

Prethodno priopćenje  
*Preliminary notice*

Prispjelo - *Received*: 15. 03. 2005.  
Prihvaćeno - *Accepted*: 21. 06. 2005.

UDK: 630\*52+565

**Krunoslav Indir\***

## IZBOR METODE IZMJERE TAKSACIJSKIH ELEMENATA U INVENTURI ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA

### *CHOICE OF METHOD FOR MEASURING FOREST ESTIMATION ELEMENTS IN AN INVENTORY OF A PEDUNCLED OAK FOREST*

#### SAŽETAK

Istraživanje obavljeno na području gospodarske jedinice „Repaš – Gabajeva Greda“ imalo je za cilj ispitati nekoliko metoda izmjere šuma u inventuri šuma hrasta lužnjaka. Osim varijabilnosti rezultata, promatrana je i prihvatljivost pojedinih instrumenata i alata. Izmjera je rađena u V., VI. i VII. dobnom razredu uređajnog razreda hrasta lužnjaka, na plohama stalne površine na mreži 100x100m, plohama stalne površine na mreži 500x500m te primjenom PPS uzoraka na mreži stajališta 500x500m (primijenjeni su faktori 1, 2 i 4). Na temelju prikupljenih podataka izračunati su osnovni taksacijski parametri, broj stabala, temeljnica, volumen ( $N$ ,  $G$ ,  $V$ ), po plohama i ukupno na razini dobnog razreda. Obavljena je opisna (deskriptivna) statistička analiza rezultata. Kao referentna poslužila je metoda kružnih ploha na mreži 100x100m, koja predstavlja izmjeru znatno većeg intenziteta od ostalih ispitanih metoda. Istraživanjem je utvrđeno kako primjena standardnih alata i instrumenata ima manju efikasnost u radu od probno korištenih instrumenata novije generacije (GPS uređaj, ultrazvučni visinomjer i daljinomjer). U usporedbi s referentnom metodom, u petom dobnom razredu najprihvatljivije rezultate ima metoda trajnih ploha u mreži 500x500m, s napomenom kako kod temeljnice i broja stabala, PPS metoda s faktorom 1 pokazuje slične rezultate. Najniže vrijednosti statističkih parametara u usporedbi s referentnom metodom, a time i najveću prihvatljivost, u šestom dobnom razredu ima metoda izmjere koju čine kružne plohe u mreži 500x500m. Najviše vrijednosti statističkih parametara, u najvećem broju varijanti, imaju rezultati kod primjene metode PPS uzoraka, faktor 2 i 4, te ona stoga nije preporučljiva u prisutnim sastojinskim uvjetima.

**Ključne riječi:** inventura šuma, primjerni krugovi, trajne plohe, PPS uzorci

---

\*Mr. sc. Krunoslav Indir, Šumarski institut, Jastrebarsko

## UVOD

### INTRODUCTION

Periodičke izmjere (bilo dijelova, bilo ukupne šumske površine) provode se u gotovo svim zemljama s organiziranim šumarstvom. Jedna od zadaća tih izmjera je pratiti stanje i razvoj šumskih ekosustava s aspekta uređivanja šuma. Informacije o drvenoj zalihi i prirastu dobivaju se na niz načina, primjenom različitih metoda.

Kad se izmjera šuma promatra kao neodvojivi dio različitih metoda uređivanja šuma, logično je postaviti pitanja: Kako izmjeriti stablo (sastojinu ili dio sastojine) da bismo opetovanim izmjerama sa zadovoljavajućom točnošću ustanovili u kojem se smjeru objekt izmjere razvija? Kako dobiti zadovoljavajuće informacije o strukturnim elementima, kao podlogu za određivanje količine etata?

Dva su osnovna pravca u metodologiji prikupljanja podataka u izmjeri šuma s aspekta mogućnosti ponavljanja izmjere na istim površinama: **izmjera na privremenim** te **izmjera na trajnim površinama** (eng.: *inventory of temporary sample plots* i *inventory of permanent sample plots*). Izmjerom na privremenim površinama, svakom periodičkom izmjerom postavlja se uzorak primjernih površina (krug, kvadrat, pruga, PPS stajalište, PPS linija...) na mjestima koja nisu nužno ista kao i kod prijašnje izmjere. Time se dobilo da je izmjerom kroz više perioda obuhvaćen veći dio sastojine. Međutim, prirast je na taj način svaki puta mjeran na drugom uzorku. On tada čini relativno dobru informaciju o stanju sastojine u vrijeme izmjere, ali kada se želi usporediti takav prirast s onim iz prijašnje izmjere, moguće su velike pogreške. Analiziranje prirasta na taj način nije pouzdano jer je on svakom izmjerom određen na drugom dijelu sastojine. Nepouzdanost je tim veća što je sastojina heterogenija i što je struktura prirodniija. Istraživanjem metodologija prikupljanja podataka u izmjeri šuma kod nas su se bavili LUKIĆ (1984, 1993), PRANJIĆ (1987, 1993), GALIĆ (2002) i dr.

Bez obzira radi li se o trajnim ili privremenim plohama, na njima se može primijeniti niz razvijenih načina izmjere. Najrašireniji je onaj kod kojeg se elementi stabala mjere na plohama stalne površine, kružne ili kvadratične. U posljednje vrijeme koristi se (naročito u njemačkoj uređajnoj inventuri (BAUER, 2001)) i izmjera na koncentričnim kružnim plohama gdje veličina kruga najčešće ovisi o prsnom promjeru stabala. Tako se tanka stabla mjere na manjem krugu, a deblja na većem.

Cilj ovog istraživanja jest istražiti nekoliko metoda izmjere sastojina, s različitim intenzitetima izmjere, kako bi se došlo do zaključka koja je metoda najprikladnija s aspekta varijabilnosti procijenjenih taksacijskih parametara. Osim biometrijske analize, promatrane su i karakteristike terenskog rada te se empirijski došlo do određenih spoznaja. Saznanja iz ovog i budućih istraživanja trebala bi pomoći u određivanju metodologije sustavnog praćenja razvoja sastojina na trajnim jedinicama uzorka.

## PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

### INVESTIGATED AREA

Terenski radovi istraživanja provedeni su tijekom 2000. i 2001. godine na prostoru gospodarske jedinice „Repaš – Gabajeva Greda“ kojom gospodari Šumarija



Slika 1. Zemljovid Koprivničko-križevačke županije s položajem gospodarske jedinice  
"Repaš – Gabajeva Greda"  
Figure 1 Map of Koprivnica – Križevci county with the location of management unit  
"Repaš – Gabajeva Greda"

Repaš, u sastavu Uprave šuma Podružnice Koprivnica. Gospodarsku jedinicu čine tri odvojene šumske cjeline između  $46^{\circ} 7'$  i  $46^{\circ} 12'$  sjeverne širine i  $17^{\circ} 00'$  -  $17^{\circ} 12'$  istočne dužine.

Nadmorske visine promatranog područja su od 112 do 121 m.n.m. Geološku podlogu čine aluvijalni nanosi šljunka i pijeska. Od tala je najzastupljeniji hipoglej, a nešto manje semiglej i aluvijalno tlo. Najveći dio gospodarske jedinice pripada svezi *Carpinion betuli* Isll. 1932. koja obuhvaća mješovite hrastovo-grabove šume visokih položaja u nizinama te u brežuljkastom pojasu do približno 400 m.n.m. Ova sveza je na prostoru Repaša predstavljena zajednicom *Carpino betuli – Quercetum roboris* (Anić 1959) Rauš 1969., sa svojim subasocijacijama *typicum* i *fagetosum*.

Manji dio lužnjakovih šuma pripada svezi *Alno – Quercion roboris* Ht. (1937) 1938., sa zajednicama hrasta lužnjaka i velike žutilovke (*Genisto elatae – Quercetum roboris* Ht. 1938).

U gospodarskoj jedinici „Repaš – Gabajeva Greda” evidentirano je šest ekološko-gospodarskih tipova šuma od kojih najveće učešće u površini ima tip II – G – 10.

## MATERIJAL I METODE

### MATERIAL AND METHODS

Kako su pripremni radovi za istraživanje tekli usporedo s pripremnim radovima za reviziju Osnove, u planiranju redovne izmjere nastojalo se da njeni rezultati

budu iskoristivi i za istraživanje. Stoga je preko cijele površine g.j. postavljena kvadratična mreža s udaljenostima sjecišta od 100m, orijentirana u smjeru sjever-jug (ili istok-zapad). Na sjecištima je planirana izmjera prema važećem Pravilniku. Unutar tako postavljene mreže svaka peta točka predstavlja uzorak za istraživanje. Tako su plohe na kojima se vršila izmjera za istraživanje bile međusobno udaljene 500m. Položaj svake plohe ucrtan je u gospodarsku kartu mjerila 1:10000. Veličina svake plohe ovisila je o starosti sastojine i kretala se od 0,008 do 0,283ha. Svakoj veličini plohe odabran je faktor stabla za određivanje Bitterlichove temeljnice. U sljedećoj tablici prikazane su odabrane vrijednosti.

Tablica 1. Površine kružnih ploha u mreži 500x500m  
*Table 1 Circular sample plots areas at 500x500m grid*

| Starost sastojine<br><i>Stand age<br/>godina</i> | Površina plohe<br><i>Plot area<br/>ha</i> | Polumjer plohe<br><i>Radial of plot<br/>m</i> | Faktor Bitterlicha<br><i>Bitterlich BA factor</i> |
|--|---|---|---|
| 1-40   | 0.008                                     | 5   | 4   |
| 41-80  | 0.071                                     | 15  | 2   |
| 81-100   | 0.196                                     | 25  | 1   |
| 101 <  | 0.283                                     | 30  | 1   |

U uredskim radovima pripreme istraživanja određeno je koje će se veličine mjeriti na plohama u mreži 500x500m:

- udaljenost od središta plohe do stabla (u metrima)
- azimut stabla (u stupnjevima)
- prsni promjer stabla u smjeru sjever-jug (u mm)
- prsni promjer stabla u smjeru istok-zapad (u mm)
- prsni promjer stabla u smjeru središta plohe (u mm) – za PPS uzorak
- ukupna visina stabla

Svako izmjereno stablo time je definirano u prostoru, što uz obilježeno središte plohe predstavlja trajnu jedinicu uzorka kao uvjet za eventualnu primjenu kontrolne metode.

### Izmjera na plohama u mreži 100x100m

*Measurements on plots in the 100x100m grid*

Sukladno Pravilniku izmjera je vršena intenzitetom od 2 do 10% površine odsjeka, što je s obzirom na konstantnu udaljenost između točaka, postignuto različitom površinom primjernog kruga. U drugom dobnom razredu ona je iznosila 201m<sup>2</sup> (r=8m), od trećeg dobno razreda do 2/3 ophodnje površina kruga bila je 500m<sup>2</sup> (r=12,62m), a iznad 2/3 ophodnje 1018m<sup>2</sup> (r=18m). U odsjecima koji će tijekom prvog polurazdoblja biti u glavnom prihodu i u odsjecima male površine gdje uzorak dobiven malim brojem primjernih krugova ne bi bio zadovoljavajući, obavljena je izmjera svih stabala. Prsni promjeri stabala unutar primjernog kruga mjereni su u visini 1,30m, zaokružbenom promjerkom širine debljinskog stupnja 5cm i sa sredinama debljinskih stupnjeva 12,5, 17,5, 22,5... Taksacijska granica

iznosila je 10cm. Svako izmjereno stablo obilježeno je zadiračem u prsnoj visini. Izmjeru su vršile tri osobe - voditelj grupe i dva radnika.

Primjerni krugovi u mreži 100x100m polagani su na ukupnoj površini od 1737,79ha, u 113 odsjeka. Promatrajući intenzitet izmjere u pojedinim dobnim razredima, on se kretao od 6,737% u petom, do 10,195% u sedmom dobnom razredu. Različiti polumjeri primjernog kruga odnose se na ciljani intenzitet izmjere koji je propisan Pravilnikom o uređivanju šuma.

Tablica 2. Podaci o izmjeri na primjernim krugovima u mreži 100x100m  
*Table 2 Data of measuring on test circles in the 100x100m grid*

| Dobni razred<br><i>Age class</i> | Površina<br><i>Area<br/>ha</i> | Broj odsjeka<br><i>Number of<br/>departments</i> | Broj krugova<br><i>Number of circles</i> | r<br><i>m</i> | Intenzitet<br><i>Intensity<br/>%</i> |
|----------------------------------|--------------------------------|--|--|---------------|--------------------------------------|
| V.                               | 895.84                         | 57   | 800                                      | 12,62 i 18    | 6.737                                |
| VI.                              | 709.27                         | 51   | 629                                      | 18            | 9.506                                |
| VII.                             | 132.68                         | 5  | 131                                      | 18            | 10.195                               |
|                                  | <b>1737.79</b>                 | <b>113</b>                                       | <b>1560</b>                              |               | <b>8.131</b>                         |

#### Izmjera na plohama u mreži 500x500m *Measurements on plots in the 500x500m grid*

Određivanje položaja ploha u prostoru obavljano je klasičnim metodama uz upotrebu precizne busole i mjerne vrpce dužine 50m. Taj dio radova nije bio opterećen značajnom pogreškom jer na prostoru gospodarske jedinice "Repaš – Gabajeva Greda" postoje šumske prosjeke koje dobro otvaraju sve šumske predjele. Svakoj se plohi tako moglo prići odmjeravanjem od poznatih točaka ucrtanih na karti. Busola je korištena samo za posljednji korak u određivanju središta plohe, kada je trebalo s prosjeke ući u odsjek.

Nakon što je izmjereno posljednje stablo, voditelj grupe odredio je Bitterlichovu temeljnicu. U slučaju da su u temeljnicu ušla i neka stabla izvan površine kruga, svi elementi mjereni su i na njima, radi obrade podataka PPS metodom, gdje nema fiksne površine uzorka, već je ona ovisna o prsnom promjeru stabla promatranom iz središta plohe. Stabla nisu obilježavana pa se vodila skica položaja karakterističnih stabala ili posebnosti kako bi se olakšalo ponovno nalaženje plohe.

Tablica 3. Podaci o izmjeri na kružnim plohama u mreži 500x500m  
 (metoda fiksnih površina i PPS metoda)  
*Table 3 Data of measuring on circular sample plots in the 500x500m grid  
 (method of fixed areas and PPS method)*

| Dobni razred<br><i>Age class</i> | Površina<br><i>Area<br/>ha</i> | Broj ploha<br><i>Number of plots</i> | r<br><i>m</i> | Intenzitet<br><i>Intensity<br/>%</i> | F<br><i>Bitterlich BA factor</i> |
|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| V.                               | 895.84                         | 41                                   | 25            | 0.897                                | 1                                |
| VI.                              | 709.27                         | 30                                   | 30            | 1.197                                | 1                                |
| VII.                             | 132.68                         | 6                                    | 30            | 1.280                                | 1                                |
|                                  | <b>1737.79</b>                 | <b>77</b>                            |               | <b>1.049</b>                         |                                  |

Kružne plohe na sjecištima mreže 500x500m postavljane su u petom, šestom i sedmom dobnom razredu uređajnog razreda hrasta lužnjaka, na ukupnoj površini od 1737,79ha. Izmjera je vršena na 77 ploha čija raspodjela prati konkretni razmjer dobnih razreda. Polumjer kružne plohe iznosio je 25 ili 30m, ovisno o starosti sastojine. Površinski intenziteti po dobnim razredima kretali su se od 0,897% u petom, do 1,28% u sedmom dobnom razredu. Ukupna površina ploha bila je 18,224ha, što daje prosječni intenzitet od 1,049%.

Izmjera metodom uzoraka promjenljive vjerojatnosti selekcije (PPS metoda) rađena je na stajalištima koja su se nalazila u sjecištu iste mreže 500x500m koja je služila i za izmjeru na kružnim ploham. U petom, šestom i sedmom dobnom razredu uređajnog razreda hrasta lužnjaka na taj je način bilo određeno 77 stajališta za izmjeru. Selekcija stabala koja će ući u uzorak za obradu rađena je računski, iz baze podataka. U njoj su, osim stabala mjerenih unutar kružnih ploha fiksne površine, bila evidentirana i ona stabla izvan ploha koja ulaze u uzorak promjenljive vjerojatnosti selekcije.

Prikupljeni podaci upisani su u bazu podataka u programski alat *Microsoft Access for Windows*, iz koje su za potrebe obrade selektirani podaci i prebacivani u *Microsoft Excel for Windows*.

Volumen pojedinog selektiranog stabla izračunat je Schumacher – Hallovom formulom uz upotrebu parametara A, b i c dvoulaznih tablica (ŠPIRANEC 1975.) te Meyerovog korekcijskog faktora ( $f$ ).

Visina stabla kao jedna od varijabli u Schumacher – Hallovoj formuli računata je izrazom za Mihajlovljevu funkciju uz iste parametre  $b_0$  i  $b_1$  dobivene izjednačenjem visina za pojedine grupe odsjeka u programskom paketu *HSUREL*. Dakle, ovisno o pripadnosti pojedine plohe nekom odsjeku, korištene su iste visinske krivulje u *HSURELU* i u *Microsoft Excelu*.

Za daljnje izračune statističkih parametara korišteni su broj stabala, temeljnice i volumeni, preračunati na 1ha površine.

## REZULTATI

### RESULTS

Na primjeru metode kružnih ploha u mreži 500x500m, Tablicom 5. prikazani su rezultati obrade podataka i izračunati broj stabala, temeljnica i volumen. Osim toga prikazana je i deskriptivna statistika izmjerenih i izvedenih podataka.

Iz obrade terenskih podataka dobiveni su rezultati za svaku metodu izmjere po dobnim razredima, te su prikazani tablično i grafički. Na primjeru šestog dobnog razreda, grafikonom su prikazani statistički parametri broja stabala, temeljnice i volumena, za sve primijenjene metode. (Grafikoni 1, 2 i 3 )

U V. dobnom razredu najniže vrijednosti pogreške i koeficijenta varijacije prisutne su kod metode kružnih ploha (referentna metoda) u mreži 100x100m i to za sva tri promatrana strukturna elementa ( $N$ ,  $G$  i  $V$ ). PPS metoda s faktorima 2 i 4 za sva tri promatrana elementa pokazuje najviše vrijednosti standardne pogreške i koeficijenta varijacije.

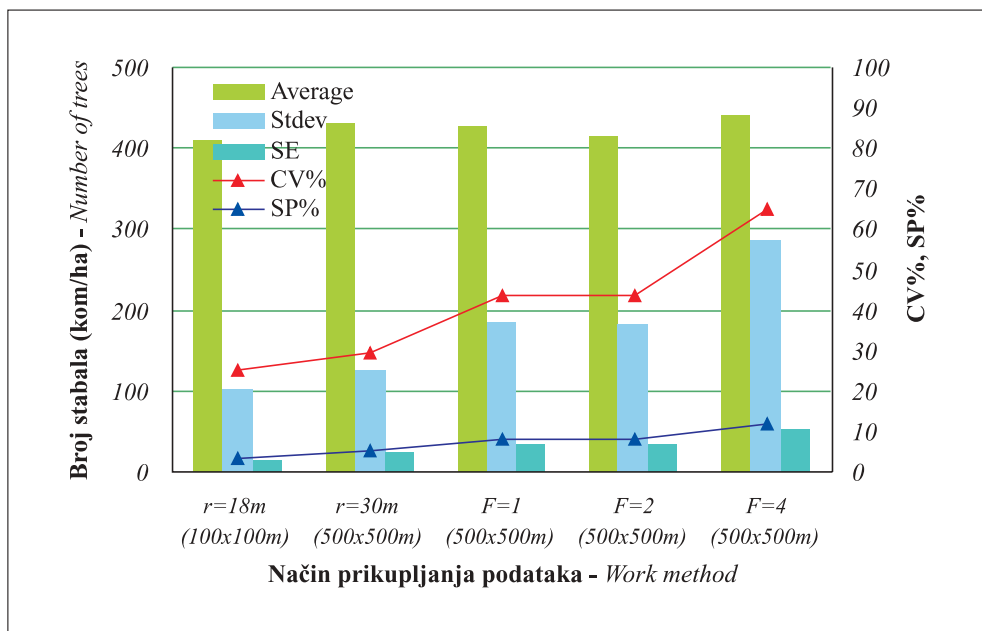
Tablica 4. Rezultati po ploham za metodu kružnih ploha u mreži 500x500m  
 Table 4 Results by plots for the method of circular sample plots in the 500x500m grid

| br. plohe<br>Plot No. | V. dobní razred<br>V. Age class |       |         | br. plohe<br>Plot No. | VI. dobní razred<br>VI. Age class |       |        | br. plohe<br>Plot No. | VII. dobní razred<br>VII. Age class |       |        |
|-----------------------|---------------------------------|-------|---------|-----------------------|-----------------------------------|-------|--------|-----------------------|-------------------------------------|-------|--------|
|                       | N                               | G     | V       |                       | N                                 | G     | V      |                       | N                                   | G     | V      |
| 10                    | 325.9                           | 30.36 | 420.3   | 26                    | 484.5                             | 39.40 | 605.8  | 41                    | 212.2                               | 29.11 | 455.9  |
| 103                   | 366.7                           | 22.93 | 327.8   | 42                    | 530.5                             | 40.64 | 623.7  | 68                    | 233.4                               | 29.80 | 474.9  |
| 106                   | 483.8                           | 36.75 | 531.9   | 55                    | 290.0                             | 27.59 | 416.4  | 69                    | 198.1                               | 22.78 | 340.7  |
| 107                   | 580.6                           | 37.16 | 547.0   | 63                    | 191.0                             | 32.35 | 510.7  | 98                    | 445.6                               | 32.94 | 517.9  |
| 111                   | 422.7                           | 27.24 | 354.7   | 64                    | 389.1                             | 34.83 | 515.4  | 120                   | 463.3                               | 30.86 | 462.0  |
| 116                   | 443.1                           | 34.04 | 486.9   | 65                    | 417.3                             | 38.79 | 604.5  | 121                   | 505.8                               | 41.78 | 609.4  |
| 118                   | 371.8                           | 35.17 | 536.6   | 66                    | 473.9                             | 35.86 | 545.9  |                       |                                     |       |        |
| 126                   | 601.0                           | 35.39 | 492.9   | 67                    | 505.8                             | 39.08 | 635.5  |                       |                                     |       |        |
| 147                   | 219.0                           | 28.47 | 424.7   | 72                    | 583.6                             | 33.37 | 507.8  |                       |                                     |       |        |
| 148                   | 295.4                           | 27.19 | 346.7   | 73                    | 360.8                             | 31.61 | 482.3  |                       |                                     |       |        |
| 149                   | 183.3                           | 28.20 | 394.5   | 74                    | 452.7                             | 33.79 | 527.0  |                       |                                     |       |        |
| 152                   | 341.2                           | 18.00 | 213.3   | 75                    | 233.4                             | 31.75 | 493.4  |                       |                                     |       |        |
| 153                   | 336.1                           | 40.71 | 564.0   | 79                    | 321.9                             | 38.27 | 586.8  |                       |                                     |       |        |
| 159                   | 178.3                           | 22.62 | 336.5   | 89                    | 516.4                             | 33.63 | 479.7  |                       |                                     |       |        |
| 166                   | 219.0                           | 30.74 | 482.5   | 93                    | 350.1                             | 38.91 | 615.4  |                       |                                     |       |        |
| 168                   | 122.2                           | 15.81 | 240.0   | 94                    | 488.1                             | 35.68 | 580.9  |                       |                                     |       |        |
| 169                   | 361.6                           | 26.06 | 357.5   | 95                    | 562.4                             | 32.57 | 498.7  |                       |                                     |       |        |
| 38                    | 443.1                           | 33.55 | 509.7   | 96                    | 587.1                             | 36.06 | 566.3  |                       |                                     |       |        |
| 43                    | 519.5                           | 37.26 | 586.5   | 97                    | 597.7                             | 36.68 | 575.6  |                       |                                     |       |        |
| 44                    | 504.2                           | 35.07 | 521.0   | 99                    | 569.4                             | 32.59 | 507.2  |                       |                                     |       |        |
| 45                    | 494.0                           | 37.73 | 589.2   | 100                   | 53.1                              | 11.61 | 202.1  |                       |                                     |       |        |
| 46                    | 351.4                           | 36.84 | 582.6   | 101                   | 519.9                             | 37.77 | 601.9  |                       |                                     |       |        |
| 47                    | 407.4                           | 36.01 | 575.2   | 102                   | 406.7                             | 34.10 | 545.7  |                       |                                     |       |        |
| 48                    | 641.7                           | 34.88 | 524.4   | 104                   | 534.1                             | 37.67 | 573.5  |                       |                                     |       |        |
| 5                     | 382.0                           | 35.35 | 519.8   | 105                   | 343.1                             | 27.67 | 440.0  |                       |                                     |       |        |
| 52                    | 519.5                           | 36.22 | 506.2   | 117                   | 406.7                             | 32.40 | 474.1  |                       |                                     |       |        |
| 57                    | 432.9                           | 27.67 | 364.5   | 119                   | 396.1                             | 34.82 | 564.1  |                       |                                     |       |        |
| 59                    | 555.1                           | 36.54 | 517.3   | 123                   | 445.6                             | 32.93 | 489.4  |                       |                                     |       |        |
| 6                     | 239.4                           | 28.97 | 445.1   | 146                   | 459.8                             | 40.84 | 619.3  |                       |                                     |       |        |
| 61                    | 677.4                           | 45.52 | 696.7   | 160                   | 488.1                             | 31.47 | 455.8  |                       |                                     |       |        |
| 62                    | 575.5                           | 40.86 | 630.6   |                       |                                   |       |        |                       |                                     |       |        |
| 7                     | 443.1                           | 34.42 | 484.0   |                       |                                   |       |        |                       |                                     |       |        |
| 77                    | 351.4                           | 30.94 | 500.3   |                       |                                   |       |        |                       |                                     |       |        |
| 78                    | 606.1                           | 36.67 | 562.5   |                       |                                   |       |        |                       |                                     |       |        |
| 82                    | 387.1                           | 47.13 | 737.1   |                       |                                   |       |        |                       |                                     |       |        |
| 83                    | 728.3                           | 30.35 | 403.2   |                       |                                   |       |        |                       |                                     |       |        |
| 84                    | 590.8                           | 34.05 | 456.3   |                       |                                   |       |        |                       |                                     |       |        |
| 85                    | 249.6                           | 34.12 | 560.0   |                       |                                   |       |        |                       |                                     |       |        |
| 90                    | 585.7                           | 39.40 | 543.8   |                       |                                   |       |        |                       |                                     |       |        |
| 91                    | 382.0                           | 35.89 | 519.2   |                       |                                   |       |        |                       |                                     |       |        |
| 92                    | 580.6                           | 29.92 | 406.2   |                       |                                   |       |        |                       |                                     |       |        |
| Average               | 426.8                           | 32.98 | 482.9   | Average               | 432.0                             | 34.16 | 528.2  | Average               | 343.1                               | 31.21 | 476.8  |
| Stdev                 | 147.486                         | 6.432 | 110.081 | Stdev                 | 126.041                           | 5.470 | 85.475 | Stdev                 | 142.565                             | 6.200 | 87.680 |
| SE                    | 23.033                          | 1.004 | 17.192  | SE                    | 23.012                            | 0.999 | 15.605 | SE                    | 58.202                              | 2.531 | 35.795 |
| CV                    | 34.6                            | 19.5  | 22.8    | CV                    | 29.2                              | 16.01 | 16.2   | CV                    | 41.6                                | 19.9  | 18.4   |
| SP                    | 5.4                             | 3.0   | 3.6     | SP                    | 5.3                               | 2.9   | 3.0    | SP                    | 17.0                                | 8.1   | 7.5    |

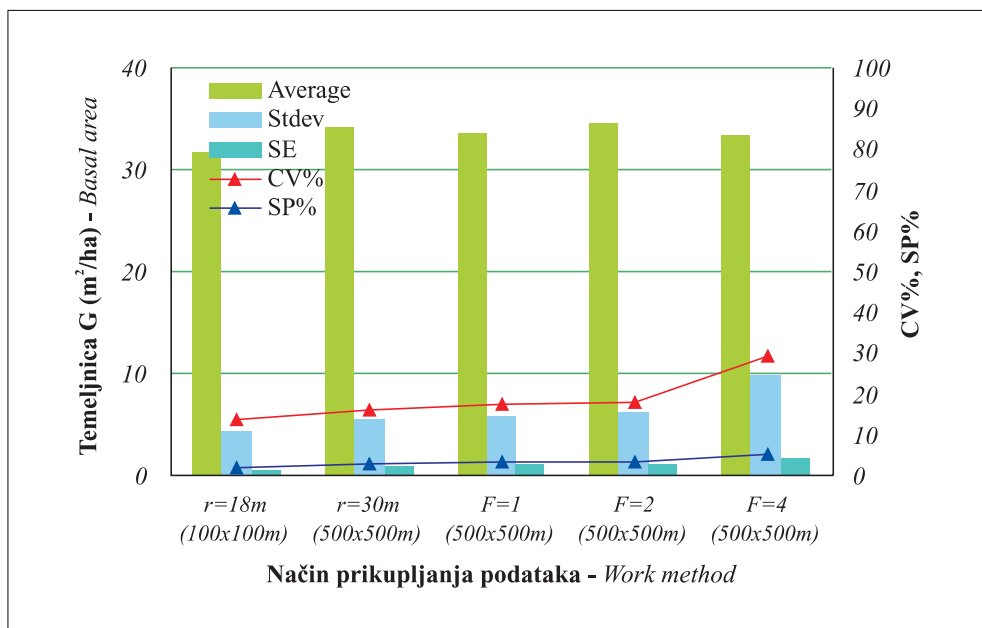
Tablica 5. Strukturni i biometrijski parametri za različite provedene metode prikupljanja podataka  
*Table 5 Structural and biometrical parameters for different ways of collecting data*

| Dob. raz.<br>Age class | Način rada<br>Work method | polumjer /faktor<br>Radial/BA factor | Broj stabala - N (kom/ha)<br>Number of trees |         |        | Temeljnica - G (m <sup>2</sup> /ha)<br>Basal area |       |         | Volumen - V (m <sup>3</sup> /ha)<br>Volume |       |       |       |        |         |         |        |      |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--|---------|--------|---|-------|---------|--|-------|-------|-------|--------|---------|---------|--------|------|
|                        |                           |                                      | Average                                      | Stdev   | SE     | CV  | SP    | Average | Stdev                                      | SE    | CV    | SP    |        |         |         |        |      |
| V                      | Mreža 100x100m            | <b>r = 12,62 i<br/>18m</b>           | 362.6  | 86.351  | 11.437 | 23.8  | 3.2   | 29.95   | 3.513                                      | 0.465 | 11.7  | 11.7  | 426.0  | 57.984  | 7.680   | 13.6   | 1.8  |
|                        |                           |                                      | 426.8  | 147.486 | 23.033 | 34.6  | 5.4   | 32.98   | 6.432                                      | 1.004 | 1.004 | 19.5  | 3.0    | 483.0   | 109.998 | 17.179 | 22.8 |
|                        | PPS                       | <b>F=1</b>                           | 482.0  | 238.482 | 37.245 | 49.5  | 7.7   | 32.24   | 6.200                                      | 0.968 | 19.2  | 3.0   | 465.8  | 100.135 | 15.638  | 21.5   | 3.4  |
|                        |                           |                                      | 496.3  | 246.090 | 38.433 | 49.6  | 7.7   | 33.90   | 8.037                                      | 1.255 | 1.255 | 23.7  | 3.7    | 493.0   | 132.071 | 20.626 | 26.8 |
| VI                     | Mreža 100x100m            | <b>r = 18m</b>                       | 517.1  | 365.643 | 57.104 | 70.7  | 11.0  | 35.02   | 9.456                                      | 1.477 | 27.0  | 4.2   | 503.9  | 142.557 | 22.264  | 28.3   | 4.4  |
|                        |                           |                                      | 409.9  | 102.845 | 14.401 | 25.1  | 3.5   | 31.63   | 4.328                                      | 0.606 | 0.606 | 13.7  | 1.9    | 471.2   | 67.086  | 9.394  | 14.2 |
|                        | PPS                       | <b>r = 30m</b>                       | 432.0  | 126.041 | 23.012 | 29.2  | 5.3   | 34.16   | 5.470                                      | 0.999 | 16.0  | 2.9   | 528.2  | 85.475  | 15.605  | 16.2   | 3.0  |
|                        |                           |                                      | 425.5  | 185.729 | 33.909 | 43.7  | 8.0   | 33.57   | 5.911                                      | 1.079 | 1.079 | 17.6  | 3.2    | 517.8   | 87.426  | 15.962 | 16.9 |
| VII                    | Mreža 100x100m            | <b>r = 18m</b>                       | 415.4  | 181.712 | 33.176 | 43.7  | 8.0   | 34.47   | 6.252                                      | 1.141 | 18.1  | 3.3   | 512.4  | 136.023 | 24.834  | 26.5   | 4.8  |
|                        |                           |                                      | 441.6  | 287.465 | 52.484 | 65.1  | 11.9  | 33.33   | 9.817                                      | 1.792 | 1.792 | 29.5  | 5.4    | 504.7   | 144.474 | 26.377 | 28.6 |
|                        | PPS                       | <b>r = 30m</b>                       | 337.2  | 170.844 | 76.404 | 50.7  | 22.7  | 30.83   | 5.162                                      | 2.309 | 16.7  | 7.5   | 470.4  | 75.194  | 33.628  | 16.0   | 7.1  |
|                        |                           |                                      | 343.1  | 142.565 | 58.202 | 41.6  | 17.0  | 31.21   | 6.200                                      | 2.531 | 2.531 | 19.9  | 8.1    | 476.8   | 87.680  | 35.795 | 18.4 |
| PPS                    | <b>F=1</b>                | 256.7                                | 133.413                                      | 54.465  | 52.0   | 21.2  | 27.50 | 4.506   | 1.839                                      | 16.4  | 6.7   | 430.9 | 79.394 | 32.412  | 18.4    | 7.5    |      |
|                        |                           | 286.2                                | 147.330                                      | 60.147  | 51.5   | 21.0  | 29.00 | 8.741   | 3.568                                      | 3.568 | 30.1  | 12.3  | 455.5  | 155.428 | 63.453  | 34.1   | 13.9 |
|                        |                           | <b>F=4</b>                           | 167.8  | 115.534 | 47.167 | 68.9  | 28.1  | 27.33   | 9.606                                      | 3.921 | 35.1  | 14.3  | 452.0  | 159.873 | 65.268  | 35.4   | 14.4 |

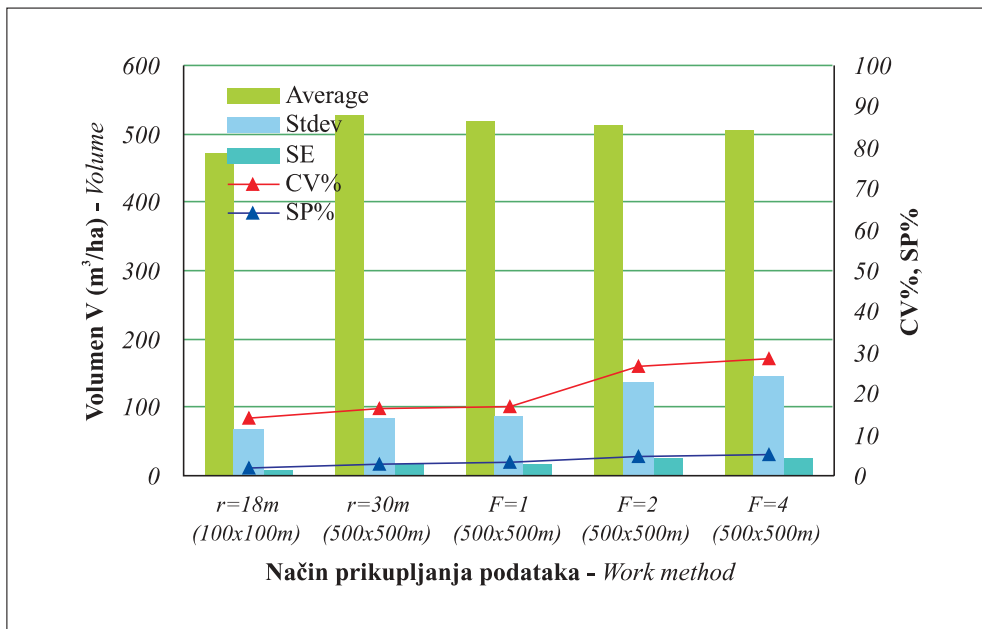




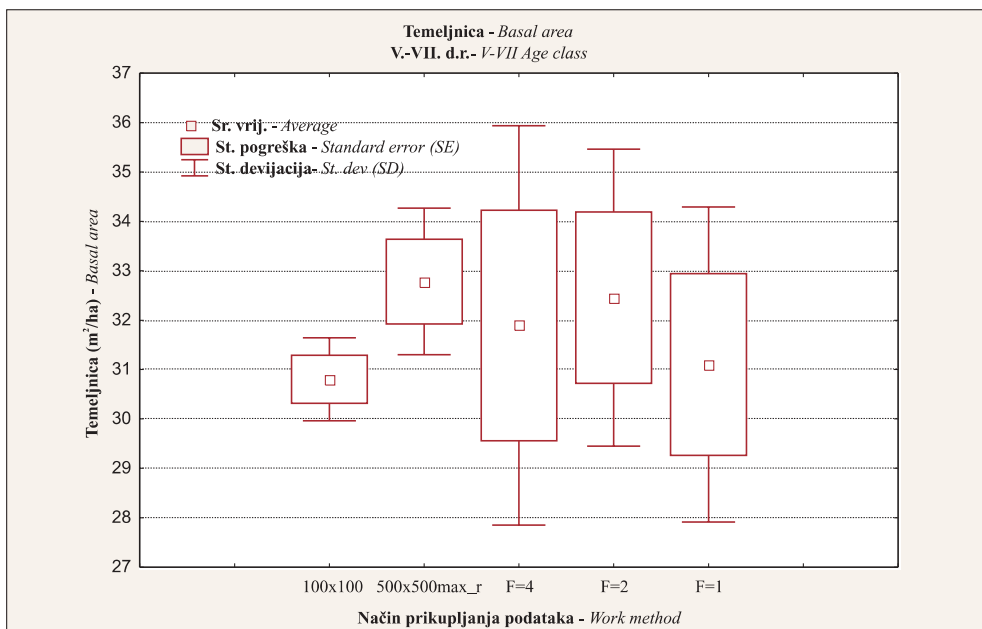
Grafikon 1. Broj stabala (N) u šestom dobnom razredu i statistički parametri  
 Graph 1 Number of trees (N) in the sixth age class and statistical parameters



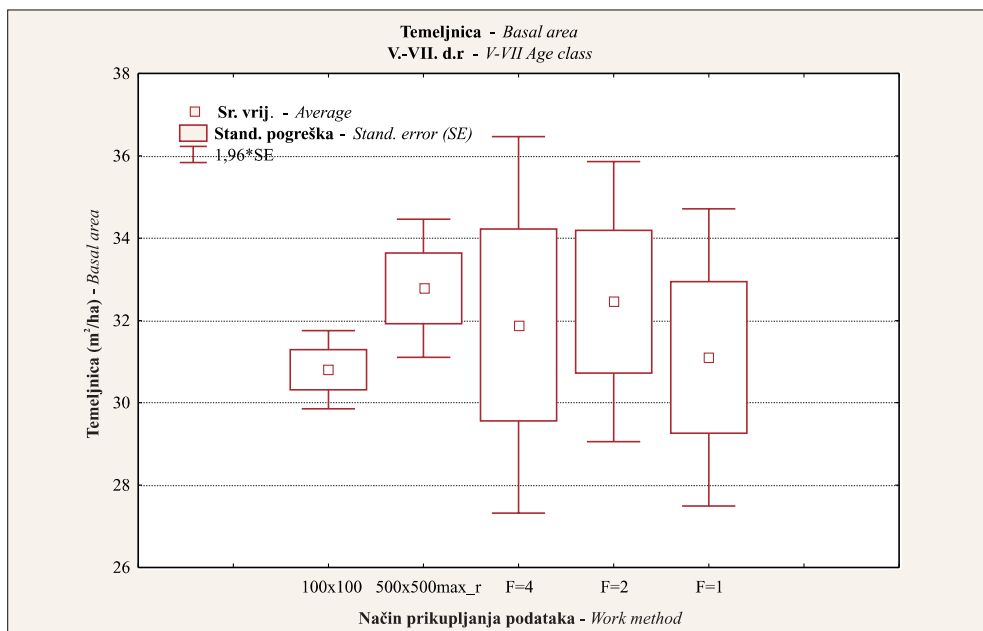
Grafikon 2. Temeljnica (G) u šestom dobnom razredu i statistički parametri  
 Graph 2 Basal area (G) in the sixth age class and statistical parameters



Grafikon 3. Volumen (V) u šestom dobnom razredu i statistički parametri  
 Graph 3 Volume (V) in the sixth age class and statistical parameters



Grafikon 4. Varijabilnost temeljnica prema provedenim metodama izmjere - st. devijacija i st. pogreška  
 Graph 4 Variability of basal area according to the performed measuring methods – st. deviation and st. error



Grafikon 5. Varijabilnost i intervalna procjena temeljnica prema provedenim metodama izmjere  
Graph 5 Variability and interval estimate of basal area according to the performed measuring methods

U VI. dobnom razredu, za sva tri strukturalna elementa, najmanju pogrešku ima metoda kružnih ploha u mreži 100x100m, potom metoda ploha u mreži 500x500m, a od triju primijenjenih faktora temeljnica kod PPS metode, najveću preciznost ima ona s faktorom 1, potom s faktorom 2, dok rezultati primjene faktora 4 pokazuju najveću standardnu pogrešku i koeficijent varijacije.

Za procjenu broja stabala i temeljnica u VII. dobnom razredu, najniže vrijednosti standardne pogreške pokazuje PPS metoda s faktorom 1, a najviše vrijednosti ista metoda s faktorom 4. Za procjenu volumena, najveću preciznost ima metoda kružnih ploha u mreži 100x100m.

Na Grafikonima 5. i 6. vidi se kako je varijabilnost temeljnica između pojedinih dobnih razreda najmanja kod metode primjernih krugova na mreži 100x100m, a najveća kod primjene faktora 4.

Na osnovi veličina strukturalnih elemenata ( $N$ ,  $G$ ,  $V$ ) i biometrijskih parametara (standardna devijacija, standardna pogreška, koeficijent varijacije i preciznost), može se uočiti koja od primijenjenih metoda ima prihvatljivije vrijednosti.

## RASPRAVA DISCUSSION

Problematiku pravilnog izbora metode prikupljanja podataka u inventuri šuma, treba promatrati s više aspekata. Zaključci se ne mogu donijeti samo na te-

melju rezultata obrade podataka, već i prema karakteristikama terenskog rada. Intenzitet izmjere direktno utječe na troškove. Veći intenzitet nosi veću točnost, ali i veće troškove. Konačni odabir metode uvijek je kompromis između točnosti i troškova.

Budući da je izmjera na primjernim krugovima u mreži 100x100m poslužila kao referentna metoda koja koristi standardne alate, instrumente i procedure, slijedi rasprava o izmjeri na ploham i stajalištima u mreži 500x500m.

### **Terenski radovi prikupljanja podataka te obrada podataka**

*Field work collecting data and data analysis*

Pri terenskim radovima analizirana je podnesnost pojedinih instrumenata i prihvatljivost primijenjenih metoda izmjere. Kao rezultat višemjesečnog rada na izmjeri, može se navesti nekoliko zapažanja.

Pri izmjeri stabala obuhvaćenih uzorkom promjenljive vjerojatnosti selekcije, ali i kod drugih metoda gdje god se trebala mjeriti udaljenost od središta plohe do stabla, utrošeno je znatno više vremena ako je tlo bilo izrazito obraslo grmljem i korovom. Stoga se preporuča upotreba ultrazvučnog daljinomjera umjesto mjerne vrpce. Primjenom laserskog daljinomjera ne postiže se željeni učinak.

Za izmjeru visina korišten je Suunto visinomjer. Bez obzira na sve njegove prednosti (brzina, zadovoljavajuća točnost), uporaba visinomjera s ultrazvučnim daljinomjerom tipa Vertex II (pokusno isproban) značajno smanjuje utrošak vremena određivanja udaljenosti, što se odražava na ukupni učinak.

Plohe smještene na rubu ili blizu ruba sastojine u našim je šumama prihvatljivije pomaknuti u sastojinu nego vršiti tzv. preslikavanje koje je detaljno opisano u literaturi (SCHMID-HAAS 1969). Razlog tomu je što se uz rub i na rubu sastojine uglavnom nalazi veći broj stabala po jedinici površine koji se preslikavanjem unaza, što utječe na kvalitetu podataka o strukturnim elementima.

Klasična metoda vođenja evidencije snimljenih podataka trebala bi se napustiti iz razloga nepovoljnih karakteristika papira kao medija (osjetljivost na meteorološke uvjete) te velike mogućnosti slučajnih pogrešaka. Preporuča se upotreba vodonepropusnih terenskih računala s formatiranim poljima za unos podataka, kako bi se smanjila mogućnost slučajnih pogrešaka.

Ako se u sustavnom praćenju razvoja sastojina želi primijeniti kontrolna metoda, bitno je znati točan položaj središta plohe koji se može opetovano naći radi sljedeće izmjere. Umjesto uporabe busole i mjerne vrpce, treba koristiti GPS (*Global Positioning System*) uređaj (probno korišten). U budućim se istraživanjima treba razraditi način „prediskolčavanja ploha” jer postoji problem točnosti GPS uređaja radi povremene nedostupnosti satelita.

Upotrebom terenskog računala umjesto papirnatih obrazaca došlo bi do velike uštede vremena i točnosti pri obradi podataka. Automatizirani prijenos podataka s terenskog na stolno računalo na minimum bi smanjio pogreške koje nastanu pri unosu podataka s papira na računalo.

Glede učinkovitije i kvalitetnije obrade podataka, nužno je imati specifičnu računalnu aplikaciju koja će kroz relacijsku bazu podataka vršiti prihvat i obradu podataka te prezentiranje rezultata.

Uporaba suvremenih metoda u analizi rezultata iskoristit će u najvećoj mjeri sve prikupljene podatke i učiniti ih nužnim u donošenju odluka kod gospodarenja i upravljanja šumskim ekosustavima.

### **Opisna (deskriptivna) analiza podataka**

#### *Descriptive analysis of data*

Rezultati pokazuju kako postoji varijabilnost između taksacijskih parametara unutar i između dobnih razreda te varijabilnost između metoda izmjere. Kada se promatra varijabilnost unutar dobnih razreda, ona je za referentnu metodu najniža u V. dobnom razredu i to za sva tri taksacijska parametra. U odnosu prema ostalim metodama, izmjera na mreži 100x100m također pokazuje najnižu varijabilnost unutar dobnog razreda.

Ako se za granicu preciznosti (standardnu pogrešku u postotku) uzme da iznosi 5%, iz rezultata je vidljivo kako u petom dobnom razredu sve metode daju zadovoljavajuću procjenu temeljnice i volumena. Kod broja stabala, unutar granica preciznosti jedino je referentna metoda. Kod VI. dobnog razreda može se uočiti isto, osim za procjenu temeljnice i volumena PPS metodom – faktor 4, gdje preciznost prelazi zadovoljavajuću granicu. Sedmi dobni razred za sva tri procjenjivana taksacijska parametra, a naročito za broj stabala te sve metode izmjere, pokazuje manju preciznost od zadovoljavajuće. To se može objasniti velikom heterogenošću sastojina koje se nalaze u VII. dobnom razredu jer je u toj starosti na pojedinim lokalitetima prisutan problem sušenja hrasta lužnjaka. Nadalje, ovaj je dobni razred u uzorku bio zastupljen sa samo šest kružnih ploha na mreži 500x500m, te bi u daljnim istraživanjima trebalo povećati uzorak za dobivanje čvrstih zaključaka. Činjenica kako je preciznost kod procjene broja stabala znatnije manja nego kod temeljnice i volumena očekivana je i nije neobična. S obzirom da se radi o prirodnim mješovitim sastojinama s više ili manje razvijenom podstojnom etažom, na ukupni broj stabala znatno utječe broj stabala iz tog dijela sastojine. Temeljnica i volumen su u tom smislu znatno postojaniji strukturni elementi. Preciznost procjene broja stabala ne treba biti važan element kod odluke o odabiru metode izmjere šuma.

Iz rezultata se metoda kružnih ploha u mreži 100x100m nameće kao ukupno najprihvatljivija. To je, s obzirom na relativno visok intenzitet izmjere (8,131%), bilo i očekivano. Međutim, kako je cilj odabrati metodu koja će s minimalnim troškovima polučiti jednako prihvatljive rezultate, to se ova metoda treba promatrati samo kao referentna, a one s nižim intenzitetima kao potencijalne za primjenu kontrolne metode. Niži intenziteti ovdje se mogu postići povećanjem udaljenosti među sjecištima mreže kvadrata, smanjenjem polumjera plohe ili primjenom PPS metode, odnosno nekog od faktora.

Od ispitanih se potencijalnih metoda stoga može preporučiti ona kružnih ploha u mreži 500x500m jer daje prihvatljivije vrijednosti standardne pogreške, koeficijenta varijacije te preciznosti od PPS metode za sva tri ispitana faktora. Dosađajna domaća istraživanja primjene PPS metode u izmjeri sastojina pokazala su kako se i ona može provoditi, ali uz određene uvjete (LUKIĆ 1984)

Bitno je naglasiti da svaka postavljena ploha, za potpunu mogućnost eventualne primjene kontrolne metode, mora biti trajnog karaktera, s trajno obilježenim središtem plohe i snimljenim prostornim položajem svakog stabla.

Uz buduća istraživanja ove problematike koja bi uključivala i analize troškova, očekuje se dobiti smjernice o metodologiji sustavnog praćenja stanja i razvoja sastojina na trajnim jedinicama uzorka.

## ZAKLJUČCI

### CONCLUSIONS

Primjena standardnih alata i instrumenata pokazala je manju efikasnost u radu od probno korištenih instrumenata novije generacije (GPS uređaj, ultrazvučni visinomjer i daljinomjer).

U usporedbi s referentnom metodom, u petom dobnom razredu najprihvatljiviju varijabilnost i preciznost ima metoda trajnih ploha u mreži 500x500m, s napomenom kako kod temeljnica i broja stabala, PPS metoda s faktorom 1 također pokazuje prihvatljive rezultate.

Najniže vrijednosti statističkih parametara, a time i najveću prihvatljivost osim referentne metode, u šestom dobnom razredu ima metoda izmjere koju čine kružne plohe u mreži 500x500m.

Rezultati u sedmom dobnom razredu ne daju dovoljno informacija za donošenje čvrstih zaključaka.

Najviše vrijednosti statističkih parametara, u najvećem broju varijanti, imaju rezultati kod primjene metode PPS uzoraka, faktor 2 i 4, te ona stoga nije preporučljiva u prisutnim sastojinskim uvjetima.

Broj stabala, temeljnica i volumen u petom i šestom dobnom razredu kod referentne metode imaju niže vrijednosti nego kod ostalih metoda.

Istraživanja ove problematike treba proširiti i na ostale aspekte podesnosti pojedine metode (troškovi, vrijeme, složenost...).

## LITERATURA

### REFERENCES

BAUER, A., 2001: Möglichkeiten zur Extensivierung der Forsteinrichtung im Hochgebirge durch Einsatz moderner Techniken der Luftbilddauswertung. Forstliche Forschungsberichte München, 182/2001, München.

DVORAK, L., 2000: Kontrollstichproben im Plenterwald. Diss. ETH Nr. 13799, Zürich.

- GALIĆ, Ž., 2002: Pouzdanost procjene strukturnih elemenata izmjere šuma primjenom kombiniranih metoda. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 71 pp., Zagreb.
- HUSCH, B., I.C. MILLER, i T.W. BEERS, 1972: Forest mensuration. 410 pp. New York.
- INDIR, K., 2004. Optimalni načini prikupljanja i obrade podataka kontrolnom metodom u inventuri šuma. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 118 pp., Zagreb
- KNUCHEL, H., 1949: Planung und Kontrolle im Forstbetrieb.
- LANZ, A., 2000: Optimal Sample Design for Extensive Forest Inventories. Dissertation, Diss. ETH No. 13843, Zürich.
- LUKIĆ, N., 1984: Izmjera jednodobnih sastojina primjenom uzoraka promjenljive vjerojatnosti selekcije. Glas. šum. pokuse 22: 333-367, Zagreb.
- LUKIĆ, N., 1993: Inventarizacija šuma u sklopu višenamjenskog iskorištavanja šuma. Glas. šum. pokuse posebno izdanje 4: 133-138, Zagreb.
- KLEPAC, D., 1965: Uređivanje šuma. NZ Znanje, Zagreb, 341 pp.
- MATERN, B., 1969: Wie gross ist die Relaskop-Fläche? Allgemeine Forstzeitung 80 (2): 21-27.
- PLAVŠIĆ, M., D. KLEPAC, 1959: Utvrđivanje prirasta po kontrolnoj metodi na pokusnim plohamu gospodarske jedinice "Posavske šume" u šumariji Lipovljani. Šum. list 83 (8-9): 257-270, Zagreb.
- PRANJIĆ, A., 1987: Pouzdanost rezultata izmjere šuma. Glas. šum. pokuse posebno izdanje 3: 161-176, Zagreb.
- PRANJIĆ, A., 1993: Kontrola podataka inventure šuma. Glas. šum. pokuse, posebno izdanje 4: 121-132, Zagreb.
- PRANJIĆ, A., N. LUKIĆ, 1997: Izmjera šuma. Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, 410 pp., Zagreb.
- REIMEIER, S., 2001: Analyse der Zuwachsweränderungen von Waldbeständen und Möglichkeiten der Prognose aus Daten permanenter Stichprobeninventuren. Disertation, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München.
- SCHMID-HAAS, P., 1969.: Stichproben am Waldrand. Mitt. Schweiz. Anst. Forst. Versuchswes., 45(3): 234-303
- SCHMID-HAAS, P., J. WERNER, E. BAUMANN, 1978: Kontrollstichproben: Aufnahmeinstruktion. Eidg. Anstalt für das forstl. Versuchswesen, Berichte Nr. 186, p. 1-57.
- SCHMID-HAAS, P., 1980.: Wie kan die Effizienz der Waldinventur verbessert werden? Eidg. Anstalt für das forstl. Versuchswesen, Berichte Nr. 211, p. 23-34.
- SCHMID-HAAS, P., 1983: Swiss continuous forest inventory - twenty years' experience. Renewable Resource Inventories for Monitoring Changes and Trends, p. 133-140, Corvallis.