

PRIMJENA HOHENADLOVE METODE ZA KONTROLU OBRAČUNA VOLUMENA SASTOJINE I PROVJERU TARIFNOG NIZA

THE APPLICATION HOHENADEL CONTROL METHOD FOR ACCOUNT VOLUME AND PROVISIONAL VOLUME TARIFF OF FOREST ASSOCIATION

Juraj ZELIĆ*

SAŽETAK: Za kontrolu volumena sastojine, koja je utvrđena nekom od uobičajenih metoda (primjerne površine, totalna klupaža) moguće je primijeniti metodu Hohenadla.

Pri obračunu volumena sastojine po navedenoj metodi kao modelna stabla, predstavnici sastojine, služe donje i gornje sastojinsko stablo s prsnim promjerima izračunatih iz aritmetičke sredine prsnih promjera stabala sastojine umanjanih, odnosno uvećanih za iznos standardne devijacije svih prsnih promjera stabala sastojine.

U članku su za objektivnije saznanje o predstavnicima stabala korištena konkretna i normalna raspodjela prsnih promjera stabala u sastojini, beta – distribucija.

Za kontrolu tarifnog niza (drvnogromadne linije) za hrast kitnjak u konkretnoj sastojini su uz stabla predstavnika, korištene izjednačene visine i pripadajući oblični brojevi po debljinskim stupnjevima.

Hohenadlova metoda bazira se na pretpostavci da se drvnogromadna linija (tarifni niz) može izjednačiti parabolom drugog stupnja.

Usporedbom volumena sastojine za hrast kitnjak i tarifnog niza za hrast kitnjak po prethodnoj metodi i metodi Hohenadla, izračunata je razlika i relativna pogreška volumena sastojine.

Ključne riječi: hrast kitnjak, Hohenadlova metoda, donje i gornje sastojinsko stablo, konkretna i teoretska distribucija stabala, volumen sastojine, visina, oblični broj, tarifni niz.

UVOD – Introduction

Prilikom operativnog provođenja propisa Osnove gospodarenja pojavljuju se slučajevi nedozvoljenih razlika u drvnj zalihi sastojina predviđenih za dovršnu sječu, zaduženih u Osnovi gospodarenja, u odnosu na izmjeru volumena sastojine za dovršni sijek.

Osim razlike u volumenu sastojine, koja indicira na pogrešnu evidenciju broja stabala u sastojini po hektaru površine, sumnja se da je pogrešno odabrana drvnogromadna linija (tarifni niz) zbog neadekvatne primjene visinske krivulje, kao reprezentanta niza sličnih sastojina, na konkretnu sastojinu.

U praksi se nedozvoljena razlika volumena sastojine posebno potencira, ako je ona znatno niža prilikom doznake za dovršnu sječu od zaduženja u Osnovi gospodarenja.

Državna šumarska inspekcija nerijetko proziva šumarsku operativu da je drvnu masu sastojine prethodno netransparentno iskoristila ili čak otuđila, te je bilanca stanja u gospodarenju sastojinom nedozvoljeno pogrešna.

Kao primjer mogućeg rješenja konkretnog slučaja kontrole volumena sastojine i primijenjenog tarifnog niza navodi se sastojina hrasta kitnjaka i bukve, odjel 56a, g. j. "Južni Dilj", u kojem je prilikom doznake stabala za

* Mr. sc. Juraj Zelić, dipl. ing. šum., Uprava šuma Požege
Milke Trnine 2, 34 000 Požege

dovršnu sječu totalnom klupažom izmjeren manji volumen sastojine za 4562 m³ (25,79 %) na površini 43,03 ha u odnosu na zaduženje Osnovom gospodarenja, u količini od 17030 m³. Još veća razlika bila je za hrast kitnjak, koji je zadužen u istom odsjeku s 15857 m³, a doznakom je uz primjenu istog tarifnog niza izmjereno 9530 m³, odnosno 6327 m³ (39,90 %) manje.

METODA RADA – The research method

Metoda Hohenadla svodi se na to da se na temelju distribucije prsnih promjera stabala određene vrste drveta u sastojini utvrdi aritmetička sredina prsnog promjera sastojine. Također se biometrijskom obradom podataka izračuna standardna devijacija aritmetičke sredine, na niže (donje primjerno stablo, d_-) i na više (gornje primjerno stablo, d_+).

Na temelju dobivenih rezultata biraju se u sastojini za određenu vrstu drveta (npr. za hrast kitnjak u odjelu 56a dva stabla), izvrši sječa i izrada i sekcioniranje stabala za utvrđivanje volumena stabala do 7 cm debljine. Sekcionirana je oblovina s dužinama sekcija 2 m i prostorno drvo sa sekcijama 1 m dužine. Volumen je izračunat po Huberovoj formuli.

Prilikom izračunavanja prsnih promjera predstavnika, tj. donjeg i gornjeg primjernog stabla, izjednačenih visina primjernih stabala i cijele sastojine, standardne devijacije prsnih promjera i volumena srednjeg sastojinskog stabla, došli smo do zaključka da se isti podaci mogu upotrijebiti za procjenu nekih drugih veličina koji su relevantni za šumarsku operativu.

U svrhu provjere ispravnosti primijenjenog tarifnog niza za hrast kitnjak u konkretnoj sastojini snimljene su i izjednačene visine po debljinskim stupnjevima, te su za predstavnike stabala (donje, gornje i aritmetički srednje volumno stablo) sastojine putem sekcioniranja izračunati oblični brojevi. Pomoću vrijednosti triju obličnih brojeva predstavnika stabala moguće je zaključiti o trendu kretanja vrijednosti obličnih brojeva, te odabrati prikladnu funkciju za izjednačenje po debljinskim stupnjevima.

Na temelju uvida u trend obličnih brojeva i pomoću aplikacijskog programa STATISTICA 6.0 dobivena je logaritamska funkcija pomoću koje su izračunati oblični brojevi u ostalim debljinskim stupnjevima. Na temelju izjednačenih visina sastojine i izjednačenih obličnih brojeva izračunat je novi tarifni niz kojim se uspoređuje u Osnovi gospodarenja upotrijebljeni lokalni tarifni niz (15) za obračun volumena sastojine.

Uvidom u distribuciju prsnih promjera hrasta kitnjaka konkretne sastojine i izjednačene distribucije (beta – distribucije) te izračunavanjem koeficijenta asimetrije i koeficijenta spljoštenosti, moguće je uz usporedbu s normalnom distribucijom iste starosti zaključiti o razini stručnog gospodarenja sastojinom u prošlosti.

Nakon što je prilikom izrade revizije Osnove gospodarenja i izmjere konkretnog volumena sastojine učinjena gruba pogreška previdom, pristupilo se kontroli valjanosti obračuna volumena sastojine doznačne totalnom klupažom za dovršni sijek.

Za kontrolu je odabrana Hohenadlova metoda obračuna volumena sastojine.

Aktualno je da se u šumarskoj operativi verificiraju sortimentne tablice s svrhom objektivnog planiranja odjela drvnih sortimenata u volumenu sastojine. Konkretna i izjednačena (beta – distribucija) može dati bolji uvid za odabir u praksi određenog stratifikacijskog uzorka od 20 stabala. Beta – distribucija pokazuje relativni odnos gomilanja broja stabala do donjeg primjernog stabla, između srednjeg i gornjeg primjernog stabla, te iznad gornjeg primjernog stabla. Uzorak od 20 stabala valjalo bi rasporediti srazmjerno relativnom udjelu navedenih raspona debljinskih stupnjeva ili relativnom udjelu pripadajućih volumena. Pomoću triju primjernih stabala, kao minimalnog uzorka, izračunata je aproksimativno struktura drvnih sortimenata hrasta kitnjaka u konkretnoj sastojini.

Za biometrijsku obradu podatka korišteni su sljedeći postupci i funkcije:

- Za određivanje srednje vrijednosti izmjerenih prsnih promjera upotrijebljena je aritmetička sredina po formuli: $d_a = \sum n_i d_i / \sum n_i$
- Za izračunavanje varijance primijenjen je postupak, $\sigma^2 = \sum ((n_i d_i)^2 / \sum n_i - (\sum (n_i d_i) / \sum n_i)^2$
- Visine sastojine izjednačene su funkcijom Mihajlova, $h = (b_0 * e^{-h} I^{-d}) + 1,30$
- Za izjednačenje distribucije prsnih promjera sastojine upotrijebljena je beta – distribucija, $f(x) = konst (d - a)^u * (b - d)^v$, a za koeficijent asimetrije, $\beta_1 = m_3 / \sigma^3$, te za koeficijent spljoštenosti, $\beta_2 = m_4 / \sigma^4 - 3$
- Volumen stabla određen je po formuli, $v = (d^3 * \pi / 4) * h * f$,
- Oblični broj po formuli, $f = v / (g * h)$, a izjednačeni oblični brojevi funkcijom, $f_c = a + b * \log d$,
- Hohenadlova metoda bazira se na činjenici da se drvnogromadna linija (tarifni niz) može izjednačiti parabolom drugog reda, $v = b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2$.
- Volumen srednjeg sastojinskog stabla (\bar{v}) izračuna se iz volumena donjeg (v_-) i gornjeg (v_+) primjernog stabla, $\bar{v} = (v_- + v_+) / 2$

REZULTATI MJERENJA – The results of measurement Donje i gornje sastojinsko stablo (d_- i d_+)

Za konkretnu sastojinu g. j. "Južni Dilj", odjel 56a i hrast kitnjak, izračunato je prema distribuciji prsnih promjera stabala srednje sastojinsko stablo, odnosno aritmetička sredina prsnog promjera 41,56 cm. Također je izračunata standardna devijacija u vrijednosti 8,20 cm, te je određeno da donje sastojinsko stablo (po metodi Hohenadla) ima 33,36 cm, a gornje sastojinsko primjerno stablo 49,76 cm.

Da bi se metodom Hohenadlovih predstavnika izračunao volumen cijele sastojine, valjalo bi prema izračunatim prsnim promjerima donjeg i gornjeg stabla s

prilagođenim izjednačenim visinama, oboriti nekoliko stabala u sastojini, izvršiti sekcioniranje i izračunati volumen svih donjih i gornjih stabla. Iz dobivenih veličina izračuna se volumen srednjeg stabla, koji pomnožen s brojem svih stabala sastojine daje ukupni volumen određene vrste drveta sastojine.

Budući se u konkretnom slučaju obavlja samo kontrola volumena sastojine, jer je poznati volumen sastojine obračunat totalnom klupažom, oborena su i sekcionirana samo dva stabla predstavnika (donje i gornje sastojinsko stablo).

Tablica 1. Sekcioniranje donjeg i gornjeg volumnog stabla po Hohenadlu
Table 1 Sectioning inferior and superior volume trees by Hohenadel

stablo 1 (donje stablo po Hohenadlu)
 $d = 33,16$ cm, $h = 22,2$ m

d	n (m)	m ³
8	3	0.0151
9	3	0.0191
10	3	0.0236
11	2	0.0190
12	1	0.0113
13	1	0.0133
14	1	0.0154
15	2	0.0353
16	1	0.0201
17	1	0.0227
18	2	0.0509
19	1	0.0283
25	1	0.0491
	ogrijev	0.3230

25	2	0.0981
26	2	0.1061
30	2	0.1413
24	2	0.0904
33	2	0.1710
	trupci	0.6070

ukupno 0.9300

stablo 2 (aritmetički srednje
kubno stablo)
 $d = 41,36$ cm, $h = 23,5$ m

d	n (m)	m ³
7	2	0.0077
8	6	0.0301
9	1	0.0064
10	3	0.0236
11	1	0.0095
12	1	0.0113
13	1	0.0133
14	1	0.0154
15	1	0.0177
16	1	0.0201
17	1	0.0227
18	1	0.0254
21	1	0.0346
25	1	0.0491
	ogrijev	0.2868

27	2	0.1145
30	2	0.1413
34	2	0.1815
33	2	0.1710
37	2	0.2149
47	2	0.3468
39	2	0.2388
42	2	0.2769
	trupci	1.6857

ukupno 1.9725

stablo 3 (gornje stablo po Hohenadlu)
 $d = 49,56$ cm, $h = 24,40$ m

d	n (m)	m ³
7	15	0.0577
8	14	0.0703
9	6	0.0382
10	10	0.0785
11	6	0.0570
12	5	0.0565
13	2	0.0265
14	2	0.0308
15	4	0.0707
16	9	0.1809
17	2	0.0454
18	1	0.0254
19	1	0.0283
20	1	0.0314
21	1	0.0346
22	1	0.0380
23	1	0.0415
24	1	0.0452
	ogrijev	0.9569

27	2	0.1145
26	2	0.1061
29	2	0.1320
37	2	0.2149
41	2	0.2639
44	2	0.3040
46	2	0.3322
47	2	0.3468
49	2	0.3770
	trupci	2.1914

ukupno 3.1483

Sekcije oblovine su po 2 m dužine, a prostornog drva po 1 m dužine
Oznaka; n (m) je broj komada po 1 m u doticnom debljinskom stupnju

srednje volumno stablo po Hohenadlu (\bar{v}) = (0,9300 + 3,1483) / 2 = 2,0392 m³

9530,40 m³ totalna klupaža

9279,49 m³ po srednje volumnom stablu $4551 * 2,039 = 9279,49$

2.70 % pogreška procjene; odnos totalne klupaže i procjene po srednje volumnom stablu

Za vjerodostojnost obračuna volumena sastojine pomoću dva predstavnika poslužit će analiza “normalnosti” distribucije prsnih promjera po beta – funkciji, mjera asimetrije i mjera spljoštenosti distribucije prsnih promjera stabala po debljinskim stupnjevima.

Donje sastojinsko stablo (33,36 cm) je sekcioniranjem i izradom sortimenata do 7 cm debljine dalo volu-

men 0,9300 m³, a gornje sastojinsko stablo (49,76 cm) volumen od 3,1483 m³.

Rezultati sekcioniranja i izrade sortimenata dani su u tablici 1.

Izračunavanje ukupnog volumena sastojine po Hohenadlu obavlja pomoću srednjeg volumnog stabla (kao aritmetičke sredine zbroja volumena donjeg i

G. j. “Južni Dilj”, odjel 56a

Beta – distribucija

$$f(x) = 6,146 E - 18 \cdot (x - 17)^{\beta_1 - 1} \cdot (83 - x)^{\beta_2 - 1} = N$$

P. promjer d	Broj stabala		Razlika N
	N ₁ (ha (konk.))	N ₂ (ha (teor.))	
17,5	2	3	(2-3)
22,5	3	3	0
27,5	8	7	-2
32,5	15	17	-2
37,5	20	20	3
42,5	27	29	3
47,5	17	18	-1
52,5	9	10	-1
57,5	4	4	0
62,5	1	1	0
67,5			
Σ	105	109	0

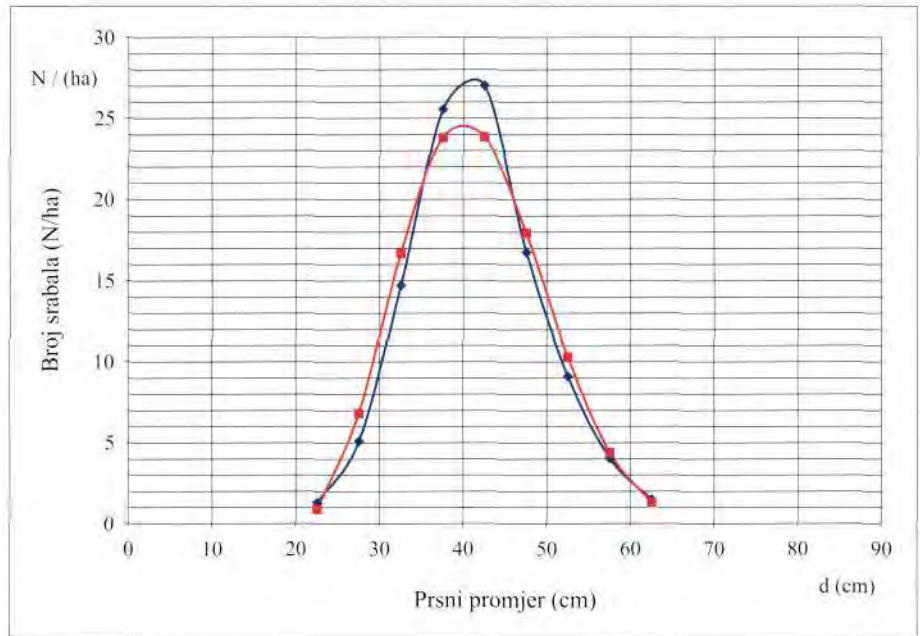
$\alpha(4,21) < \gamma(7,88)$, normalna razdioba lijevo asimetrična, mjera simetrije $\beta_1 > 0 < 1$
 $\beta_1 = +0,43$
 $d_0 = 41,36$
 $s_0 = 6,47$

Debljinski r.	Rel. povr. ispod krivulje
22,5-32,5	0,20
37,5-47,5	0,67
52,5-62,5	0,13

Spljoštenost konkretne razdiobe je pozitivna jer je vrh konkretne distribucije iznad vrha normalne distribucije. $\beta_2 = +2,27$

Drvna zalih kitnjaka po metodi srednjeg sastojinskog stabla
 Totalna klupaža hrasta kitnjaka za plan sječa 2002. godine
 Pogreška

4551*2,039 = 92679,49 m³
 9530,39 m³
 2,70%

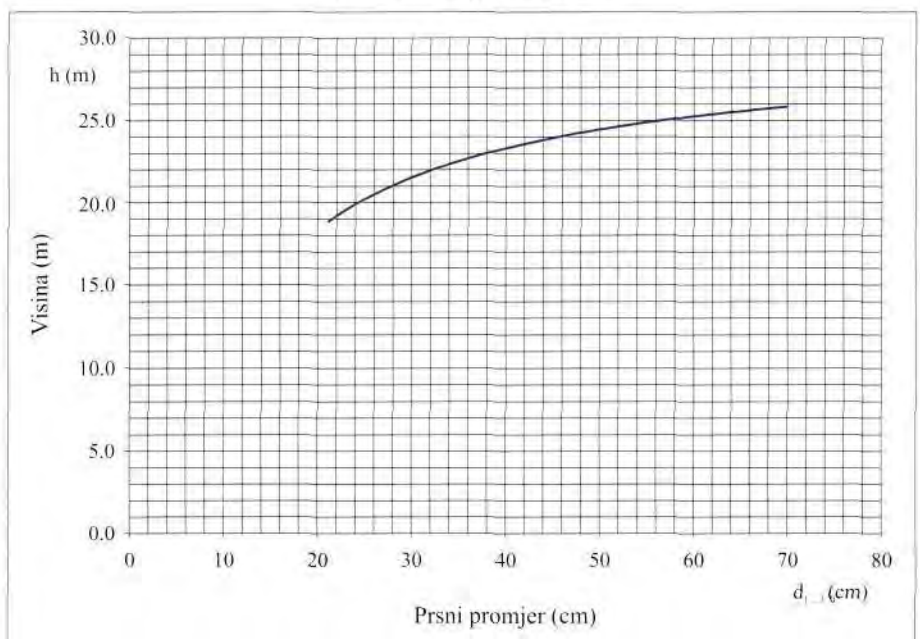


Grafikon 1. Konkretna i normalna distribucija prsnih promjera stabala hrasta kitnjaka po hektaru u g. j. “Južni Dilj”, odjel 56a
 Graph 1 Concrete and theoretical distribution of breast diameters of sessile oak per hectare in the MU “Južni Dilj” Compartment 56a

G. j. “Južni Dilj”, odjel 56a

$$h = 28,326 \cdot e^{0,00159 \cdot d + 1,3}$$

D	H ₁	D	H ₂
21	18,8	46	24,0
22	19,2	47	24,1
23	19,5	48	24,2
24	19,9	49	24,3
25	20,2	50	24,4
26	20,5	51	24,5
27	20,8	52	24,6
28	21,0	53	24,7
29	21,3	54	24,8
30	21,5	55	24,9
31	21,7	56	24,9
32	21,9	57	25,0
33	22,1	58	25,1
34	22,3	59	25,2
35	22,5	60	25,2
36	22,7	61	25,3
37	22,8	62	25,4
38	23,0	63	25,4
39	23,1	64	25,5
40	23,3	65	25,5
41	23,4	66	25,6
42	23,6	67	25,7
43	23,7	68	25,7
44	23,8	69	25,8
45	23,9	70	25,8



Grafikon 2. Izjednačene visine hrasta kitnjaka u g. j. “Južni Dilj”, odjel 56a
 Graph 2 Equalised heights of sessile oak in the MU “Južni Dilj” Compartment 56a

gornjeg stabla) i ukupnog broja stabala u sastojini ($V = N * \bar{v}$).

Srednje volumno stablo \bar{v} ($2,0392 \text{ m}^3$) * broj stabala N (4551 kom) = $9279,49 \text{ m}^3$ (V , izračunati volumen hrasta kitnjaka u sastojini).

Beta – distribucija – Beta distribution

Radi utvrđivanja normaliteta distribucije prsnih promjera hrasta kitnjaka izvršeno je izjednačenje konkretne distribucije pomoću tzv. beta - distribucije po izračunatoj funkciji:

$$f(x) = 6,146E - 18 * (x - 17)^{4,21} * (83 - x)^{7,88} = N.$$

Konkretna i normalna (teoretska) distribucija broja stabala po debljinskim stupnjevima prikazani su tablično i grafički na grafikonu 1.

Iz grafikona i tablice može se zaključiti da je distribucija broja stabala konkretne sastojine, mjerena mjerom asimetrije, lijevo asimetrična, pozitivna ($\beta_1 = + 0,43$), tj da se u nižim debljinskim stupnjevima, od aritmetičke sredine srednjeg volumnog stabla, nalazi nešto veći broj stabala po hektaru površine nego što je normalno. Isto tako, po koeficijentu zaobljenosti (spljoštenosti) može se zaključiti da je pozitivna distribucija ($\beta_2 = + 2,27$), tj. konkretna raspodjela prsnih promjera hrasta kitnjaka, uža od normalne raspodjele.

Komparirajući konkretnu i raspodjelu po beta funkciji i mjere asimetrije i spljoštenosti (vidi grafikon 1), može se zaključiti o prošlom gospodarenju sastojinom. Lijeve asimetrija za utvrđenu starost hrasta kitnjaka, 120 godina, pokazuje da se nije obavljala stručna njega proredom.

U odnosu na volumen hrasta kitnjaka u sastojini obračunat metodom totalne klupaže u količini $9530,40 \text{ m}^3$, pogreška (razlika) u apsolutnom iznosi $250,91 \text{ m}^3$, odnosno $2,70 \%$.

Pozitivna asimetrija iskazana koeficijentom asimetrije $\beta_1 = + 0,43$ pokazuje da gospodarenjem nije postignut srednji prsni promjer veći (medijana se nalazi s lijeve strane aritmetičke sredine) od utvrđenog, što bi odgovaralo normalno izgospodarenim sastojinama (medijana se nalazi s desne strane aritmetičke sredine), koje u toj starosti imaju negativnu asimetriju. Sastojina nije dovoljno njegovana proredom, prorede su obavljane doznakom stabala u podstojnoj i nuzgrednoj etaži (niska proreda), nije došlo do adekvatnog razvoja krošanja stabala te je umanjen debljinski prirast.

Pozitivna spljoštenost iskazana koeficijentom spljoštenosti $\beta_2 = + 2,27$ ukazuje također na odstupanje od očekivanog normaliteta sastojine za predočenu starost. Spljoštenost izražena koeficijentom spljoštenosti pokazuje da je konkretna sastojina šiljastija od normalne spljoštenosti za utvrđenu starost sastojine, a to je odraz nepravilne doznake za njegu proredom u vertikalnoj i horizontalnoj strukturi sastojine.

Gornja analiza ukazuje i na moguće nepravilno utvrđivanje starosti sastojine, jer navedeni koeficijenti asimetrije i spljoštenosti pokazuju da je sastojina moguće mlađa od deklarirane, 120 godina.

Primjerna stabla kao minimalni uzorak za određivanje strukture drvnih sortimenata sastojine

Sample trees as minimal examples for determining the structure of wood assortments of a stand

Iskazujući mjeru asimetrije volumnom mjerom u pripadajućim debljinskim razredima, ona se može za konkretnu i normalnu distribuciju iskazati relativnim brojevima, kako je to vidljivo u sljedećoj tablici 2. Relativni broj za pripadajući razred znači učešće površine ispod krivulje konkretne i normalne distribucije broja stabala, odnosno volumena po hektaru (vidi grafikon 1).

Za izračunavanje udjela volumena hrasta kitnjaka po gornjim debljinskim razredima koristili smo izmje-

renu drvenu masu i udio drvnih sortimenata u donjem, srednjem i gornjem volumnom stablu. Minimalni uzorak od tri stabla za utvrđivanje strukture drvnih sortimenata hrasta kitnjaka odabran je u istom debljinskom stupnju, kako je to primjenjeno kod metode po Hohenadlu, no to nisu ista stabla, nisu sekcionirana po 2m i 1m dužine, nego je obavljena izrada drvnih sortimenata konkretne dužine. Podaci o strukturi drvnih sortimenata prikazani su u tablici 3.

Tablica – Table 2

Debljinski razred	Relativni udio (površina ispod krivulje konkretne sast.)	Relativni udio (površina ispod krivulje normalne sast.)
22,5 - 32,5	0,20	0,24
37,5 - 47,5	0,67	0,62
52,5 - 62,5	0,13	0,14
22,5 - 62,5	1,00	1,00

Tablica 3. G.j. "Južni Dilj", odjel 56a. Procjena učešća drvnih sortimenata i otpada u bruto drvnoj masi hrasta kitnjaka u odjelu 56a s obzirom na konkretnu distribuciju prsnih promjera stabala i volumena po debljinskim stupnjevima
 Table 3 An estimate of wood assortment and reject participation in the gross wood of sessile oak in Compartment 56a with reference to concrete distribution of the breast diameters and volume by diameter grades

Stablo 1, p.promjer 33 cm, visina 24 m
 Drvni sortimenti:

m ³	klasa	%	
0.42	II	35.90	684.28
0.18	III	15.38	293.16
0.57	ogrijev	48.72	928.64
1.17	Ukupno	100.00	1906.08

$$0.20 * 9530,40 = 1906,08$$

Stablo 3, p.promjer 50 cm, visina 29 m
 Drvni sortimenti:

$$52,5 > 0,13 (0,14)^* \quad \text{Ukupno stablo 1, 2, 3}$$

m ³	klasa	%	
0.52	F1	17.45	216.19
0.44	F2	14.77	182.93
0.83	I	27.85	345.08
0.44	II	14.77	182.93
0.75	ogrijev	25.17	311.82
2.98	Ukupno	100.00	1238.95

$$0,13 * 9530,40 = 1238,962$$

Stablo 2, p.promjer 42 cm, visina 26 m
 Drvni sortimenti:

m ³	klasa	%	
0.64	I	31.68	2023,09
0.51	II	25.25	1612,15
0.49	III	24.26	1548,93
0.38	ogrijev	18.8	1201,21
2.02	Ukupno	100.00	6385,37

$$0,67 * 9530,40 = 6385,368$$

$$22,5 - 62,1 \quad 1,00 (1,00)$$

m ³	otpad	neto	klasa	%
216.19	38.91	177.28	F1	2,27
182.93	32.93	150.00	F2	1,92
2368.17	426.27	1941.90	I	24,85
2479.36	446.28	2033.08	II	26,02
1842.09	331.58	1510.51	III	19,33
7088.74	1275.97	5812.77	oblovina	60,99
2441.67	0.00	2441.67	ogrijev	25,62
	1275.97		otpad	13,39
9530.40	1275.97	8254.44	Ukupno	100,00

9530,40 m³ totalna klupaža
 9443,33 m³ po srednje volumnom stablu (1,17 + 2,98) / 2 = 2,075

$$4551 * 2,075 = 9443,33$$

0,92 % - pogreška procjene: odnos totalne klupaže i procjene po srednje volumnom stablu

Tablica 4. Izračunavanje obličnih brojeva, izjednačenje visina i primjenjeni tarifni niz za hrast kitnjak (15), odjel 56a g.j. "Južni Dilj"

Izjednačena visinska krivulja sastojine i pripadajući oblični brojevi za tarifni niz (15)

Table 4 Calculating form numbers, equalising the heights and the applied tariff series for sessile oak (15)

The equalised stand height curve and the corresponding for the tariff series (15)

$$h = 28,326 * e^{-0,0013 * d} + 1,3$$

redni broj	debljinski stupanj (d)	oblični broj f(d)	visina h	oblikovisina hf	temeljnica g	tarifni niz (15) Osnova gospodarenja	temeljnica * visina gh
1	17.5	0.62	17.18	10.607	0.02	0.255	0.41
2	22.5	0.62	19.36	11.978	0.04	0.476	0.77
3	27.5	0.62	20.90	12.954	0.06	0.769	1.24
4	32.5	0.62	22.04	13.749	0.08	1.140	1.83
5	37.5	0.62	22.92	14.313	0.11	1.580	2.53
6	42.5	0.62	23.62	14.740	0.14	2.090	3.35
7	47.5	0.63	24.18	15.188	0.18	2.690	4.28
8	52.5	0.63	24.65	15.529	0.22	3.360	5.33
9	57.5	0.63	25.05	15.836	0.26	4.110	6.50
10	62.5	0.63	25.39	16.081	0.31	4.931	7.78
11	67.5	0.63	25.68	16.289	0.36	5.826	9.18
12	72.5	0.64	25.93	16.468	0.41	6.795	10.70
13	77.5	0.64	26.15	16.626	0.47	7.839	12.33
14	82.5	0.64	26.35	16.761	0.53	8.955	14.08

Tablica 5. Oblični brojevi donjeg, srednjeg i gornjeg primjernog stabla (f1, f2, f3)
Table 5 Form numbers of inferior, medium and superior sample tree (f1, f2, f3)

primjerno stablo	debljinski stupanj (d)	oblični broj f(d)	visina h	oblikovisina hf	temeljnica g	volumen (v) primjernih stabala	temeljnica * visina gh
f1	33.16	0.49	22.2	10.77418	0.0863	0.93	1.92
f2	41.36	0.62	23.5	14.67018	0.1343	1.97	3.16
f3	49.56	0.67	24.4	16.33723	0.1928	3.15	4.70

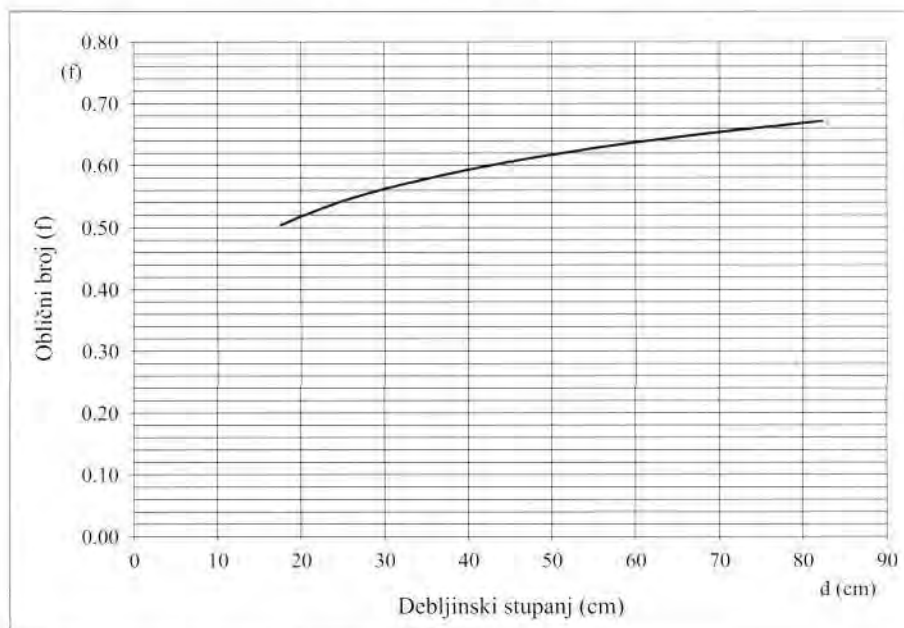
Tablica 6. Izračunati tarifni niz za konkretnu sastojinu
Odobrana funkcija za izjednačenje obličnih brojeva, $f(d) = 0,192 + 0,25 \log d$
Table 6 Calculated tariff series for the concrete stand
The selected function for form number equalisation, $f(d) = 0,192 + 0,25 \log d$

redni broj	debljinski stupanj (d)	oblični broj f(d)	visina h	oblikovisina hf	temeljnica g	izračunati tarifni niz (v)	temeljnica * visina gh
1	17.5	0.50	17.18	8.635	0.02	0.208	0.41
2	22.5	0.53	19.36	10.259	0.04	0.408	0.77
3	27.5	0.55	20.90	11.531	0.06	0.685	1.24
4	32.5	0.57	22.04	12.561	0.08	1.042	1.83
5	37.5	0.59	22.92	13.419	0.11	1.481	2.53
6	42.5	0.60	23.62	14.149	0.14	2.006	3.35
7	47.5	0.61	24.18	14.781	0.18	2.618	4.28
8	52.5	0.62	24.65	15.336	0.22	3.318	5.33
9	57.5	0.63	25.05	15.829	0.26	4.108	6.50
10	62.5	0.64	25.39	16.272	0.31	4.990	7.78
11	67.5	0.65	25.68	16.673	0.36	5.963	9.18
12	72.5	0.66	25.93	17.039	0.41	7.031	10.70
13	77.5	0.66	26.15	17.375	0.47	8.192	12.33
14	82.5	0.67	26.35	17.685	0.53	9.449	14.08

Oblični brojevi (novi tarifni niz) za hrast kitnjak
 $f(d) = 0,192 + 0,25 \log d$

Debljinski stupanj	Tarifni niz iz osnovne gosp.
17,5	0,50
22,5	0,50
27,5	0,50
32,5	0,50
37,5	0,50
42,5	0,50
47,5	0,50
52,5	0,50
57,5	0,50
62,5	0,50
67,5	0,50
72,5	0,50
77,5	0,50
82,5	0,50

G. j. "Južni Dilj", odjel 56a



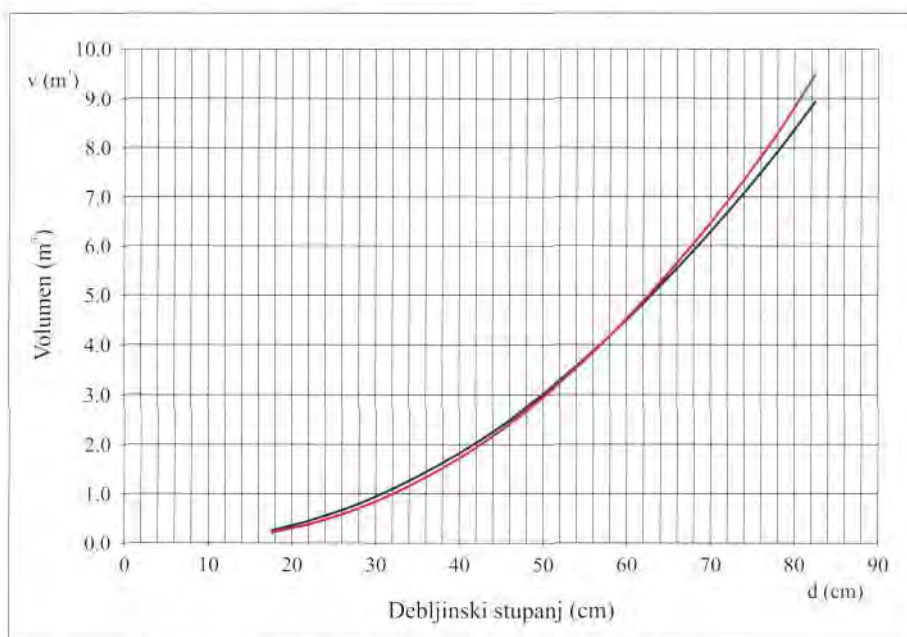
Grafikon 3. Izjednačeni oblični brojevi za hrast kitnjak u g. j. "Južni Dilj", odjel 56a
Graph 3 Equalised form number for sessile oak in the MU "Južni Dilj", Compartment 56a

G. j. "Južni Dilj", odjel 56a

Usporedba primijenjenog i novoizračunatog tarifnog niza

Debljinski stupanj	Tarifni niz primijenjenog	Tarifni niz novoizračunatog
17,5	0,255	0,208
22,5	0,476	0,405
27,5	0,769	0,685
32,5	1,140	1,042
37,5	1,580	1,481
42,5	2,090	2,006
47,5	2,690	2,618
52,5	3,360	3,218
57,5	4,110	4,004
62,5	4,931	4,900
67,5	5,826	5,963
72,5	6,795	7,017
77,5	7,839	8,192
82,5	8,955	9,499

$$v = 0,327 - 0,0367 d + 0,001785 d^2$$



Grafikon 4. Usporedba primijenjenog (15) i izračunatog tarifnog niza za hrast kitnjak u g. j. "Južni Dilj", odjel 56a

Graph 4 Comparison of applied (15) and calculated tariff series for sessile oak in the MU "Južni Dilj", Compartment 56a

Izjednačenje visina hrasta kitnjaka u sastojini odjela 56a

Equalising height of sessile oak in the stand in Compartment 56a

Za konstrukciju visinske krivulje hrasta kitnjaka i izjednačenje visina snimljeno je oko 70 visina po debljinskim stupnjevima, a izjednačenje visinske krivulje obavljeno je po funkciji Mihajlova (vidi grafikon 2), koja za navedeni slučaj glasi:

$$h = 28,326 * e^{-0,133 * d} + 1,3$$

Iz grafikona 2 vidljivo je da su visine u višim debljinskim stupnjevima izjednačene, krivulja je blagog nagiba, što je normalno s obzirom na starost sastojine od 120 godina.

Pomoću izjednačenih visina i triju predstavnika sastojine obaviti će se provjera odabira tarifnog niza (drvnogromadne linije) za hrast kitnjak.

Zbog sumnje da se unatoč realnih podataka o volumenu sastojine dobivenih totalnom klupažom za plan sječa 2002. godine neće moći izraditi bruto i neto volumen drvnih sortimenata, "jer je za obračun primijenjen viši tarifni niz", prišlo se provjeri ispravnosti primijenjenog tarifnog niza.

Moguća razlika u primijenjenom lokalnom tarifnom nizu (15) i novoizračunatom tarifnom nizu.

Some possible differences in the applied local tariff series (15) and the newly calculated tariff series

Za donje, srednje i gornje primjerno stablo s pripadajućim izjednačenim visinama izračunati su sekcioniranjem volumeni za hrast kitnjak do 7 cm promjera, a oni iznose za donje stablo 0,930 m³, srednje stablo 1,970 m³ i gornje stablo 3,15 m³. Za tako izračunate volumene izračunati su oblični brojevi po formuli:

$$f = v / g * h$$

$$f_d = 0,49$$

$$f_s = 0,62$$

$$f_g = 0,67$$

Izračunavanje obličnih brojeva prikazano je u tablicama 5 i 6.

Izračunati oblični brojevi za stabla predstavnika imaju trend povećanja od nižih prema višim debljinskim stupnjevima. Na temelju trenda povećanja odabrana je i izračunata prikladna matematička funkcija, koja daje izravne oblične brojeve po debljinskom stupnjevima.

Funkcija je logaritamska, predstavljena jednadžbom:

$$f(d) = 0,192 + 0,25 \log d$$

Pomoću izravnatih obličnih brojeva (vidi grafikon 3) i izravnatih visina po debljinskim stupnjevima izračunate su pripadajuće oblikovine, koje pomnožene s pripadajućom temeljnicom daju tarifni niz za hrast kit-

njak u odjelu 56a (vidi tablicu 6). Usporedbu dvaju tarifnih nizova slikovito predstavlja grafikon 4.

Izračunati (novi) tarifni niz predstavljen je funkcijom drugog stupnja:

$$v = 0,327 - 0,0367 d + 0,001785 d^2$$

Na temelju izračunatog tarifnog niza za hrast kitnjak u odjelu 56a obavljena je usporedba volumena izračunatog po tarifnom nizu (15), primijenjenom u Osnovi gospodarenja i volumena izračunatog novim tarifnim nizom.

U navedenom odsjeku izračunat je manjak od 349,63 m³ (3,67 %) bruto volumena. Manjak volumena će se odraziti i na planirani manjak neto volumena svih drvnih sortimenata hrasta kitnjaka.

Dakle, osim utvrđenog manjka bruto volumena hrasta kitnjaka u količini od 6327 m³ (zaduženje Osnovom

gospodarenja 15857 m³, klupaža za plan sječa 2002. godine 9530 m³) očekuje se, zbog "pogrešno primijenjenog tarifnog niza", još manjak bruto volumena u količini 349,63 m³. Odjel 56a u g.j. "Južni Dilj" je zadužen sa 6677 m³ ili za 42,11 % volumena hrasta kitnjaka više od postojećeg stanja. Primjenom kontrolne metode Hohenadla i provjerom drvnogromadne linije (tarifnog niza) utvrđeno je da je u navedenoj sastojini odstupanje ukupnog volumena hrasta kitnjaka u sastojini isključivo zbog pogreške u broju stabala po debljinskim stupnjevima na cijeloj površini sastojine. Kontrolno odstupanje za volumen iznosi 2,70 %, a za odstupanje volumena po drvnogromadnoj liniji (tarifnom nizu) 3,67 %.

RASPRAVA – Discussion

Upotrebu metode Hohenadla za obračunavanje volumena sastojine moguće je potkrijepiti i drugim analizama parametara koji služe za pravilno gospodarenje sastojinom

Biometrijskom analizom konkretne sastojine, odjela 56a i stanja na terenu, može se zaključiti da sastojina nije na vrijeme njegovana proredom, no unatoč toga sastojina je po prirasno-prihodnim tablicama istog boniteta približna normalnoj (teoretskoj) po taksacijskim elementima (srednji prsni promjer hrasta kitnjaka od 42 cm u starosti 120 godina).

U sastojini je tijekom 1998. godine izvršen pripravnijak blagog intenziteta (14,03 %) i nakon uroda žira sljedeće godine sastojina je dobro pomlađena. Osim hrasta kitnjaka, u sastojini sudjeluje bukva s oko 17 % i cer s 6 % u omjeru smjese. S obzirom na starost sastojine od 120 godina, bukva je postigla srednji prsni promjer od 49,64 cm.

Prema podacima iz totalne klupaže sastojine za plan sječa 2002. godine, može se izračunati da je ukupan broj stabala po hektaru 131, a prosječna drvena masa

290 m³/ha.

Prema prirasno-prihodnim tablicama (Špiranec, 1975), normalan broj stabala za hrast kitnjak, III bonitet (kako je navedeno u Osnovi gospodarenja), bio bi 192 komada, drvena zaliha 320 m³/ha, srednji prsni promjer 40,6 cm i srednja visina 24,6 m.

Međutim, godine 1998. izvršena je sječa 40 stabala po ha, odnosno 48 m³/ha. To znači da je sastojina u dobi 120 godina imala 171 stabala/ha hrasta kitnjaka, cera i bukve s drvnom zalihom 338 m³/ha, što je blizu normale za III bonitet iz prirasno-prihodnih tablica.

Nerealno je bilo zadužiti navedeni odsjek s drvnom zalihom od 443 m³/ha na kraju ophodnje, jer takva drvena zaliha po hektaru odgovara I/II bonitetu po prirasno-prihodnim tablicama za kitnjak. Ako bi prosječno stablo bilo 2,5 m³, to bi na kraju ophodnje bilo 177 stabala po hektaru. Do pogreške je došlo zbog krive primjene metode obračuna volumena sastojine. Umjesto totalne klupaže za određivanje volumena sastojine primijenjena je metoda primjernih krugova.

ZAKLJUČAK – Conclusion

Metoda Hohenadla za obračunavanje volumena sastojine pomoću donjeg i gornjeg predstavnika stabala primjenjiva je za kontrolu volumena sastojine obračunate na neki drugi način (primjerne površine, totalna klupaža). Izračunata razlika u odnosu na totalnu klupažu za konkretnu sastojinu je 2,70% po metodi Hohenadla, a zbog tarifnog niza razlika volumena je volumena 3,67%.

Metoda je posebno primjenjiva za čiste sastojine starije dobi, s poznatom distribucijom prsnih promjera stabala dobivenom totalnom klupažom. Relativno do-

bro je primjenjiva i u mlađim sastojinama u kojima je visok udjel jedne vrste drveta, koja ima približno normalnu distribuciju stabala po debljinskim stupnjevima.

Za primjenu metode važno je poznavati normalitet sastojine. Upravo parametri koji služe izračunu donjeg i gornjeg sastojinskog stabla mogu dobro poslužiti za izjednačenje prsnih promjera stabala po debljinskim stupnjevima. U tu svrhu praktično je primijeniti beta – distribuciju. Prema izračunatim mjerama asimetrije (β_1) i spljoštenosti sastojine (β_2), moguće je analizirati intenzitet gospodarenja u proteklom razdoblju.

Relativni udjel broja stabala po hektaru za konkretnu i normalnu sastojinu pokazuje veličinu uzorka po debljinskim razredima, koji mogu poslužiti za približan obračun volumne strukture drvnih sortimenata pomoću minimalnog uzorka triju predstavnika (donjeg, gornjeg i srednjeg stabla).

Za provjeru valjanosti primijenjene drvnogromadne linije (tarifnog niza) u konkretnoj sastojini potrebno je,

osim modelnih stabala (donje i gornje primjerno stablo), sekcionirati i srednje sastojinsko stablo, kao minimum za utvrđivanja trenda obličnih brojeva stabala. U tu svrhu potrebno je imati izjednačene visine istraživa- ne vrste drveća u sastojini.

LITERATURA – References

- Bez ak, K. 1992: Prigušene oscilacije fenomena rasta i prirasta praćene Levakovićevim analitičkim izrazima, Zbornik o Antunu Levakoviću, Vinkovci.
- Bez ak, K., 1997: Visinske krivulje i jednoulazne volumne tablice hrasta lužnjaka u šumama vlažnog tipa, Radovi, Šumarski institut, Jastrebarsko, broj 2.
- Em rović, B., 1960: O najpodesnijem obliku izjednažbene funkcije potrebne za računsko izjednačavanje pri sastavu dvoulaznih drvno – gromadnih tablica, Glasnik za šumske pokuse, knjiga 14, Zagreb.
- Danko Suš ac, samostalni taksator: Gospodarska jedinica, "Južni Dilj I", Osnova gospodarenja (1997 - 2006.)
- Horvat, J. 1995: Statistika pomoću SOSS / PC +, Ekonomski fakultet Osijek, Osijek.
- Hren, V. i Kovačić, Đ. 1987: Normalna raspodjela stabala po debljinskim stupnjevima i dobnim razredima...; Radovi, Šumarski institut Jastrebarsko.
- Klep ac, D. 1963: Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina, Nakladni zavod, Znanje, Zagreb.
- Klep ac, D. 1965: Uređivanje šuma, Nakladni zavod Znanje, Zagreb.
- Klep ac, D. i Kovačić, Đ. 1993: Još jedna mogućnost primjene jednadžbi funkcije rasta, Anali za šumarstvo 18 / 2, str. 41-53 (1-13), Zagreb.
- Kovačić, Đ. 1981: Raspodjela učestalosti broja stabala i volumena kao mjera unapređenja šumske proizvodnje u nekim prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, Zagreb, (disertacija).
- Kovačić, Đ. 1993: Zakon rasta i numeričko bonitiranje šuma, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Glasnik za šumske pokuse 29, str. 77-132, Zagreb.
- Matić, S. 1991: Njega šuma proredom, Šumarski fakultet, Hrvatske šume, Zagreb, 1991.
- Petz, B. 1997: Osnovne statističke metode za nematematičare, "Naklada Slap", Jastrebarsko, 1997.
- Pranjić, A., 1979: Standardne visinske krivulje i jednoulazne tablice hrasta lužnjaka, Šumarski list, br. 7-8, Zagreb.
- Pranjić, A. i Lukić, N. 1997: Izmjera šuma, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Serdar, V., 1966: Udžbenik statistike, Školska knjiga, Zagreb 1966.
- Špiranec, M. 1975: Prirasno prihodne tablice (hrst lužnjak, kitnjak, bukva, grab, pitomi kesten), Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb.

SUMMARY: The article interprets application of Hohenadel's control method of calculating the volume of forest association.

The research presents data of two trees (inferior and superior model by Hohenadel) in the forest association of sessile oak (Quercus petraea), management unit "Južni Dilj", 56a. The stand height curve of sessile oak (Quercus petraea) and shape number have also been measured.

On the basis of these parameters, a provisional volume per hectare is given, as well as the concrete and theoretical distribution of trees per diameter grades and provisional volume tariff.

Biometrical analyses and mathematical function show some basic characteristics of growth height, shape number and volume per diameter grades.

No significant difference have been found (2,70 %) between Hohenadel's control method and usual method (total measuring).

Key words: sessile oak, Hohenadel's method, inferior and superior model trees, stand height curve, provisional volume tariff, concrete and theoretical distribution.