

UTJECAJ VELIČINE KRUŽNIH PRIMJERNIH PLOHA NA PROCJENU STRUKTURNIH ELEMENATA ODABRANIH LUŽNJAKOVIH SASTOJINA

CIRCULAR SAMPLE PLOT SIZE IMPACT ON STRUCTURE ELEMENTS ESTIMATION IN SELECTED PEDUNCULATE OAK STANDS

Krunoslav INDIR, Vladimir NOVOTNY¹

SAŽETAK: Uređajna izmjera šuma u Hrvatskoj najčešće se vrši na privremenim jedinicama uzorka, kao što su primjerni krugovi ili primjerne pruge. U sastojinama koje se u prvom polurazdoblju propisuju za sječu glavnog prihoda, prema Pravilniku o uređivanju šuma (Narodne novine 141/08) mjere se sva stabla, osim u panjačama. U radu se na uzorku od 86 primjernih ploha kružnog oblika, postavljenih na području g.j. Repaš-Gabajeva Greda, šumarije Repaš, UŠP Koprivnica, promatra promjena osnovnih taksacijskih elemenata (broj stabala – N , temeljnica – G , volumen – V) smanjenjem polumjera kruga. Plohe su postavljene u sastojinama od III. do VII. dobnog razreda. Svakom je stablu određen položaj u prostoru, pa se smanjivanje polumjera kružne plohe vršilo simulacijom iz baze podataka. Za procijenjene strukturne elemente izračunate su osnovne statističke veličine, koeficijent varijacije (CV) i preciznost procjene (SP). Rezultati su pokazali kako se kreću vrijednosti procjene strukturnih elemenata i statističkih veličina uz smanjenje polumjera kruga. Za III., IV. i VII. dobnog razred, zbog malog broja izmjerenih ploha nije bilo moguće donijeti čvrste zaključke. U V. i VI. dobnom razredu rezultati su pokazali da se smanjenjem polumjera kružne plohe za 10 m vrijednosti procjene strukturnih elemenata ne mijenjaju značajno. Stoga u V. dobnom razredu kod danih sastojinskih uvjeta nije potrebno niti opravdano vršiti izmjeru na kružnim ploham polumjera većeg od 15 m, a u VI. dobnom razredu 20 m. Povećanjem broja ploha u III., IV. i V. dobnom razredu te ispitivanjem kretanja procjene strukturnih elemenata uz manje polumjere kružne plohe od onih ispitanih u ovom radu, moglo bi se doći do najmanjeg polumjera kružne plohe koji osigurava pouzdanu i preciznu procjenu sastojinskih elemenata.

Ključne riječi: Hrast lužnjak, primjerne plohe, strukturni elementi, preciznost procjene

UVOD – Introduction

Za dobivanje informacija o strukturnim elementima sastojina, izmjera šuma kao jedna od temeljnih šumarskih disciplina, koristi niz razvijenih metoda uzorkovanja. Kroz povijesni razvoj podaci su dobivani od okularnih terestričkih procjena, preko izmjere na razli-

čitim primjernim površinama, do u novije vrijeme daljinskim istraživanjima na satelitskim i aerofoto snimcima. Metoda koja će se primijeniti ovisi o nizu čimbenika: namjeni izmjere, sastojinskim uvjetima, željenoj točnosti, raspoloživom vremenu, dostupnosti objekta izmjere, potrebnoj opremi i slično.

Primjerne površine na kojima se vrši terenska izmjera mogu biti različitih oblika. Svaki oblik ima svoje specifičnosti i mjesto primjene. Iako zakonskim i po-

¹ Mr. sc. Krunoslav Indir, mr. sc., Vladimir Novotny, Zavod za uređivanje šuma i šumarsku ekonomiku, Hrvatski šumarski institut, Trnjanska c. 35, Zagreb
kindir@sumins.hr, vladon@sumins.hr

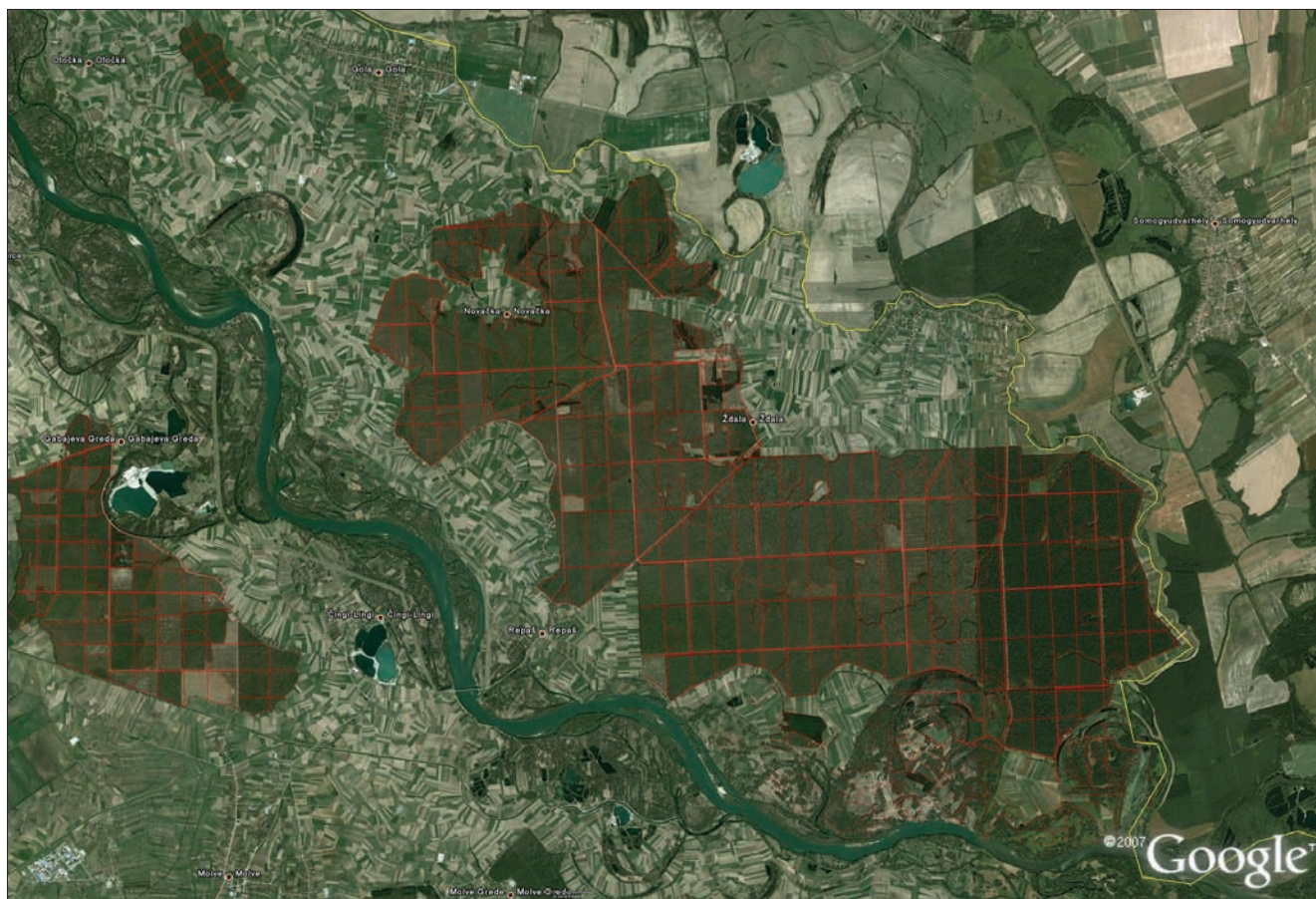
dzakonskim aktima nije propisan oblik primjerne površine, u praksi se najčešće koriste kružne plohe, a mnogo manje primjerne pruge. O prednostima i manama pojedinih metoda prikupljanja podataka te o pouzdanosti procjene, pisali su mnogi domaći i strani autori (Miletić 1958, Klepac 1965, Schmid-Haas 1985, 1989, Pranjić i Lukić 1997, Galić 2002, Jazbec *et al.* 2011). Uredajna inventura u Hrvatskoj u posljednje vrijeme koristi kružne plohe različitih polumjera, ovisno o starosti sastojine. Pravilnikom o uređivanju šuma propisan je najmanji intenzitet izmjere koji u jednodobnim sastojinama iznosi 2 % u drugom dobrom razredu kod prve izmjere, a barem 5 % u ostalim sastojinama. Izuzetak čine sastojine prvog dobrog razreda, u kojemu se izmjera u pravilu ne vrši, te sastojine propisane za sječu glavnog prihoda u sljedećih 10 go-

dina u kojima se vrši izmjera svih stabala (Narodne novine 111/06, 141/08). Time je ostavljena mogućnost provoditelju izmjere da odluči hoće li ciljani intenzitet postići uz više primjernih površina manje veličine ili manje jedinica uzorka veće površine. Imajući u vidu nužnost da svakom primjernom površinom bude obuhvaćen reprezentativan broj stabala te činjenicu da broj stabala u sastojini opada s njenom starosti, logičan je izbor korištenje manjih površina u mlađim sastojinama, te većih u starijim. Tako svaka jedinica uzorka ima svoju statističku težinu i predstavljat će relevantan izvor informacija. U ovome radu istražilo se kakav utjecaj na procjenu tri osnovna strukturalna elementa odabranih sastojina hrasta lužnjaka, broj stabala (N), temeljnicu (G) i volumen (V) ima veličina kružne primjerne plohe.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA – *Research area*

Izmjera na plohama korištenim za ovo istraživanje izvršena je na prostoru gospodarske jedinice Repaš-Gabajeva Greda (površine oko 4300 ha) kojom upravlja šumarija Repaš, UŠP Koprivnica. Područje je to nizinskih šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba, i u najvećoj mjeri pripada zajednici *Carpino betuli* –

Quercetum roboris (Anić 1959) Rauš 1969. Manji dio čine sastojine zajednice hrasta lužnjaka i velike žutilovke (*Genisto elatae* – *Quercetum roboris* Ht. 1938). Najveći dio pripada ekološko-gospodarskom tipu II – G – 10, a mnogo manje tipu II – G – 20.



Slika 1. Istraživano područje: šumski kompleks sjeverno od rijeke Drave koji pripada gospodarskoj jedinici Repaš-Gabajeva Greda (Google Earth)

Figure 1 Research area: Repaš-Gabajeva Greda management unit, northern from Drava river (Google Earth)

MATERIJALI I METODE

Materials and methods

Plohe za izmjeru podataka koji su korišteni u procjeni strukturnih elemenata postavljene su na sjecištima mreže kvadrata stranice 500 metara. Odabrane su samo plohe koje se nalaze u sastojinama uređajnog razreda hrasta lužnjaka, starijima od 40 godina. S obzirom na širinu dobnog razreda od 20 godina, ta starost predstavlja početak trećeg dobnog razreda. Takvih je ploha bilo 86 i svojim su rasporedom u prostoru obuhvatile cijelo područje gospodarske jedinice te svojom distribucijom pratile raspored dobnih razreda kakav je utvrđen Osnovom gospodarenja (Indir 2001.) Jedinice uzorka bile su kružnog oblika, polumjera 30, 25 i 15 m, ovisno o dobnom razredu. Ti su polumjeri veći od onih koji se uobičajeno koriste u uređajnoj inventuri, gdje polumjer kružne plohe za postizanje površinskog intenziteta izmjere od 10 % iznosi 18 m, a za 5 % 12,62 m. Broj postavljenih i izmjerenih ploha po dob-

nim razredima te njihov polumjer prikazani su tablicom 1.

Tablica 1. Broj i veličina primjernih ploha po dobnim razredima

Table 1. Number and size of sample plots per age classes

Dobni razred <i>Age class</i>	Broj ploha <i>Number of plots</i>	Polumjer <i>Radius</i>
		<i>m</i>
III	5	15
IV	4	15
V	41	25
VI	30	30
VII	6	0
Σ	86	

Terenski rad – *Field work*

Izmjerom na terenu obuhvaćena su sva stabla prsnog promjera iznad 10 centimetara unutar površina kružnih ploha. Središte svake plohe označeno je metalnim klinom ispod površine tla. Stablama je određen položaj u prostoru pomoću azimuta te udaljenosti od središta plohe. Azimut se određivao busolom s preciznošću od 1°, a udaljenost mjernom vrpcom, s precizno-

šću 1 dm. Potom su stablima mjerena dva unakrsna promjera, milimetarskom Haglof promjerkom, uvijek prema glavnim stranama svijeta. Visinomjerom SUUNTO izmjerene su i visine većine stabala. Koordinate središta ploha snimljene su GPS uređajem, kako bi bilo moguće ponoviti izmjeru.

Uredski rad – *Offise work*

Podaci prikupljeni terenskim radom uneseni su u bazu podataka u programskom alatu *Microsoft Access*. Uputima uz zadane kriterije iz baze su uzimani potrebni podaci i prebacivani u *Microsoft Excel*, gdje su vršeni obračuni. Za svaku plohu izračunavani su broj stabala po hektaru (N), temeljnica po hektaru (G) i volumen po hektaru (V), odvojeno po vrstama i ukupno. S obzirom da su hrast lužnjak i obični grab najzastupljenije vrste na plohama, za njih su obračuni vršeni odvojeno, dok su sve ostale vrste koje su se pojavljivale pojedinačno (klen, bijest, poljski jasen, crna joha...) svrstane u "ostalo" i obračunavane zajedno. U obračunu je korišten prsni promjer u milimetrima kao srednja vrijednost dva unakrsno mjerena promjera. Ukupni volumen pojedinog selektiranog stabla izračunat je Schumacher-Hallovom formulom uz upotrebu parametara a , b i c te Meyerovog korekcijskog faktora (f) iskazanih u dvoulaznim tablicama (Špiranec, 1975.) Visina stabla kao jedna od varijabli u Schumacher-Hallovaj formuli računata je izrazom za Mihajlovljevu funkciju uz parametre b_0 i b_1 dobivene izjednačenjem mjerenih visina grupiranih po dobnim razredima.

S obzirom da je cilj rada bio ispitati kako se mijenjaju vrijednosti procijenjenih elemenata strukture sa smanjenjem veličine plohe, trebalo je izračunati osno-

vne elemente (N, G, V) i za kružne plohe manjeg polumjera. Kako je svakom stablu određen položaj u prostoru, iz baze podataka mogu se odabrati samo ona stabla koja zadovoljavaju uvjet da se nalaze unutar željenog polumjera. Smanjenje polumjera plohe bilo je ukupno za 10 m, s korakom od 1 m. To primjerice znači da su za plohu koja je na terenu izmjerena s polumjerom od 30 m, računati elementi strukture do polumjera plohe 20 m. Ponavljane su sve operacije izračunavanja N, G i V , odvojeno po vrstama drveća.

Za dobivene ukupne N, G i V po plohama, za svaki polumjer kružne plohe, odvojeno po dobnim razredima računata su sljedeće statističke veličine:

- srednja vrijednost (*Average*)
- koeficijent varijacije (*CV*) iskazan kao standardna devijacija u postotku od srednje vrijednosti strukturnog elementa (N, G i V)
- preciznost (*SP*) iskazana kao jedinična standardna pogreška (68 % pouzdanosti) u postotku od srednje vrijednosti strukturnog elementa (N, G i V)

Tako su obrađene sve plohe svakog dobnog razreda, i to posebno za svaki odabrani polumjer plohe.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA – *Research results*

Upitima u bazu podataka i postupcima navedenima u poglavlju Materijali i metode dobiveni su podaci o broju stabala, temeljnici i volumenu, sumarno za sve plohe unutar pojedinog dobnog razreda. Deskriptivnom statističkom obradom dobiveni su srednja vrijednost, standardna devijacija i standardna pogreška, a iz njih koeficijenti varijacije i preciznost (pogreška uzorka) za svaki promatrani strukturni element. U tablicama 2 i 3 prikazane su srednje vrijednosti procjene strukturnih elemenata, broja stabala po hektaru (N), temeljnice po hektaru (G) i volumena po hektaru (V), po dobnim razredima za različite polumjere kružne primjerne plohe.

Vrijednosti N , G i V kod polumjera kružnih primjernih ploha od 30, 25 i 15 m, ovisno o dobnom razredu, predstavljaju logično najbolju procjenu strukturnih parametara, jer su dobivene izmjerom većeg broja stabala i predstavljaju veći dio sastojine. Smanjenjem polumjera smanjuje se površina plohe, a time i broj stabala na jedinici uzorka.

Iako bi bilo za očekivati da su ukupna temeljnica i ukupni volumen najveći u najstarijim sastojinama u sedmom dobnom razredu, ovdje to nije slučaj. Jedan od mogućih razloga je mali broj ploha (6) koji ne odražava stvarno stanje, a drugi razlog leži u činjenici da je kod starijih sastojina hrasta lužnjaka izraženije sušenje

Tablica 2. Srednje vrijednosti procjene strukturnih elemenata (N , G i V) za III. i IV. dobnii razred za različite veličine primjerne plohe

Table 2. Average structural elements (N , G , V) estimates in 3rd and 4th age class and different plot sizes

	polumjer kružne plohe m <i>circle plot radius m</i>	broj stabala n/ha <i>stem number n/ha</i>	CV	temeljnica m ² /ha <i>basal area m²/ha</i>	CV	volumen m ³ /ha <i>volume m³/ha</i>	CV
III. dobnii razred <i>3rd age class</i>	15	535	32,7	28,65	30,1	308,3	30,0
	14	565	33,0	30,13	29,9	323,8	30,3
	13	569	35,6	31,34	27,6	339,9	28,2
	12	557	32,2	31,31	26,9	344,6	29,8
	11	516	31,6	28,80	31,9	314,1	35,3
	10	522	34,4	29,70	42,9	320,8	46,4
	9	550	36,8	30,68	43,7	327,4	45,6
	8	507	34,2	27,33	37,0	290,8	38,9
	7	546	35,3	29,05	26,6	310,2	27,9
	6	584	39,5	31,17	30,8	331,3	38,0
5	611	61,4	30,69	56,4	314,0	63,0	
IV. dobnii razred <i>4th age class</i>	15	442	25,8	31,92	14,4	441,4	13,9
	14	471	29,8	32,40	12,8	442,7	10,7
	13	457	36,9	29,24	15,0	392,2	12,6
	12	464	41,0	30,84	21,8	419,4	21,9
	11	474	29,7	32,33	19,3	444,5	23,1
	10	485	26,4	32,19	18,5	440,0	25,3
	9	491	16,7	33,56	17,0	458,9	27,1
	8	448	12,8	31,95	14,6	437,7	21,3
	7	487	7,7	35,25	30,3	482,6	39,4
	6	420	20,2	28,06	23,0	372,3	26,9
5	414	29,5	24,59	41,5	324,1	45,8	

Tablica 3. Srednje vrijednosti procjene strukturnih elemenata (N, G i V) za V., VI. i VII. dobni razred za različite veličine primjerne plohe

Table 3 Average structural elements (N, G, V) estimates in 5th, 6th and 7th age class and different plot sizes

	polumjer kružne plohe m <i>circle plot radius m</i>	broj stabala n/ha <i>stem number n/ha</i>	CV	temeljnica m ² /ha <i>basal area m²/ha</i>	CV	volumen m ³ /ha <i>volume m³/ha</i>	CV
	V. dobni razred <i>5th age class</i>	25	427	34,6	32,98	19,5	483,0
24		433	34,4	33,40	19,5	489,3	22,8
23		435	34,5	33,62	18,6	492,6	21,9
22		435	34,4	33,47	18,6	490,3	21,6
21		436	34,2	33,42	19,5	489,3	22,6
20		435	34,4	33,36	20,5	488,9	24,1
19		434	33,7	33,23	19,5	486,2	23,1
18		432	34,9	32,73	20,9	478,3	24,3
17		436	36,7	32,73	21,1	478,3	24,8
16		440	37,2	32,74	21,2	477,5	24,6
VI. dobni razred <i>6th age class</i>	15	445	38,3	33,00	22,2	482,3	26,4
	30	432	29,2	34,16	16,0	528,2	16,2
	29	433	29,4	34,12	15,9	527,4	15,9
	28	433	28,9	34,11	15,4	527,2	15,3
	27	431	29,6	33,89	15,6	524,2	15,7
	26	435	29,3	34,11	16,1	527,8	16,6
	25	433	30,4	33,93	16,8	525,0	17,6
	24	431	29,9	33,60	16,6	518,4	17,4
	23	431	29,3	33,60	16,7	519,0	17,6
	22	431	29,9	33,06	15,8	508,8	16,7
VII. dobni razred <i>7th age class</i>	21	431	30,5	33,14	16,7	510,4	17,9
	20	435	31,0	33,40	18,1	514,3	19,5
	30	343	41,6	31,21	19,9	476,8	18,4
	29	344	39,5	31,39	17,0	490,6	19,7
	28	340	43,0	30,56	19,2	477,6	21,4
	27	342	42,1	30,70	17,3	478,9	19,3
	26	343	44,1	31,01	19,2	486,2	21,2
	25	340	44,6	29,87	21,8	461,7	25,2
	24	342	44,1	30,31	21,5	469,4	24,5
	23	325	47,2	30,28	23,9	472,9	26,5
22	324	48,4	30,22	23,0	469,5	24,7	
21	336	48,2	31,23	21,8	484,4	23,5	
20	324	54,5	30,75	27,0	478,1	29,7	

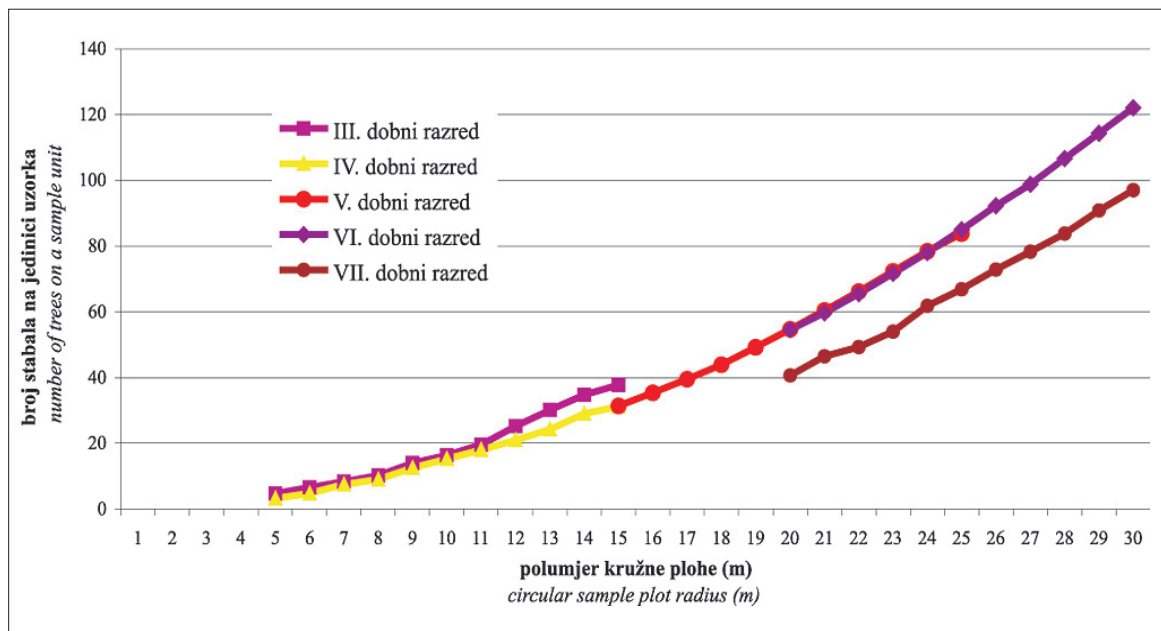
stabala, pa je moguće da je drvena zaliha niža nego u mlađim sastojinama.

Smanjenjem polumjera kružne plohe dolazi i do smanjenja broja stabala koja treba izmjeriti. Taj je broj za najveće polumjere ploha iznosio od prosječno 122 stabla na plohama u šestom dobnom razredu kod polumjera 30 m, do 31 stabla u IV. dobnom razredu kod polumjera 15 m, što se vidi na slici 2. Razlika u broju stabala je uglavnom posljedica smanjenja površine plohe.

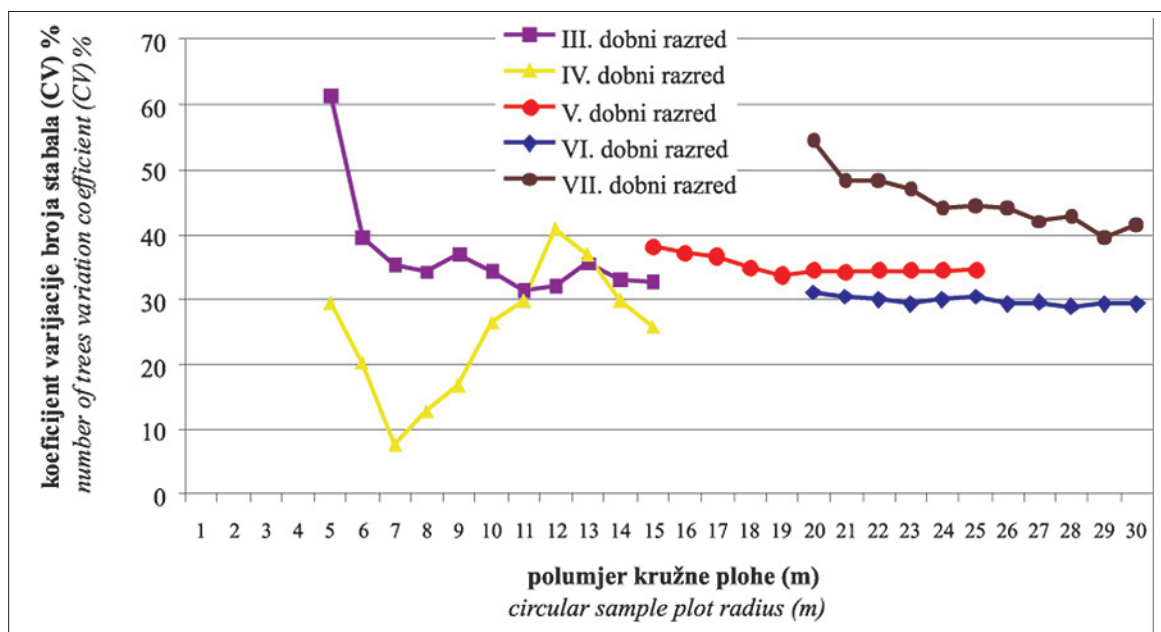
Vrijednosti broja stabala po plohi u III. dobnom razredu za isti polumjer plohe su nešto veće od broja sta-

bala u IV. dobnom razredu, što je u skladu sa smanjenjem broja stabala po jedinici površine povećanjem starosti sastojine.

Uočljivo je da su brojevi stabala kod istog polumjera plohe u V. i VI. dobnom razredu gotovo jednaki za polumjere 20–25 m, za koje postoji preklapanje u podacima. S obzirom da su ova dva dobna razreda predstavljena sa 41, odnosno 30 ploha, to ukazuje na veliku podudarnost u gustoći tih sastojina.



Slika 2. Prosječan broj stabala na jedinicama uzorka ovisno o veličini ploha
Figure 2 Average number of trees on a sample units depending on plot size



Slika 3. Koeficijent varijacije broja stabala ovisno o veličini plohe
Figure 3 Number of trees variation coefficient depending on plot size

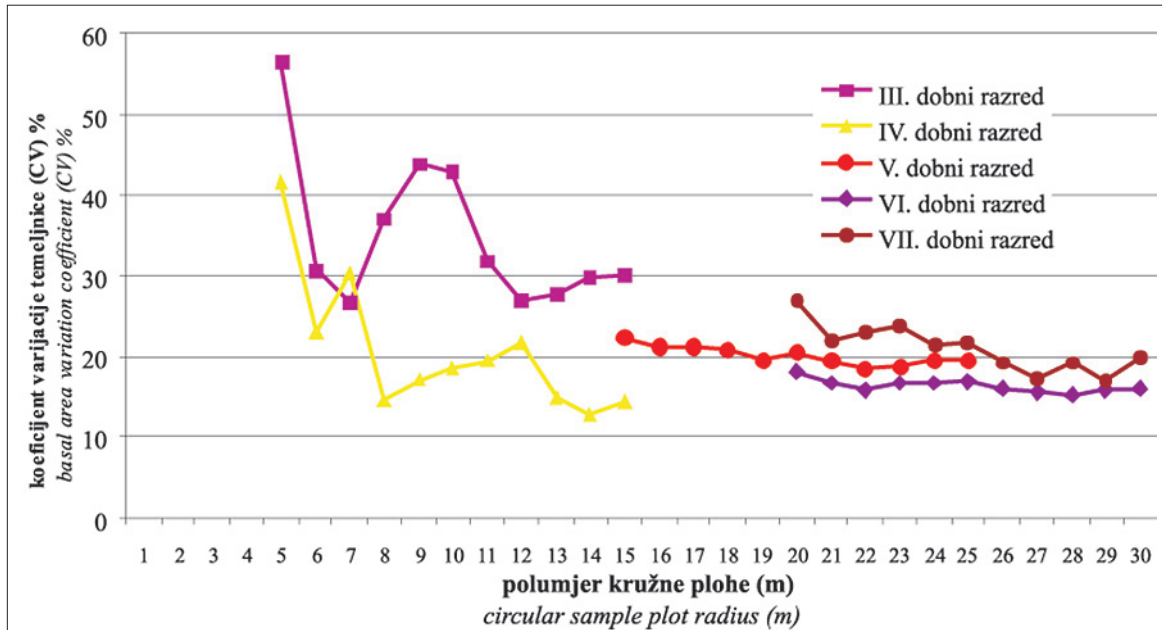
U VII. dobnom razredu je broj stabala kod istog polumjera plohe manji nego u V. i VI. dobnom razredu, što je i očekivano glede smanjenja broja stabala po hektaru (tablica 3). Za ispitivanje utjecaja veličine kružne plohe na

preciznost procjene strukturnih elemenata korišteni su izračunati koeficijenti varijacije (CV) i preciznost (SP) za svaki od tri promatrana strukturna elementa (N , G i V). Rezultati su prikazani slikama 3–8.

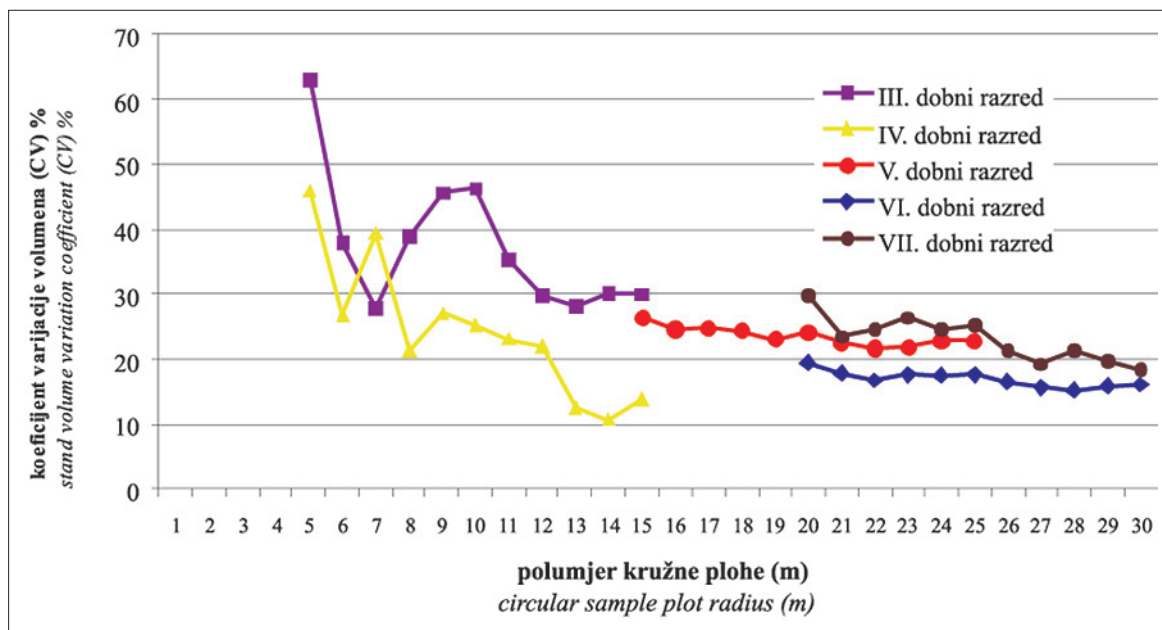
Koeficijent varijacije – CV (%) – *Variation coefficient*

Koeficijenti varijacije broja stabala u III. i IV. dobnom razredu pokazuju izraženu promjenljivost i kreću se od 7,7 do 61,4 %. Glede malog broja ploha u uzorku, takva varijabilnost je očekivana. U V. i VI. dobnom razredu povećanjem polumjera kružne plohe blago se smanjuje i koe-

ficijent varijacije, koji za razliku od mlađih sastojina znatno manje varira i ima vrijednosti između 29,2 i 38,3 %. Najstarije sastojine imaju nešto izraženiju varijabilnost broja stabala i njihov koeficijent varijacije ima povećanjem polumjera plohe trend smanjenja od 54,5 do 39,5 %.



Slika 4. Koeficijent varijacije temeljnice ovisno o veličini plohe
Figure 4 Basal area variation coefficient depending on plot size



Slika 5. Koeficijent varijacije volumena ovisno o veličini plohe
Figure 5 Stand volume variation coefficient depending on plot size

Koeficijenti varijacije temeljnice pokazuju slične trendove kao i kod broja stabala, ali ipak imaju niže vrijednosti, što upućuje na to da je temeljnica strukturni element čije vrijednosti imaju manju varijabilnost nego broj stabala. U III. i IV. dobnom razredu, ponajviše zbog malog uzorka, koeficijenti varijacije temeljnice su sko-

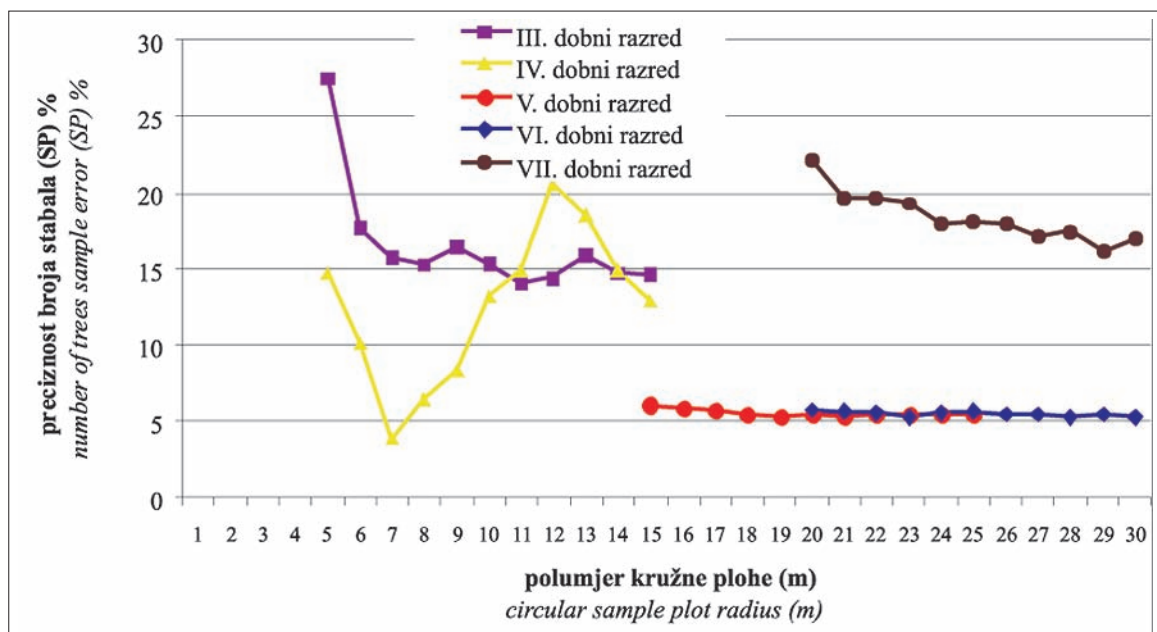
koviti, s trendom smanjenja kako raste veličina plohe, a vrijednosti su između 12,8 i 56,4 %. U V., VI. i VII. dobnom razredu jasan je trend smanjenja koeficijenta povećanjem ploha, a vrijednosti su između 15,4 i 27,0 %.

Kod koeficijenta varijacije volumena situacija je vrlo slična onoj kod temeljnice, kako u trendu tako i u razini.

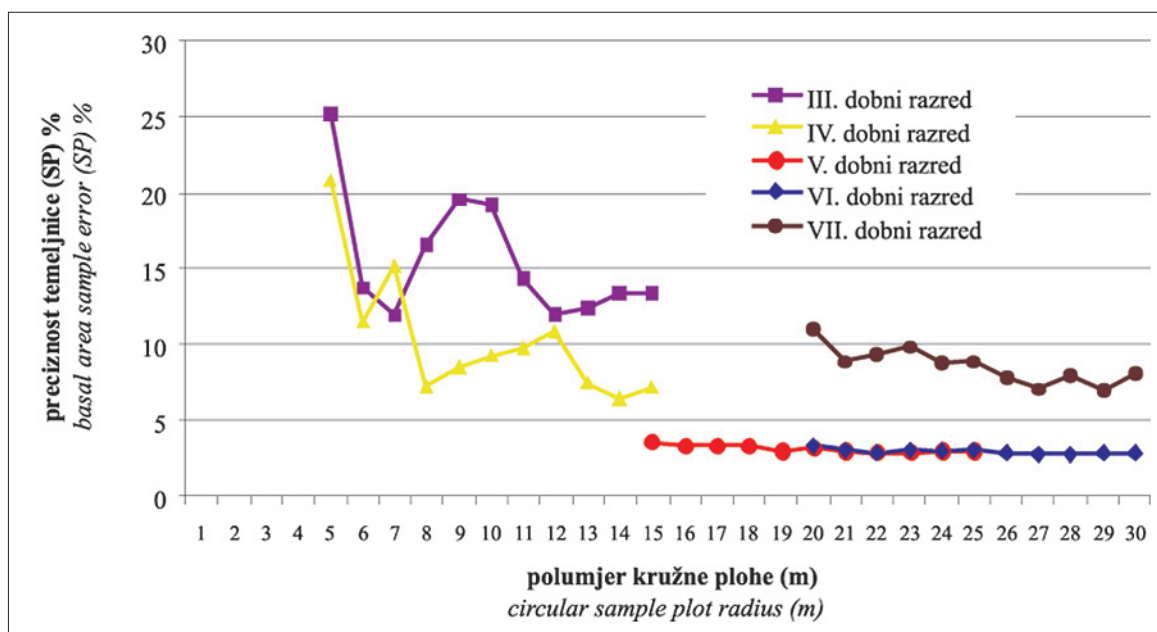
Preciznost – SP (%) – *Simple error*

Preciznost ili pogreška uzorka iskazana je kao standardna pogreška u postotku od srednje vrijednosti strukturnog elementa.

Kod preciznosti valja paziti na to da niža vrijednost predstavlja bolju preciznost, odnosno manju pogrešku uzorka. Zbog veličine uzorka najbolja preciznost pro-



Slika 6. Preciznost procjene broja stabala ovisno o veličini plohe
Figure 6 Number of trees sample error depending on plot size



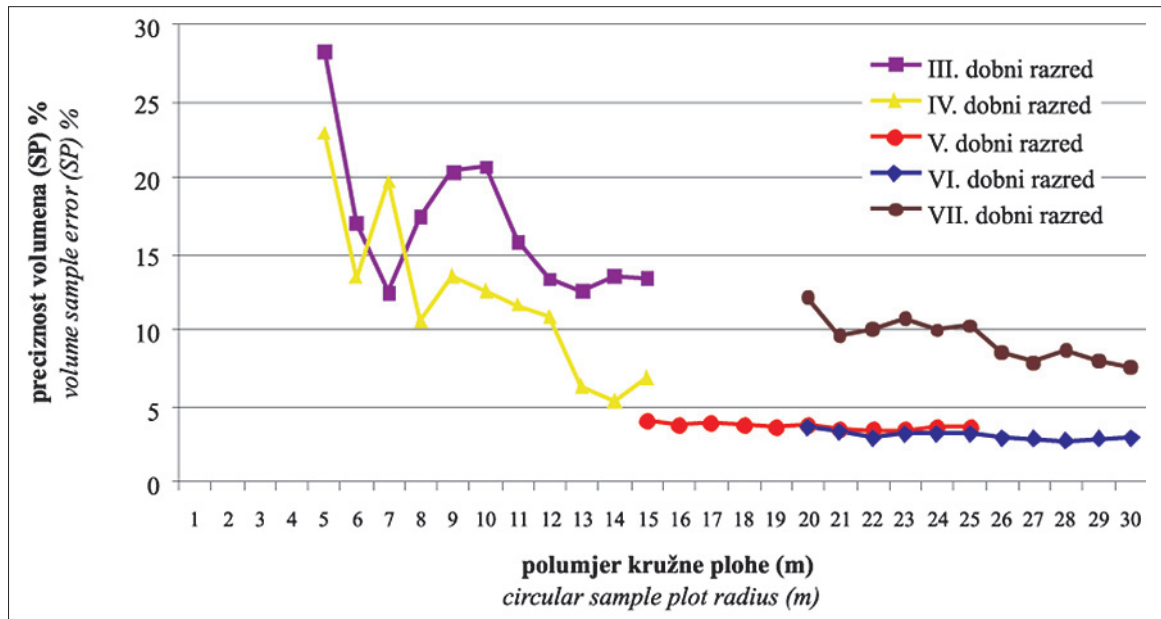
Slika 7. Preciznost procjene temeljnice ovisno o veličini plohe
Figure 7 Basal area sample error depending on plot size

cjene broja stabala vidljiva je kod V. i VI. dobnog razreda. Ima vrlo blagi trend poboljšanja i za sve promatrane veličine ploha kreće se između 6,0 i 5,3 %. Na plohama III. i IV. dobnog razreda preciznost je uslijed malog broja ploha te malog broja stabala na jedinicama uzorka znatno lošija, a u IV. dobnom razredu nema jasan trend.

Za razliku od preciznosti procjene broja stabala, kod preciznosti procjene temeljnice (slika 7) IV. dobnog razreda ima jasnije izražen trend smanjenja pogreške uzorka s povećanjem veličine plohe. U III. dobnom

razredu trend je sličan, ali s nešto lošijom preciznošću koja se kreće od 12,0 do 25,2 %. Dobni razredi s najviše izmjerenih ploha pokazuju i najveću preciznost s blagim trendom povećanja sukladno rastu veličine plohe. Vrijednosti se kreću od 2,8 do 3,5 %.

Preciznost procjene volumena vrlo je slična preciznosti procjene temeljnice (slika 8), s V. i VI. dobnim razredom kao najhomogenijim uzorkom, gdje se s početnih 15 odnosno 20 metara polumjera kružne plohe dobije preciznost/pogreška uzorka ispod 5 %.



Slika 8. Preciznost procjene volumena ovisno o veličini plohe
Figure 8 Stand volume sample error depending on plot size

RASPRAVA – Discussion

Odluka o veličini primjerne površine u uređajnoj inventuri značajno može utjecati na preciznost dobivenih rezultata i na ukupne troškove izmjere. Homogene sastojine malog raspona prsnih promjera i malog broja vrsta drveća, po svojoj prirodi ne trebaju velike intenzitete izmjere za postizanje zadovoljavajuće točnosti. U cilju smanjenja troškova izmjere treba uzeti u obzir da po jedinici uzorka (primjernoj površini) imamo najmanji dovoljan broj stabala koji će reprezentirati dio sastojine. Spurr (1952) preporuča da veličina plohe bude takva da ima barem 20 mjerljivih stabala, dok prema Krutzschu i Loetschu (1938) u sastojinama bez podstojne etaže optimalni broj stabala na plohi trebao bi biti 12–14 (preneseno iz Pranjić i Lukić 1997). Meštrović i Fabijanić (1995) kažu da bi po primjernom krugu bilo dovoljno imati 30-ak stabala. Osim broja stabala na jedinici uzorka koji izravno utječe na ukupne troškove, odabirom veličine primjerne plohe važno je postići i stabilnost mjera varijabilnosti (koeficijent varijacije, standardna devijacija) koje povećanjem polumjera plohe, odnosno broja stabala, poprimaju sve niže vrijednosti i postaju stabilnije (kreću se u malim ra-

sponima). Nadalje, preciznost procjene strukturalnih elemenata nameće se kao idući kriterij za odluku o veličini primjerne plohe. Činjenicu poboljšanja preciznosti povećanjem polumjera kružnih primjernih ploha od domaćih autora potvrdili su Vedriš i dr. (2009) na primjeru 17 primjernih ploha bukovo-jelove sastojine.

U ovom radu je ukupni broj ploha (86) bio razvrstan prema starosti i pripadnosti određenom dobnom razredu, pa je tako za neke dobnog razrede (III., IV i VII.) broj ploha bio nedovoljan za donošenje čvrstih zaključaka.

Na plohama III. dobnog razreda (41–60 godina starosti sastojine), s polumjerom kruga od 15 metara, mjerilo se prosječno 37,8 stabala (Slika 2). Smanjenjem polumjera plohe i broj mjenjenih stabala smanjuje se, te je kod polumjera od 5 metara prosječno samo 4,8 stabala po plohi, što je premalo za dobar uvid u strukturu sastojine, posebice ako se pogleda koeficijent varijacije od 61,4 % (Slika 3) te rezultat preciznosti procjene broja stabala od 27,5 % (Slika 6). Kada se za isti dobnog razred pogleda kako se smanjenjem polumjera plohe kreću koeficijent varijacije i preciznost procjene temeljnice te volumena (Slike 4, 5, 7, i 8) vidljivo je da njihove vrijed-

nosti očekivano imaju trend pada s povećanjem polumjera. Na isti način promatrani su i ostali dobni razredi.

U IV. i VII. dobnom razredu vrijednosti procjene strukturalnih elemenata te njihovi koeficijenti varijacije i preciznost pokazuju značajna kolebanja te iz istih razloga kao i u III. dobnom razredu ne omogućuju donošenje čvrstih zaključaka.

U V. dobnom razredu promatrani su strukturalni elementi i statistički pokazatelji za kružne plohe od 15 do 25 metara polumjera. Prosječno je na jedinici uzorka bilo od 83,8 stabala uz polumjer plohe 25 m, do 31,4 stabla kod polumjera plohe 15 m, što zadovoljava kriterij predloženog broja stabala. Za sva tri strukturalna elementa (N , G i V) koeficijenti varijacije i preciznost

procjene imaju vrlo mala kolebanja, a to vodi zaključku da su rezultati dobiveni uz polumjer 15 m, jednako prihvatljivi kao i oni uz polumjer 25 m.

U VI. dobnom razredu promatrani su strukturalni elementi i pokazatelji za kružne plohe od 20 do 30 metara polumjera. Rezultati su analogni onima u V. dobnom razredu, što znači da oni uz polumjer kružne plohe od 20 m imaju gotovo jednake vrijednosti kao i uz 30 m. Prosječan broj stabala kod polumjera 30 m iznosi 122,1, a kod 20 m 54,6 što je znatno više od preporuka, pa se može pretpostaviti da bi uz prisutni varijabilitet bio prihvatljiv i manji polumjer, što bi trebalo dodatno ispitati.

ZAKLJUČCI – Conclusions

Preciznost procjene strukturalnih elemenata kod dobrih razreda s većim brojem izmjerenih ploha ima trend poboljšanja ako se poveća veličina kružne plohe. Analogno, koeficijent varijacije se smanjuje.

Iz tabelarnih i grafičkih prikaza vidljivo je da je broj izmjerenih ploha u III. i IV. i VII. dobnom razredu bio nedovoljan za donošenje čvrstih zaključaka, jer su vrijednosti koeficijenta varijacije i preciznosti procjene strukturalnih elemenata varirali do te mjere da u nekim slučajevima nisu imali niti izražen trend (koeficijent varijacije i preciznost procjene broja stabala u IV. dobnom razredu).

U danim sastojinskim uvjetima koeficijenti varijacije i preciznost procjene strukturalnih elemenata imaju vrijednosti koje ukazuju da nije potrebno niti opravdano provoditi izmjeru na krugovima većim od 15 m polumjera u V. dobnom razredu, odnosno 20 m polumjera u VI. dobnom razredu.

Uz povećanje broja ploha u III, IV. i VII. dobnom razredu, te ispitivanje kretanja procjene strukturalnih elemenata uz manje polumjere kružne plohe od onih ispitanih u ovom radu, moglo bi se doći do najmanjeg polumjera kružne plohe koji osigurava pouzdanu i preciznu procjenu sastojinskih elemenata.

LITERATURA – References

- Galić, Ž., 2002.: Pouzdanost procjene strukturalnih elemenata izmjere šuma primjenom kombiniranih metoda. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Magistarski rad
- Indir, K., 2001.: Osnova gospodarenja za g.j. Repaš-Gabajeva Greda (2001.–2010.), Hrvatske šume, Uprava šuma Koprivnica
- Jazbec, A., M. Vedriš, M. Božić, E. Goršić, 2011: Učinkovitost izmjere prebornih šuma na primjernim ploham različitih radijusa (*Efficiency of Inventory in Uneven-Aged Forests on Sample Plots with Different Radii*). Croatian Journal of Forest Engineering 32(1): 301–312.
- Klepac, D., 1965.: Uređivanje šuma. Nakladni zavod Znanje, 341 str, Zagreb
- Miletić, Ž., 1958.: Uređivanje šuma, knjiga II, Naučna knjiga, 646 str., Beograd
- Meštrović, Š., G. Fabijanić, 1995.: Priručnik za uređivanje šuma. Ministarstvo za poljoprivredu i šumarstvo Hrvatske, Zagreb
- Pranjić, A., N. Lukić, 1997: Izmjera šuma, Šumarski fakultet, 210 str., Zagreb
- Schmid-Haas, P., 1985.: Permanent Forest Inventory as a Basis of Forestry Planning. IUFRO-Conference: Inventoryng and Monitoring Endangered Forests, Alptal
- Schmid-Haas, P., 1989.: Schweizer Kontrollstichprobeverfahren in der Forsteinrichtung. Schweiz. Z. Forstwes., 140 (1) 43–56
- Spurr, S.H. 1952. Forest Inventory. Roland Press Co., 476 str., New York.
- Špiranec, M., 1975.: Drvnogromadne tablice. Radovi Šumar. inst. Jastrebarsko
- Vedriš, M., A. Jazbec, M. Frntić, M. Božić, E. Goršić, 2009.: Preciznost procjene strukturalnih elemenata bukovo-jelove sastojine ovisno o veličini kružnih primjernih ploha, Šum. list CXXXIII (7–8): 369–379
- *** Pravilnik o uređivanju šuma, Narodne novine 111/06, 141/08

*SUMMARY: Data collecting in forest inventory in Croatia are carried out on a temporary sample plots (circles or strips). In this article, sample of 86 circular plots established in Repaš-Gabajeva Greda management unit (Fig. 1), Repaš forest office, Koprivnica regional forest office, is used to see how the basic structural elements (stem number – N, basal area – G and stand volume – V) are changing when the sample plot radius is decreasing. Research area is typical lowland pedunculate oak and hornbeam stand (Carpino betuli - *Quercetum roboris* (Anić 1959) Rauš 1969. Sample plots covered the whole management unit area and stands older than 40 years, from 3rd to 7th age class. Sample units were circular, with radius 15 to 30 m, bigger than in regular forest inventory (Table 1) which are usually 12,62 m and 18 m in radius.*

All trees above 10 cm in dbh within circular plot were measured. Plot center was marked with iron bolt below ground level. Position of each tree is determined with distance and angle from plot center. Haglof caliper was used to measure two dbh of each tree. Total tree height was taken with Suunto hypsometer.

Data collected in a field, were entered to database created in Microsoft Access. For each plot, number of trees per hectare, basal area per hectare, and volume per hectare, were calculated, separately for tree species and total. These basic structure elements were calculated for different plot sizes, lower than taken in field. It has been done using database queries, thanks to recorded position of each tree. For a particular criteria (distance from plot center), only trees that are within required radius were selected. In 3rd and 4th age class, plot radius from 5 to 15 m, with 1 m step, is used to calculate structure elements (Table 2). In 5th age class, examined plot radius range was 15–25 m, and in 6th and 7th age class 20–30 m (Table 3).

Calculated elements were examined with simple statistical analyses in order to get variation coefficient (CV), and precision (SP). The results showed that in 3rd, 4th and 7th age class there is not enough sample plots to bring conclusions because variation coefficient values are high and precision is at poor level. (Fig. 3–8). In 5th and 6th age class for all examined plot radii, estimated precision of basal area and stand volume is better than 5 % (Fig.7, Fig.8), and variation coefficient is in range of 15,3–26,4 % (Fig. 4, Fig. 5). Stem number estimation shows precision of 5,3–6,0 % (Fig. 6).

In given research area and stand conditions, conclusions are:

- in 3rd, 4th and 7th age class variability in small amount of sample plots is too high to bring resolute conclusion*
- regarding to variation coefficient and estimation precision values, there is no need to use sample plot radius greater than 15 m in 5th age class, and 20 m in 6th age class*
- with more sample plots in 3rd, 4th and 7th age class, and use of lower sample plot sizes in 5th and 6th age class, optimal plot radius that gives reliable and precise stand structure elements estimation could be reached.*

Key words: Pedunculate oak, sample plots, stand structure elements, estimation precision