*
Stanišne Site	BON	5	2939,55	587,91	4,35	0,0011*	5	0,2176	0,0435	3,79	0,0032*
	TIP	4	3519,45	879,86	6,51	<0,0001*	4	0,1570	0,0393	3,41	0,0111*
	FIT	1	1,24	1,23	0,01	0,9239	1	0,0008	0,0007	0,06	0,8086
	EGT	3	1195,49	398,50	2,95	0,0355*	3	0,0611	0,0204	1,77	0,1564
	IBR	3	149,72	49,91	0,37	0,7751	3	0,0777	0,0259	2,25	0,0857
	POM	3	872,31	290,77	2,15	0,0972	3	0,0590	0,0197	1,71	0,1688
	SRE	2	425,56	212,78	1,58	0,2112	2	0,0003	0,0001	0,01	0,9887
	LIS	3	108,61	36,20	0,27	0,8483	3	0,1076	0,0358	3,12	0,0587
	GRM	3	174,41	58,14	0,43	0,7316	3	0,0756	0,0252	2,19	0,0926
model**	27	12313,86	456,07	3,38	<0,0001*	27	1,0018	0,0371	3,23	<0,0001*	
Gospodarske Management	VPR	1	9,51	9,51	0,05	0,8192	1	0,0698	0,0698	8,76	0,0037*
	PRE	3	183,01	61,00	0,34	0,7989	2	0,1045	0,0522	6,56	0,0020*
	POS	4	2157,07	539,27	2,97	0,0218*	4	0,1567	0,0392	4,92	0,0010*
	GJ	11	2886,94	262,45	1,45	0,1597	11	1,2291	0,1117	14,04	<0,0001*
	model**	19	5364,37	282,34	1,56	0,0473*	23	1,3911	0,0605	7,60	<0,0001*

\* statistički značajno na razini  $p < 0,05$  – \*statistically significant at  $p < 0,05$

\*\* vrijednosti se odnose na model dobiven uključivanjem svih varijabli (statistički značajnih i neznačajnih) – \*\*all variables are included (statistical significant and statistical nonsignificant)

**Tablica 4.** Opisna statistika i rezultati *Tukey post hoc* testa statistički značajnih varijabli multivarijatne analize**Table 4** Descriptive statistics and results of Tukey post hoc test of statistical significant variables of multivariant analysis

Varijabla Variable	Kategorija Category	Prsni promjer SPS hrasta, (dSPS) Oak breast height diameter (dSPS)			Udio drva razreda kakvoće A i B u ukupnom obujmu, (vABp) Share of A and B quality classes in total volume (vABp),				
		Homogene grupe*	N	A.S. (cm)	S.D. (cm)	Homogene grupe*	N	A.S. omjer	S.D. omjer
KVA	kvalitetna					A	19	0,3784	0,1364
	vrlo dobra					A	60	0,3768	0,1095
	osrednja					B	59	0,2971	0,1175
	loša					B	9	0,2125	0,1444
SKL	potpun					AB	9	0,3304	0,1205
	nepotpun					B	58	0,3702	0,1126
	rijedak					A	38	0,2988	0,1365
	progaljen					AB	42	0,320	0,1317
BON	I	ABCD	56	65,95	11,78	A	56	0,3699	0,1064
	I/II	ABCD	33	65,16	11,96	A	33	0,3262	0,1247
	II	BCD	38	63,93	13,18	A	38	0,3305	0,1346
	II/III	BCD	11	61,16	12,60	A	11	0,3401	0,0846
	III	A	6	43,13	13,10	B	6	0,1807	0,1631
TIP	III/IV	AD	3	42,20	38,47	B	3	0,1265	0,1244
	greda	ABD	71	67,49	12,42	A	71	0,3794	0,1155
	greda/niza	ABD	13	70,25	19,40	CA	13	0,3046	0,1253
	niza	CD	55	58,44	9,50	B	55	0,2954	0,1225
	niza/bara	ACD	5	62,60	12,31	ABC	5	0,3044	0,1395
EGT	bara	BC	3	32,63	28,28	BC	3	0,1895	0,1650
	II-G-10	A	33	65,59	15,55				
	II-G-12	A	31	67,69	15,18				
	II-G-20	A	53	64,17	10,35				
VRP	II-G-22	B	30	55,56	13,84				
	proreda					A	80	0,3409	0,1073
PRE (m <sup>3</sup> /ha)	sanitarna sječa.					B	67	0,3278	0,1485
	≤15					AC	69	0,3252	0,1474
	>15 – ≤30					B	10	0,3881	0,0559
	>30 – ≤45					C	40	0,3243	0,1034
POS (ha)	>45					D	28	0,3551	0,1214
	≤10	AC	52	62,26	14,19	AC	52	0,3395	0,1128
	>10 – ≤20	ABC	40	63,90	11,44	AC	40	0,3443	0,1650
	>20 – ≤30	ABC	30	58,66	14,13	B	30	0,3056	0,1201
	>30 – ≤40	B	20	72,39	15,46	ABC	20	0,3473	0,0997
GJ	>40	AC	5	65,84	8,30	ABC	5	0,3400	0,0700
	BR					ABC	17	0,4364	0,1043
	GK					ABC	10	0,3618	0,0662
	JK					ABC	35	0,3828	0,0838
	KNS					BCDE	10	0,2774	0,1005
	KDZ					ABCE	5	0,3447	0,0429
	LE					ABCE	5	0,2866	0,1812
	LO					ABCE	5	0,3463	0,0826
	LJE					D	10	0,1158	0,0933
	PŠD					ABC	9	0,3958	0,1044
	PŠS					ABC	12	0,3945	0,1017
TR					DE	19	0,2254	0,1015	
ŽU					ABCE	10	0,3402	0,1070	

\*postojanje najmanje jednog zajedničkog slova (vertikalno) ukazuje na nepostojanje statistički značajne razlike između pojedinih kategorija unutar varijable

\*the existence of at least one common letter (vertical) indicating the absence of statistically significant differences between the various categories within the variable

**Tablica 5.** Rezultati regresijske analize funkcijom (3) za obujam drva četiri razreda kakvoće (A–D), ukupan obujam drva svih razreda kakvoće (ABCD) i drvni ostatak (DO).**Table 5** Regression analysis (eq. 3) of wood volume of several quality class (A–D), all of the four classes(ABCD) and wood residue (DO)

Razred kakvoće Quality class	Koef. determinacije The determination coefficient	Parametri funkcije izjednačenja Function parameters					Statistička značajnost parametara Parameter statistically significance				
		b0	b1	b2	b3	b4	b0	b1	b2	b3	b4
A	0,8448	–1,6896	0,0368	–0,0006	0,5292	0,0000	0,4227	0,6280	0,3482	0,0046*	0,9983
B	0,6659	–0,8277	0,0409	–0,0003	0,0689	0,0008	0,4188	0,3150	0,4350	0,5683	0,5650
C	0,6342	–1,5581	0,0778	–0,0006	–0,1786	0,0029	0,0453*	0,0120*	0,0328*	0,0684	0,0066*
D	0,7471	0,4389	0,0005	0,0005	–0,1842	0,0013	0,6644	0,9910	0,1844	0,1376	0,3242
ABCD	0,9895	0,0766	–0,0045	0,0002	0,7399	–0,0008	0,8753	0,8179	0,2576	0,0000*	0,2363
DO	0,9207	–0,0766	0,0045	–0,0002	0,2601	0,0008	0,8753	0,8179	0,2577	0,0000*	0,2363

\*statistički značajno na razini  $p < 0,05$ \*statistically significant at  $p < 0,05$ 

SPS i za procjenu udjela obujma drva razreda kakvoće A i B ( $vAB^p$ ). Jedino za model procjene kompleksnog utjecaja sastojinskih čimbenika na razvoj prsnog promjera SPS, utvrđeno je da stanišni čimbenici u okolnostima istraživanih sastojina nemaju statistički značajan utjecaj. Sastojinski čimbenici ukupno objašnjavaju 10 % od ukupne varijabilnosti prsnog promjera SPS, odnosno 26 % varijabilnosti udjela drva razreda kakvoće A i B ( $vAB^p$ ). Stanišni čimbenici objašnjavaju 43 % varijabilnosti prsnog promjera SPS, odnosno 42 % varijabilnosti udjela drva razreda kakvoće A i B ( $vAB^p$ ), dok gospodarski čimbenici objašnjavaju 19 % varijabilnosti prsnog promjera SPS, odnosno čak 59 % varijabilnosti udjela drva razreda kakvoće A i B ( $vAB^p$ ).

Detaljnija analiza i usporedba prsnog promjera te kvalitete drva SPS hrasta lužnjaka, kao i usporedba pojedinih kategorija statistički značajnih varijabli, može se izvesti iz rezultata provedenog *Tukey post hoc* (HSD) testa statistički značajnih varijabli multivarijatne analize prsnog promjera SPS hrasta ( $dSPS$ ) i udjela drva razreda kakvoće A i B u ukupnom obujmu ( $vAB^p$ ).

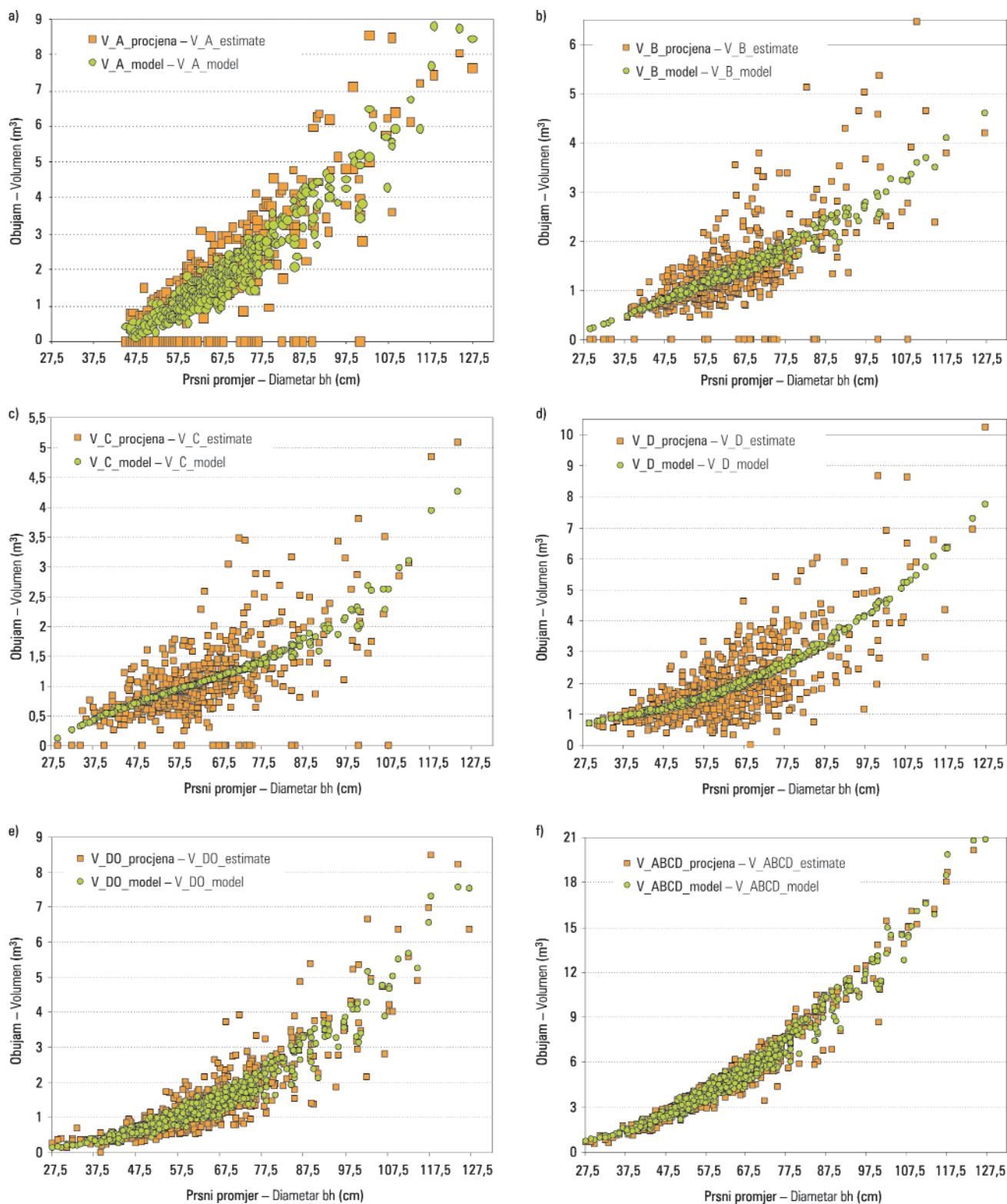
Istraživanja kompleksnog utjecaja obilježja sastojine, isprepletenih obilježja staništa i različitih elemenata gospodarenja kao niza prediktorskih varijabli na posredne pokazatelje kvalitete sastojine izražene kroz dvije zavisne varijable (prсни promjer i kvalitativna struktura srednje sastojinskog stabla) te provedeni *post hoc* test, ukazuju na postojanje statistički značajnog utjecaja manjeg djela varijabli obilježja sastojine (kvaliteta i sklopljenost) te dijela stanišnih varijabli (bonitet, mikroreljefni tip i ekološko-gospodarski tip). Utjecaj gospodarenja statistički je značajan gotovo prema svim promatranim prediktorskim varijablama gospodarenja. Osobito su značajne razlike u kvaliteti drva između promatranih gospodarskih jedinica (tablica 4). Iako statistički značajne razlike u prsnom promjeru i udjelu drva razreda kakvoće A i B ( $vAB^p$ ) srednjih stabala sastojina UR

hrasta lužnjaka dobi iznad 100 godina područja istraživanja, one su realno vrlo male i više su posljedica neujednačenosti uzorka po svim kombinacijama razmatranih kategorija. Razlike su neznatne ako se promatraju dva temeljna EGT-a (II-G-10 i II-G-20), koji obuhvaćaju i najveći dio istraživanih sastojina (tablica 4). Stoga su u postupku izrade modela za procjenu i prikaz raspodjele obujma drva po razredima kakvoće sva uzorkovana stabla (neovisno o pripadnosti pojedinim sastojinskim, stanišnim i gospodarskim obilježjima) objedinjena u jedinstven uzorak. Modeliranje je provedeno funkcijom (3) prema Paladinć i Vuletić (2006), a iz uzorka za modeliranje obujma pojedinog razreda kakvoće drva izdvojena su stabla s "nepravim" nulama, tj. ona za koja je vrlo mala ili nikakva vjerojatnost da sadržavaju razred kakvoće za koji se provodi izjednačenje (prema Vuletić 1999).

Objašnjenost varijabiliteta obujma pojedinog razreda kakvoće drva izabranom jednadžbom izjednačenja kreće se u rasponu od 92,1 % za drvni ostatak (DO) do 63,4 % za razred kakvoće C. Pri tomu, kao posljedica relativno malog uzorka i varijabilnosti stabala (tablica 5), koeficijenti često nisu statistički značajni.

Odnos procijenjenog obujma i obujma određenog modelom (jednadžbom izjednačenja) zbog visokog stupnja objašnjenosti varijabilnosti (visok koeficijent determinacije) zadovoljavajuće procjenjuje ukupan obujam pojedinih razreda kakvoće drva. Za pojedinačna stabla odstupanja mogu biti značajna zbog nemogućnosti modela da u potpunosti isključi postojanje pojedine ili više razreda kakvoće, kao posljedica neobjašnjene komponente varijabilnosti uzrokovane pojavom različitih grešaka drva (slika 2).

Raspodjela obujma drva po razredima kakvoće ukazuje na visoku kvalitetu stabala najstarijih sastojina hrasta lužnjaka. Zbog narušenog obrasta u sastojinama su preostala najkva-



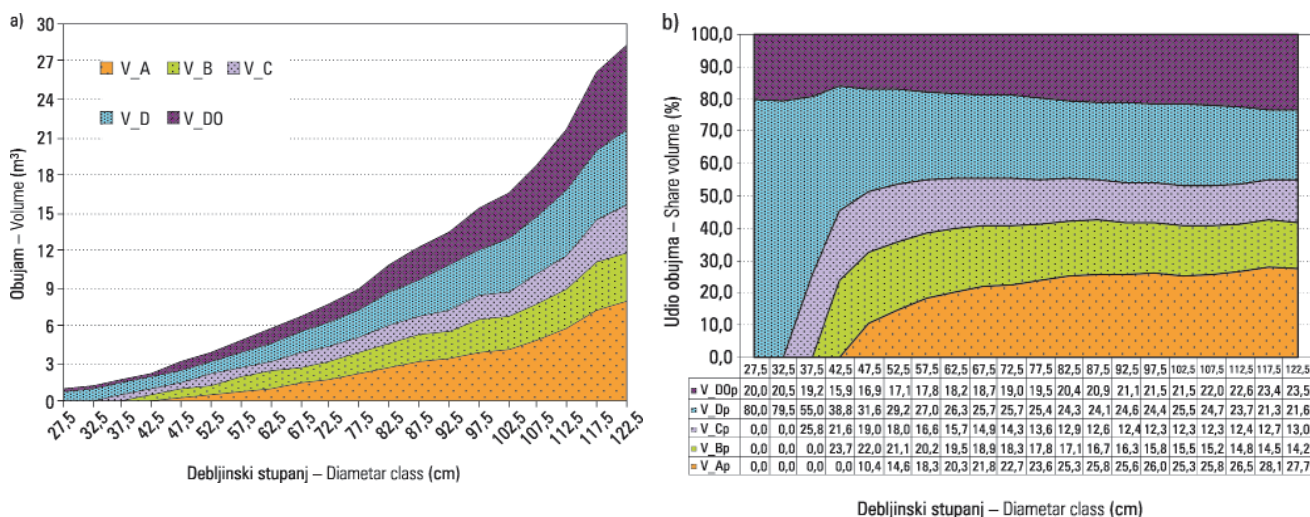
**Slika 2.** Procijenjeni i modelirani obujmi drva u odnosu na prsni promjer (a) razred kakvoće A, (b) razred kakvoće B, (c) razred kakvoće C, (d) razred kakvoće D, (e) drveni ostatak DO (f) svi razredi kakvoće

**Figure 2** Estimated and modeled wood volume according to dbh (a) quality class A, (b) quality class B, (c) quality class C, (d) quality class D, (e) wood residue DO (f) overall

litetnija i najvrjednija stabla. Ujednačena raspodjela obujma drva po razredima kakvoće iza debljinskog stupnja 67,5 ukazuje na činjenicu zadržavanja kvalitete najstarijih sta-

bala hrasta lužnjaka, na kojima se ostvaruje značajan prirast vrijednosti. Vidljivo je samo blago povećanje udjela drvnog ostatka ( $V\_DOp$ ) s povećanjem promjera stabala (slika 3).





Slika 3. Raspodjela obujma (a), odnosno udjela obujma (b) drva po razredima kakvoće prema Hrvatskoj normi HRN EN 1361-1 (Anon 1999)

Figure 3 Distribution of wood volume (a), relatively rate of wood volume (b) by quality classes according to Croatian standard HRN EN 1361-1 (Anon 1999)

## 5. Rasprava Discussion

Kompleksan utjecaj skupina sastojinskih i stanišnih varijabli na prsni promjer i kvalitetu srednjesastojinskih stabala hrasta lužnjaka znatno je manje izražen od utjecaja skupine gospodarskih varijabli (tablice 2 i 3). Kvaliteta staništa (bonitet) i sklopljenost sastojine, kroz utjecaj na dužinu debla, čistoću od grana i dr., očekivano statistički značajno utječu na kvalitativnu strukturu stabala hrasta lužnjaka.

S obzirom na činjenicu istraživanja kvalitete i vrijednosti starijih i starih lužnjakovih sastojina, očekivano je utvrđeno nepostojanje utjecaja varijable dobi sastojina. Takav rezultat upućuje na činjenicu da dob sastojine pri planiranju sastojina za obnovu ne može biti značajan čimbenik poglavito u sastojinama narušene strukture (Čavlović i dr. 2011a). Prema tomu, izuzev ekonomskih razloga (akumuliranje vrijednosnog prirasta), starije sastojine očuvane strukture i vrijedne drvene zalihe uputno je podržavati radi postizanja i očuvanja uravnoteženog odnosa između sastojina skraćene i produžene sječive dobi, kao i dobne strukture šume (Čavlović i dr. 2009).

Rezultati istraživanja ukazuju na mali ili neznatan utjecaj pripadnosti sastojina šumskim zajednicama i ustanovljenim EGT-ovima iz skupine stanišnih varijabli, na kvalitetu SPS hrasta (tablica 3). Raspodjela sastojina prema EGT-ovima je više ili manje u vezi s raspodjelom prema šumskim zajednicama. Međutim, zastupljenost prijelaznih EGT-ova (II-G-12 i II-G-22) i sličnost strukture (podjednaki udjel hrasta lužnjaka, zastupljenost vrsta i vlažnog i suhog staništa) ukazuje na značajan antropogeni utjecaj i promjene staništa, zbog čega dolazi do ujednačavanja vegetacijskih, ali i strukturnih obilježja. Ujednačavanje obilježja povećava se tijekom gospodarenja, odnosno razvojem dobi sastojina (Baričević 1999; Cestarić 2008).

Na iznimnu kvalitetu sastojina i potencijal staništa ukazuje utvrđeni aritmetički srednji prsni promjer hrasta od 64,2 cm te sadržaj od prosječno 35 % obujma drva kvalitativno svrstanih u A i B razrede kakvoće. Iako narušene strukture, sastojine, odnosno preostala stabla hrasta lužnjaka vrlo su kvalitetna. S obzirom na stalnu realizaciju slučajnog prihoda u sastojinama ostaju vrlo kvalitetna, ali malobrojna stabla hrasta, pri čemu vrijednost drvene zalihe sastojina kao cjeline značajno opada.

Zadatak provedbe gospodarskih postupaka, između ostalog, je povećanje kvalitete, a time i vrijednosti stabala i sastojina. Stanje kvalitete zrelih stabala posljedica je provedbe gospodarskih postupaka unatrag cijeloživotnog razvoja stabala, a što nije bilo obuhvaćeno istraživanjem u ovoem radu. Vrlo mali utjecaj imaju trenutni ili neposredni gospodarski postupci kao što su iznos i vrsta prihoda provedenog u proteklom gospodarskom polurazdoblju. Veća kvaliteta stabala hrasta u sastojinama u kojima je propisan zahvat proreda ukazuje na postojanje i važnost pomoćne sastojine. Propisani zahvat prorjede manji od 15 m<sup>3</sup>/ha koji se odnosi na polovicu uzorka, ukazuje na značajan udio konzerviranih sastojina koje su prepuštene prirodnom razvoju, uz nužnu realizaciju samo slučajnih prihoda do početka obnove ili sanacije sastojine.

Pripadnost gospodarskoj jedinici i površina sastojina mogu biti povezani s obilježjima dugoročnijeg proteklog gospodarenja, no više je posljedica prostorne različitosti stanišnih i strukturnih uvjeta. Tako se s jedne strane izdvajaju gospodarske jedinice u središtu poplavne nizine Lonjskog polja (GJ: Josip Kozarac, Posavske šume Dubica i Sunja, Žutica, Brezovica), gdje je bilo najveće sušenje hrasta lužnjaka, a preostala stabla pokazuju iznimnu kvalitetu, u odnosu na gospodarske jedinice očuvanje čiste strukture starijih i starih sastojina, ali manjih prosječnih dimenzija i kvalitete sta-

bala (GJ: Trstika, Ljeskovača). Najslabija kvaliteta stabala gospodarske jedinice Ljeskovača posljedica je i vlasničke strukture u prošlosti. Istraživane sastojine pripadale su zemljišnim zajednicama, koje su intenzivno iskorištavane za ispašu stoke, a stabla su se razvijala bez podstojne etaže u rijetkom sklopu.

Nešto veća kvaliteta sastojina manjih površina može biti rezultat finijeg izlučivanja sastojina te posljedično manje varijabilnosti. S druge strane, povećanje kvalitete drva s povećanjem površina sastojina posljedica je činjenice da se u najvećoj mjeri radi o preostalim pojedinim sastojinama, iznimne kvalitete stabala, čiju kvalitetu čuva strukturno stabilna pomoćna sastojina. Problem postoji u činjenici da takvih sastojina očuvane strukture, koje već uglavnom imaju svojevrsan interni status zaštite, ima sve manje.

Specifična obilježja strukture najstarijih lužnjakovih sastojina s jedne strane i njihova velika ekonomska vrijednost zahtijeva preciznu procjenu udjela drva prema razredima kakvoće u postupku planiranja gospodarenja. Istraživanje kompleksnog utjecaja varijabli staništa i sastojine te čimbenika gospodarenja na modele procjene obujma po razredima kakvoće omogućava izradu modela po stratumima prema statistički značajno utjecajnim varijablama (Petráš i dr. 2008), odnosno definiranje područja primjene modela. Neznatne razlike u kvalitativnoj strukturi stabala s obzirom na skupine sastojinskih, stanišnih i gospodarskih varijabli ukazuju na mogućnost primjene jedinstvenih kvalitativnih tablica za procjenu vrijednosti u njima ostvarenih glavnih prihoda.

Funkcija izjednačenja obujma pojedinog razreda kakvoće utemeljena na nezavisnim varijablama prsnog promjera i totalnog obujma stabla, prikladnija je od funkcija koje u sebi sadržavaju dob sastojine kao nezavisnu varijablu, a što je u skladu s dosadašnjim istraživanjima (Vondra 1995; Vuletić 1999; Paladinić i Vuletić 2006). Dobiveni koeficijenti determinacije objašnjavaju značajan dio varijabilnosti obujma drva pojedinog razreda kakvoće, posebice ako se u obzir uzme značajna opterećenost kvalitativne strukture obujma stabala teško objašnjivim, od brojnih čimbenika utjecanim grešakama drva. Objašnjenost se značajno povećava ako se iz uzorka izostave tzv. "neprave nule" tj. stabla za koja je malo vjerojatno ili je zbog njihovih dimenzija nemoguće da sadržavaju promatrani razred kakvoće drva (Vuletić 1999; Paladinić i Vuletić 2006).

Dobivena raspodjela obujma drva po razredima kakvoće i debljinskim stupnjevima ukazuje na iznimnu kvalitetu i vrijednost stabala hrasta lužnjaka istraživanog područja, gdje je za gotovo četvrtinu zalihe hrasta lužnjaka utvrđena pripadnost razredu kakvoće A, a za dodatnu petinu razredu kakvoće B. Kvaliteta i vrijednost stabala nužno ne prati i vrijednost sastojina, gdje zbog stalnog sušenja hrasta lu-

žnjaka i realizacije slučajnih prihoda opada drvena zaliha i udio hrasta lužnjaka, a time i vrijednost sastojina. U tim okolnostima potrebno je pronaći i izdvojiti strukturno očuvane i stabilne dijelove šume na kojima bi se akumulirao vrijednosni prirast s ciljem uspostavljanja ravnoteže u dobi sječe sastojina i unapređenju dobne strukture šuma hrasta lužnjaka (Čavlović i dr 2011b).

## 6. Zaključak Conclusion

Kvaliteta stabala odnosno raspodjela obujma stabla po razredima kakvoće posljedica je kompleksnog utjecaja brojnih čimbenika. U starim i starijim lužnjakovim sastojinama narušene strukture, iako za neke varijable statistički značajan, nije utvrđen odlučujući utjecaj istraživanih skupina sastojinskih i stanišnih varijabli. Utvrđene statistički značajne razlike odnose se na marginalne, malo zastupljene EGT-ove, gdje hrast lužnjak dolazi na granici svog staništa. Skupina gospodarskih varijabli značajnije utječe na kvalitetu stabala, osobito protekli gospodarski postupci koji su u ovom radu istraženi samo posredno kroz pripadnost sastojine gospodarskoj jedinici.

Dob sastojine nema utjecaja na prsni promjer i kvalitetu drva srednjih stabala starih i starijih sastojina hrasta lužnjaka, što ukazuje na mogućnost podržavanja razvoja očuvanih dijelova šume do dobi znatno iznad propisane ophodnje od 140 godina za hrast lužnjak bez značajnijeg gubitka kvalitativnog prirasta. Bojazni se ogledaju u činjenici gubitka ukupnog prirasta uslijed sušenja stabala i posljedičnog smanjenja ukupne vrijednosti sastojina.

Dobiveni modeli raspodjele obujma stabala po razredima kakvoće prilog su poznavanju kvalitetne strukture šuma hrasta lužnjaka. Primjenjivi su samo u sastojinama pri kraju ili iznad propisane ophodnje u srednjoj Posavini za procjenu kvalitativne strukture i vrijednosti glavnih prihoda. U sebi sadrže sve manjkavosti nastale procjenom kvalitativne strukture na uzorku relativno malog broja dubočih stabala hrasta lužnjaka. S druge strane prihvatljiviji su od modela dobivenih iz uzoraka izrađenih sortimenata, koji obuhvaćaju sve razvojne stadije šuma hrasta lužnjaka na širokom rasponu staništa neovisno o vrsti prihoda (sječe) i stanja strukture.

Modeli raspodjele obujma drva po razredima kakvoće ukazuju na iznimnu kvalitetu i vrijednost preostalih stabala hrasta lužnjaka. Istovremeno vrijednost sastojina stalno i postupno se smanjuje uslijed sušenja stabala hrasta i smanjenja drvne zalihe. U takvim okolnostima dijelove sastojina očuvane strukture potrebno je izdvojiti te podržavati njihovu strukturu s ciljem unapređenja dobne strukture šuma hrasta lužnjaka.

## 7. Zahvala

### Acknowledgement

Zahvaljujemo poduzeću "Hrvatske šume" d.o.o. koje je omogućilo terenski dio ovoga istraživanja, ali i ustupilo dio podataka. Posebno zahvaljujemo djelatnicima Uprava šuma podružnica Zagreb, Sisak i Nova Gradiška.

## 8. Literatura

### References

- Anon, 1995: Hrvatske norme proizvoda iskorištavanja šuma. II izdanje, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, Zagreb.
- Anon, 1999: Hrvatska norma. Oblo drvo listača – Razvrstavanje po kakvoći – 1 dio: Hrast i bukva (EN1316-1:1997); I izdanje, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 1–4, Zagreb.
- Antoljak, R., 1949: Mali šumarsko-tehnički priručnik, Sekcija šumarstva i drvne industrije društva inženjera i tehničara NR Hrvatske, 410 str., Zagreb.
- Baričević, D., 1999: Ekološko-vegetacijske promjene u šumama hrasta lužnjaka na području GJ "Žutica". Šumarski list (1–2): 17–28, Zagreb.
- Cestarić, D., 2008: Današnje stanje šumske vegetacije spačvanskog bazena u ovisnosti o promjenama staništa u razdoblju od 1969–2007. godine. Magistarski rad, Zagreb, 102 str.
- Čavlović, J., M. Božić, K. Teslak, 2006: Mogućnost uspostave potrajnog gospodarenja šumama hrasta lužnjaka u budućem gospodarskim razdobljima, Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje (5): 419–431, Zagreb.
- Čavlović, J., M. Božić, K. Teslak, 2009: Ophodnja i obrast pri planiranju gospodarenja šumama hrasta lužnjaka u uvjetima narušene strukture sastojina, U: S. Matić (ur.), Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 23–37, Zagreb.
- Čavlović, J., K. Teslak, A. Jazbec, M. Vedriš, 2011a: Utjecaj sastojinskih, stanišnih i strukturnih obilježja na planiranje obnove sastojina u šumama hrasta lužnjaka. Croatian Journal of Forest Engineering, 32(1): 271–286, Zagreb.
- Čavlović, J., K. Teslak, A. Seletković, 2011b: Primjena i usporedba pristupa planiranja obnove sastojina hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na primjeru gospodarske jedinice "Josip Kozarac", Šumarski list 135 (9–10): 423–435, Zagreb.
- Kangas, A., M. Maltamo, 2002: Anticipating the variance of predicted stand volume and timber assortments with respect to stand characteristics and field measurements, Silva Fennica, 36 (4): 799–811, Vantaa.
- Koprivica, M., B. Matović, V. Cokeša, S. Stajić 2010: Quality and Assortment Structure of Beech High Forests in Serbia, Acta Silv. Lign. Hung., 6: 183–196, Sopron.
- Kovačević, P., M. Kalinić, V. Pavlić, M. Bogunović, 1972: Tla gornjeg dijela bazena rijeke Save. Znanstveni projekt. Institut za znanost o tlu, Zagreb, 331 str.
- Musić, J., 2005: Wood assortment in thinning raw material of scots pine forest plantations. (*Pinus sylvestris* L.), Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo, (1): 67–75, Sarajevo.
- Paladinić, E., D. Vuletić, 2006: Modeliranje sortimentne strukture dubećih stabala bukve, Rad. Šumar. inst. Izvanredno izdanje (9): 279–296, Jastrebarsko.
- Petraš, R., 2002: Reduction of timber value from damaged spruce stands after their dieback, Journal of forest science 48 (2): 80–87, Prag.
- Petraš, R., J. Mecko, V. Nociar, 2008: Models of assortment yield tables for poplar clones, Journal of forest science 54 (5): 227–233, Prag.
- Prka, M., 2008: Određivanje sortimentne strukture jednodobnih bukovih sastojina primjenom norme HRN EN 1316-1:1999, Šumarski list, 132. (5–6): 223–238, Zagreb.
- Seletković, Z., 1996: Klima lužnjakovih šuma, Hrast lužnjak u Hrvatskoj, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Centar za znanstveni rad Vinkovci, 56–71, Zagreb.
- Sokal, R.R., F.J. Rohlf, 1995: Biometry, Freeman and Company, New York, 887 str.
- Špiranec, M. 1975: Prirasno-prihodne tablice za hrastove, bukvu, obični grab i pitomi kesten. Radovi Šumarskog instituta, (25): 1–103, Zagreb.
- Šušnjar, M., 2002: Neke značajke kakvoće stabala obične jele (*Abies alba*, Mill.) u gospodarskoj jedinici Belevina Nastavno-pokusnog šumskog objekta Zalesina, Magistarski rad, Šumarski fakultet Zagreb.
- Teslak, K., 2010: Utjecaj strukturnih i prostorno-vremenskih odrednica na planiranje gospodarenja šumama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.), Disertacija, Šumarski fakultet Zagreb.
- Tikvić, I., Ž. Zečić, D. Ugarković, D. Posarić, 2009: Oštećenost stabala i kakvoća drvnih sortimenata hrasta lužnjaka na spačvanskom području, Šumarski list, 135 (5–6): 237–248, Zagreb.
- Ugrenović, A., 1956: Eksploatacija šuma, Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb, 481 str.
- Vondra, V., 1995: Usporedne analize postojećih modela za procjenu očekivanih obujmova sortimenata sječivog etata u jednodobnim šumama u Hrvatskoj (dijagnostička studija). ZIŠ, Šumarski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–47, Zagreb.
- Vuletić, D., 1999: Prilog poznavanju sortimentne strukture hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u EGT-u II-G-11, Rad. Šumar. inst. 34(2): 5–20, Jastrebarsko.
- Zečić, Ž., I. Stankić, D. Vusić, A. Bosner, D. Jakšić, 2009: Iskorištenje obujma i vrijednost drvnih sortimenta posušenih stabala jele obične (*Abies alba* Mill.), Šumarski list, 132. (1–2): 27–37, Zagreb.



## Summary:

Pedunculate oak forest management is complicated by the appearance of tree dieback and nowadays represents the most significant economic and environmental problem in Croatian forestry. The consequences are evident through large economic losses amounting to 40 % of potential market value of the timber, stand value decrease due to minor stocking and weakening of beneficial functions of forests.

Structure violation of the elderly and mature stands consequently causes a significant deviation from optimal, theoretical estimating models of timber quality. A more precise estimation of quality classes and stand structure quality and thus the value of its timber stock, allows efficient management planning towards primarily regeneration of forest (or stands) parts with most disrupted structure. In Croatia timber is traditionally classified by its purpose (e.g. Croatian standards HRN (1995)) as opposed to the newer standards (e.g. Croatian standards HRN EN 1361-1 (1999)) which are based on the Western European practice where timber is classified according to its quality, without prejudice of its purpose.

Previous research into the possibility of forming patterns and finding the best model to evaluate the quality class structure suggest the limited use of certain models due to stratification of the sample according to the level of tree species, management class, silvicultural forest type, age class, cutting type, the revenue type, share of dieback trees, etc. This paper explored the factors influencing the qualitative (quality class) structure of the remaining trees in elderly and mature pedunculate oak stands of central Posavina. Based on results of the qualitative structure variability, habitat and economic variables, structure models were constructed to estimate the volume of quality classes according to Croatian standards EN 1361-1.

Within the pedunculate oak management class in middle Posavina (size of 29 190 ha) randomly was chosen 37 stands older than 100 years with reduced stocking where was placed 146 circular plots with radius of 35 m. On average, the plots covered 5 pedunculate oak trees closest to the plot centre. According to Danhelovski method qualitative structure of selected observed trees was estimated and calculated. On the observed plots has been estimated a wide range of habitat, stand and economic variables (Table 1). Equalizing the volume of quality classes was conducted by quality formula (3) which is in previous studies (suitable function for equalizing the quality class volume depending on DHB) marked as suitable. Breast height diameter of mean tree ( $d_{SPS}$ ) and the volume share of quality classes A and B ( $vABp$ ) were chosen in this study as the dependent variables in the process of multivariable research influence of factor groups; stand, environmental and management factors by multifactorial analysis of variance.

The total volume of sample trees of 3 964 m<sup>3</sup> mostly constitutes quality class D (30 %) while the remaining three quality classes are equally represented, (about 20 %) (Table 1). The complex influence of stands and habitat group variables to breast height diameter of mean tree is much less important than the economic variables group (Tables 3 and 4). As expected, site index and canopy density significantly affect the qualitative structure of pedunculate oak trees through the length of the trunk, height of first branch and other factors (Table 3). Identified arithmetic mean tree breast height diameter (SPS) of pedunculate oak (64 cm) and an average content of 35 % volume of A and B quality classes (Table 2) indicates the exceptional quality of the stands. Explanation of the volume variability for each quality class by function (3) is in the range of 92.1 % for quality class DO to 63.4 % for quality class C (Table 5).

Comparison of modelled and estimated quality class structure (Figure 2) indicates the acceptability of the selected models. The volume distribution per quality classes indicates homogeneity above DBH of 67.5 diameter class and pointing the fact that the oldest trees retain their quality (Figure 3) above DBH of 70 cm. The quality and tree value does not necessarily follow the stand value for the fact of constant dieback and sanitary cutting which declines stand stock and the volume proportion of pedunculate oak, and thus the value of the stands. In these circumstances it is necessary to find and isolate structurally maintained and stable forests parts where should be accumulated value increment in order to establish a balance at rotation period and improving the forest age structure.

---

KEY WORDS: Pedunculate oak, mature stands, stand structure, quality class structure