

UDK 630*54:582.632.2(497.6 Sarajevo)

UTVRĐIVANJE BONITETNE DISPOZICIJE STANIŠTA IZDANAČKIH ŠUMA BUKVE NA PODRUČJU KANTONA SARAJEVO*

Establishing of height curves for quality site conditions classification of beech coppice forests in the Sarajevo Canton.

Besim Balić¹, Ahmet Lojo¹, Aida Ibrahimspahić¹

Abstract

In this paper we presented the methodology approach in establishing the height curves for quality classification of the site conditions for beech coppice forests growth in the Sarajevo Canton.

Data from the inventory in 2005 and 2006 for this area was used as the basic research material. During the work, many functions, known as “growth functions” were tested. The medium value of the tree height per diameter classes was equalized with *Chapman-Richard's function*, which was the best result regarding statistical parameters in comparison with other tested functions.

The upper and the lower border of height variation was equalized with this function ($\bar{H} \pm t \cdot S_h$) and the established belt of the total height variation. This belt was splitted in five equal sub belts, which represented relative qualitative classes. In this way we established the mathematical model for quality determination. Each sub belt was mathematically determined as well.

Consequently, the mathematical model for calculation (determination) of single tree relative qualitative class was established based on the measured data: the diameter and the height of the tree, ($D_{1,3}$ and H or D_s and H_s).

Key words: *beech coppice forest, tree height curves, Chapman-Richard's function.*

Izvod

U radu je predstavljen metodski pristup utvrđivanja bonitetne dispozicije staništa izdanačkih šuma bukve na području Kantona Sarajevo.

Kao primarna naučna građa poslužili su podaci promjera izdanačkih šuma bukve na ovom području koji su obavljani u toku 2005 i 2006 godine. Za izravnjanje visina testiran

* Rad prezentiran na IV simpoziju poljoprivrede, veterinarstva, šumarstva i biotehnologije sa međunarodnim učešćem Strategija razvoja domaće proizvodnje, 21-23 septembar/rujan 2006. Zenica

¹ Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu – Faculty of Forestry University of Sarajevo

je veći broj funkcija koje najbolje simuliraju razvojne tendencije sastojina. Izračunate srednje vrijednosti visina po debljinskim stepenima izravunate su primjenom *Chapman-Richardove* funkcije koja u odnosu na ostale testirane funkcije daje najprihvatljivije izravnane i najbolje statističke parametre. Istom funkcijom izravnata je gornja i donja granica variranja visina ($\bar{H} \pm t \cdot S_h$). Na taj način je utvrđen pojas ukupnog variranja visina koji je podijeljen na pet jednakih dijelova koji predstavljaju relativne bonitetne klase. Tako je za svaku sredinu bonitetne klase utvrđen matematički model za procjenu boniteta staništa. Nakon toga, utvrđen je matematički model za izračunavanje parcijalnih relativnih boniteta za svaki par izmjerenih ili izračunatih podataka ($D_{1,3}$ i H ili D_s i H_s).

Ključne riječi: izdanačka šuma bukve, bonitetna dispozicija, *Chapman-Richardova* funkcija.

1. Uvod – Introduction

Bonitet staništa predstavlja mjeru aktuelne (trenutne) i potencijalne produktivnosti određenog staništa za datu vrstu drveća. Postupak bonitiranja, tj. ocjena i označavanje (rangiranje) staništa jedne sastojine u pogledu proizvodnih sposobnosti može se provoditi neposredno preko staništa, ili posredno preko raznih parametara sastojine (ASSMANN, E., 1967; CLUTTER et al., 1983; KRAMER & AKÇA, 1995; BALIĆ, 2003). Bonitiranje sastojina na bazi karakteristika staništa u šumarskoj praksi nije uobičajeno već se sastojine bonitiraju na bazi određenih karakteristika sastojine, pri čemu se koriste različite mjere kao: relativni visinski bonitet (klasa prinosa), apsolutni visinski bonitet (*Site index*), Dgz- bonitet (bonitiranje na bazi prosječnog dobnog zapreminskog prirasta - prinosa), kao i Dgz_{max}-bonitet (bonitiranje na bazi postignute veličine prinosa u momentu njegove kulminacije). Kao indikator prinosa mogući određeni staništa za neku vrstu drveća koristi se visina stable, jer je (u odnosu na ostale taksacione elemente) najmanje podložna “računskom pomjeranju” koje uzrokuju uobičajene prorede i uzgojni zahvati.

Kad su u pitanju izdanačke šume, diskutabilan je izbor visine kao posrednog indikatora boniteta staništa jer se kod njih kvalitet stanišnih uvjeta najvećim dijelom ne odražava na stvarnu proizvodnost drvene mase u onoj količini i kvalitetu kakvi bi se mogli očekivati u visokoj šumi. Razlog tome je što su ove šume uzgojno zapuštene i prepuštene spontanom prirodnom razvoju. Ipak, u podmakloj razvojnoj fazi ovih sastojina postoji očigledna i izražena izdiferenciranost stabala s obzirom na postignute iznose drvene zalihe, prirasta i prinosa.

Iz tih razloga prisutno je veliko šarenilo u pogledu veličine i kvaliteta drvene zalihe kao proizvodnog sredstva u ovim sastojinama. Najveći dio ovih šuma je povoljnih orografskih i pedoloških karakteristika (duboka zemljišta), ali sa veoma lošim kvalitetom postojeće drvene zalihe.

2. Ciljevi i zadaci istraživanja – *Aim and tasks of research*

Cilj ovog rada je iznalaženje jednog objektivnog i funkcionalnog metoda za utvrđivanje bonitetne dispozicije staništa izdanačkih šuma bukve radi utvrđivanja proizvodnih karakteristika ovih sastojina.

Da bi se ostvario ovaj cilj potrebno je riješiti sljedeće zadatke:

- testiranjem utvrditi „najbolje“ analitičke modele za definisanje i opisivanje bonitetne dispozicije staništa ovih šuma;
- utvrditi model za računanje tzv. parcijalnih boniteta stabala radi ocjene pripadnosti sastojine određenoj bonitetnoj klasi u cilju izrade aplikativnih softvera za obračun potrebnih elemenata izdanačkih šume na bazi provedenih taksacionih premjera.

3. Materijal i metod istraživanja - *Materials and Methods of research*

Kao primarna naučna baza za obradu ovog rada poslužili su podaci premjera izdanačkih šuma bukve obavljani u toku 2005. i 2006. godine. Kao model uzorka za terenska snimanja primijenjen je metod jednostavnog sistematskog uzorka. Kao elementi uzorka korištene su kružne površine promjenljivog radijusa, sistematski raspoređene u kvadratnoj mreži 200m x 200m. Na 856 kružnih probnih površina izmjereni su prsni prečnici i visine (kao i mnogi drugi elementi), na 2812 stabala bukve izdanačkog porijekla. Visine su mjerene visinomjerom Vertex III. Za obradu podataka primijenjen je metod korelacione analize, analitički i grafičko-računski metod. Kao softversko rješenje korišćen je „Statistica 7.0“ i statistički paket u „MS Excel 2003“.

4. Rezultati istraživanja - *Research results*

Radi utvrđivanja boniteta staništa izvršeno je filtriranje podataka po različitim upitima. Iz prvobitne baze podataka obdačena su sljedeća stabla:

- sva stabla drugih vrsta drveća (bez obzira na porijeklo);
- sva stabla bukve za koja je procijenjeno da su sjemenskog porijekla;
- sva stabla bukve koja su evidentirana kao šubarci;
- sva stabla bukve izdanačkog porijekla koja su bila deblja od 70,0 cm;
- sva stabla bukve izdanačkog porijekla za koja ne postoje podaci o visinama;
- sva stabla bukve izdanačkog porijekla koja su evidentirana kao prelomljena ili kao sušuke;
- Sva stabla bukve izdanačkog porijekla nenormalnih dimenzija za koja je logičkom kontrolom unesenih podataka utvrđeno da izmjereni podaci nisu objektivni i logični.

Tako «prečišćena» baza podataka za utvrđivanje bonitetne dispozicije staništa izdanačkih stabala bukve sadržavala je ukupno 2812 stabala bukve izdanačkog porijekla. Podaci su dalje sortirani i filtriranjem grupisani po debljinskim stepenima širine 5,0 cm za obilježja prsni prečnik i visinu. Za svaki debljinski stepen izračunate

su srednje veličine za $D_{1,3}$ i H , kao i ostali statistički parametri kao što su: standardna devijacija, minimalna i maksimalna vrijednost i broj parova podataka pomoću kojih su izračunate navedene veličine.

Tabela 1. Osnovni statistički pokazatelji za srednje prečnike stabala po debljinskim stepenima širine 5 cm

Table 1. The basic statistical parameters for medium tree diameter per diameter classes (5 cm)

Debljinski stepen <i>Diameter class</i> (cm)	Srednji prečnik <i>Medium diameter</i> D_s (cm)	Standardna devijacija <i>Standard deviation</i> (cm)	Minimalna vrijednost <i>Minimum value</i> D_{min} (cm)	Maksimalna vrijednost <i>Maximum value</i> D_{max} (cm)	Broj stabala <i>Number of trees</i> (kom)
2,5	2,45	1,22	0,50	4,95	261
7,5	7,16	1,38	5,00	9,95	406
12,5	12,32	1,41	10,00	14,95	624
17,5	17,38	1,42	15,00	19,95	406
22,5	22,46	1,42	20,00	24,95	365
27,5	27,30	1,35	25,00	29,90	199
32,5	32,42	1,28	30,05	34,90	221
37,5	37,24	1,33	35,00	39,95	138
42,5	42,02	1,40	40,05	44,90	83
47,5	47,35	1,54	45,25	49,80	32
52,5	52,51	1,56	50,05	54,95	27
57,5	57,02	1,34	55,05	59,85	27
62,5	62,30	1,57	60,10	64,65	13
67,5	67,20	1,61	65,00	69,60	10
Total:	-	-	-	-	2812

Za svaki debljinski stepen širine 5,0 cm izračunat je pojas variranja visina pomoću formule $\bar{H}_i \pm t \cdot S_h$ (\bar{H}_i -srednja visina u i -tom debljinskom stepenu; t -tablična veličina očitana iz tablica t -distribucije; S_h -standardna devijacija visina u i -tom debljinskom stepenu). Akceptirajući poznatu statističku zakonitost da se u pojasu variranja $\bar{H}_i \pm t \cdot S_h$ od ukupnog broja može očekivati 95% stabala, dok bi izvan ovog intervala trebalo biti zastupljeno maksimalno 5% stabala (čije izmjerene vrijednosti visina neće biti obuhvaćene navedenim pojasom), izvršena je redistribucija stabala prema navedenim kriterijima.

To znači da bi u konkretnom slučaju izvan navedenog pojasa trebalo očekivati maksimalno 141 stablo ($2812 \cdot 0,05 = 141$). Filtriranjem i izračunavanjem granica intervala utvrđeno je da je izvan navedenog pojasa ukupno 127 stabala. Rezultati provedene analize prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Srednje veličine za prečnike i visine po debljinskim stepenima i interval variranja visina
 Table 3. Diameter, height medium values per diameter classes, and interval of variation

Debljinski Stepen <i>Diameter class</i> (cm)	D _s (cm)	H _s (m)	<i>t</i> faktor	S _h (m)	$\bar{H}_i + t \cdot S_h$ (m)	$\bar{H}_i - t \cdot S_h$ (m)	Broj stabala <i>Number of trees</i> (kom)	5% od broja stabala <i>5% of tree number</i> (kom)	Iznad gornje granice <i>Onder from upper limit</i> (kom)	Ispod donje granice <i>Under than lower limit</i> (kom)
2,5	2,47	3,50	1,972	1,45	6,41	0,60	261	13	10	0
7,5	7,16	7,32	1,965	2,05	11,42	3,21	406	20	16	3
12,5	12,32	11,11	1,965	3,44	18,00	4,22	624	31	32	1
17,5	17,38	13,77	1,965	3,83	21,42	6,11	406	20	14	5
22,5	22,46	16,18	1,965	4,18	24,53	7,82	365	18	12	5
27,5	27,30	17,52	1,972	4,28	26,07	8,97	199	10	3	1
32,5	32,42	19,89	1,972	4,16	28,21	11,56	221	11	8	3
37,5	37,24	20,28	1,980	3,94	28,15	12,41	138	7	2	3
42,5	42,02	20,63	1,990	3,69	28,01	13,24	83	4	1	3
47,5	47,35	21,66	2,042	4,10	29,86	13,46	32	2	2	0
52,5	52,51	22,56	2,052	4,66	31,88	13,24	27	1	1	0
57,5	57,02	23,15	2,052	4,50	32,14	14,16	27	1	1	0
62,5	62,30	24,85	2,160	5,00	34,84	14,85	13	1	1	0
67,5	67,20	25,10	2,228	4,09	33,29	16,91	10	1	0	0
Ukupno	-	-	-	-	-	-	2812	141	103	24

Nakon provedenih analiza izvršeno je iznalaženje najprihvatljivije funkcije za izravnjanje parova podataka (D_s i H_s) u čiju svrhu je testiran veći broj prikladnih funkcija (kojima se mogu simulirati razvojne tendencije stabala i sastojina). Među njima se posebno ističu:

$$\text{➤ Parabola II reda: } H = 1,3 + a \cdot D_{1,3} + b \cdot D_{1,3}^2 \quad \dots(1)$$

$$\text{➤ Prodanova funkcija: } H = 1,3 + \frac{D_{1,3}^2}{(a + b \cdot D_{1,3} + c \cdot D_{1,3}^2)} \quad \dots(2)$$

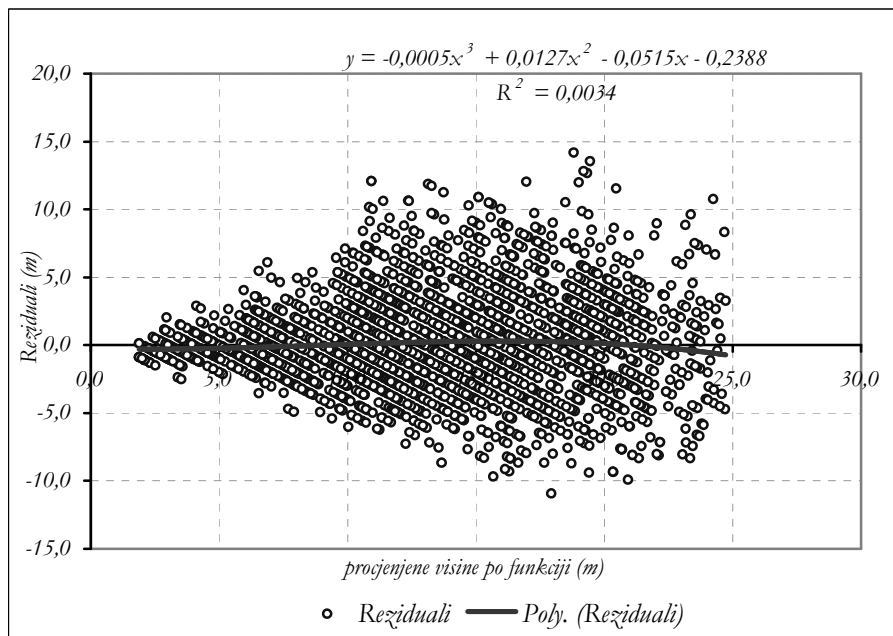
$$\text{➤ Mihajlova funkcija: } H = 1,3 + a \cdot e^{\frac{b}{D_{1,3}}} \quad \dots(3)$$

$$\text{➤ Levakovićeve funkcija: } H = 1,3 + e^a \cdot \left(\frac{D_{1,3}}{D_{1,3} + 1} \right)^b \quad \dots(4)$$

$$\text{➤ Chapman-Richardova funkcija: } H = 1,3 + a \cdot (1 - e^{-b \cdot D_{1,3}})^c \quad \dots(5)$$

$$\text{➤ Pettersonova funkcija: } H = 1,3 + \left(\frac{D_{1,3}}{a + b \cdot D_{1,3}} \right)^2 \quad \dots(6)$$

Konačna odluka o izboru najprihvatljivijeg modela za izravnjanje donesena je uvažavanjem utvrđenih grafičkih oblika funkcija, zatim izračunatih veličina statističkih parametara za ocjenu jačine korelacione veze (koeficijent determinacije- R^2 i koeficijent korelacije- R , kao i standardna greška procjene S_{ey}), te provedene grafičke interpretacije izravnatih reziduala. Navedene računске procedure provedene su u softveru *Statistica 7.0*. Prema postavljenim kriterijima najbolje izravnjanje se postiže primjenom *Chapman-Richardove* funkcije. Na taj način utvrđen je matematički izraz i grafički oblik krivulje za izravnjanje srednjih visina po debljinskim stepenima. Isti grafički oblik navedene funkcije postiže se i izravnjanjem «dijagrama rasturanja tačaka» koga čine sva premjerena stabla. Izabrana funkcija je korištena u mnogim publikovanim naučnim radovima kao funkcija rasta a preporučili su je i mnogi eminentni stručnjaci upravo za bonitiranje jednodobnih sastojina. (KRAMER & AKÇA, 1995; CLUTTER, et al., 1986; GADOW, 1992, 2005; ROJO & MONTERO, 1996;). Parametar a označava asimptotsku vrijednost visine stabala (teoretski maksimalna visina stabala) i ima istu jedinicu mjere kao i zavisno promjenjiva veličina H . Parametar b skalira apscisu (osu koja u ovom slučaju predstavlja srednje prečnike stabala), dok parametri b i c skupa određuju oblik – formu krive rasta, tj. njenu orijentaciju u odnosu na X -osu (NAGEL, 1985; BALIĆ, 2003; GADOW, 2005).



Grafikon 1. Dijagram reziduala visina oko regresione funkcije procjene visina stabala - Chapman-Richard model

Fig.1. Variation of residual value from equation function for height assessment - Chapman-Richard equation model

Izabrana krivulja simulira visinski razvoj prosječnih visina istraživanih sastojina u odnosu na prosječne veličine prečnika.

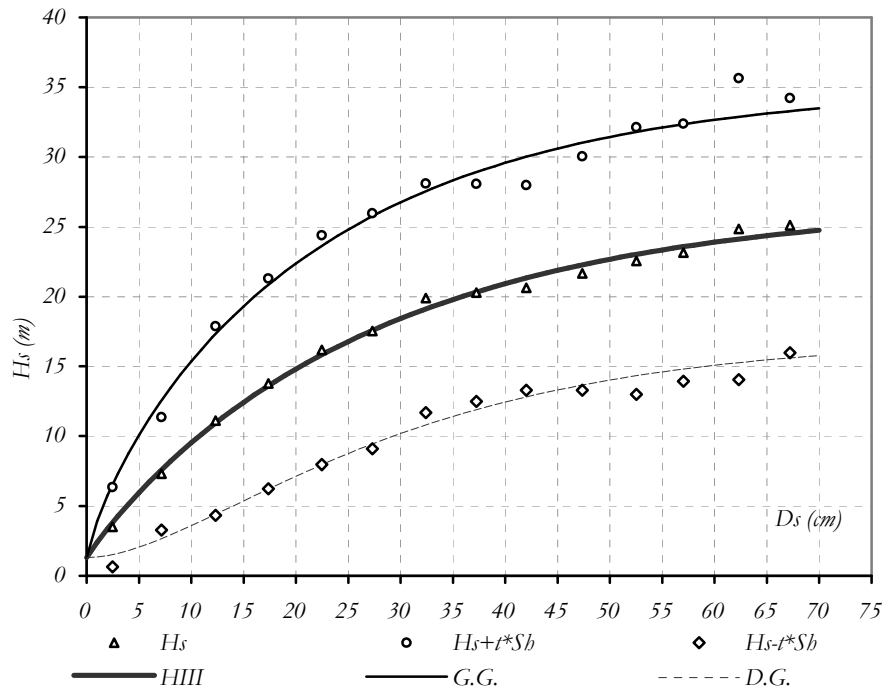
Na isti način izvršeno je izravnanje parova podataka: $D_s; (\bar{H}_i + t \cdot S_h)$ kao i $D_s; (\bar{H}_i - t \cdot S_h)$. Time su utvrđene gornja i donja granica ukupnog variranja visina, odnosno utvrđen pojas ukupnog variranja visina. Utvrđeni matematički oblici funkcija imaju sljedeći izraz:

$$H_s = H_{III} = 1,3 + 25,4733 \cdot \left(1 - e^{-0,0353 \cdot D_{1,3}}\right)^{0,9326} \quad \dots(7)$$

$$G.G. = H_{0,5} = 1,3 + 33,8381 \cdot \left(1 - e^{-0,0397 \cdot D_{1,3}}\right)^{0,7878} \quad \dots(8)$$

$$D.G. = H_{5,5} = 1,3 + 15,7523 \cdot \left(1 - e^{-0,0446 \cdot D_{1,3}}\right)^{1,8865} \quad \dots(9)$$

Grafička predstava sa dijagramom rasturanja srednjih visina predstavljeni su na sljedećem grafikonu:



Grafikon 2. Izravnjanje dijagrama rasturanja srednjih visina i granica intervala ukupnog variranja ($H_s + t \cdot Sh$)

Fig. 2. Equation of medium tree height per diameter classes and limits of total height variation ($H_s + t \cdot Sh$)

Širina utvrđenog pojasa ograničenog gornjom i donjom granicom ukupnog variranja matematički je podijeljena na pet jednakih relativnih dijelova od kojih svaki posebno posjeduje granice variranja visina. Kroz sredine tih manjih pojaseva provučene su krivulje koje su dobijene matematičkim operacijama sabiranja i oduzimanja već utvrđenih funkcija (H_s , $D.G.$ i $G.G.$). Konačni oblici tako definisanih krivulja predstavljaju zapravo visinsku bonitetnu dispoziciju izdanačkih sastojina bukve na području Kantona Sarajevo.

Uprošteni matematički oblici za sredine bonitetnih klasa izgledaju na sljedeći način:

$$I/II = D.G. + 4 \cdot \frac{(G.G. - D.G.)}{5} \quad \dots(10)$$

$$II/III = D.G. + 3 \cdot \frac{(G.G. - D.G.)}{5} \quad \dots(11)$$

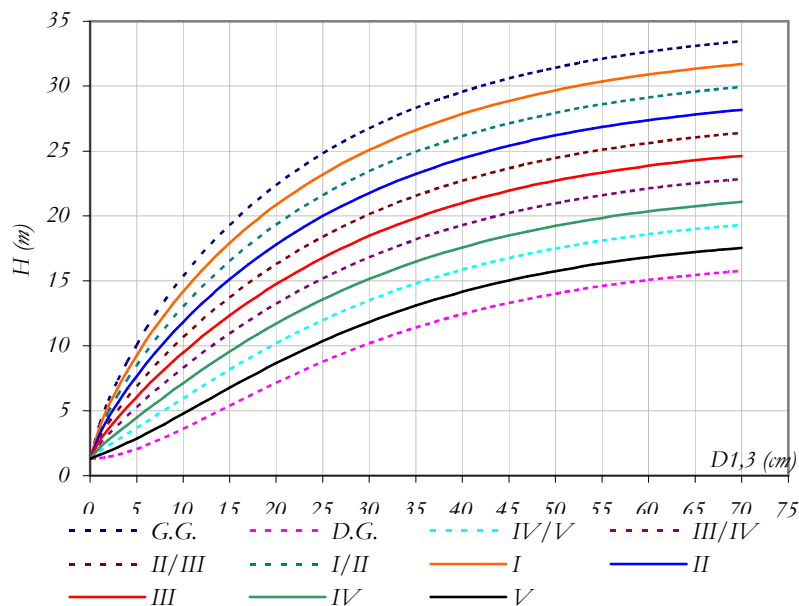
$$III/IV = D.G. + 2 \cdot \frac{(G.G. - D.G.)}{5} \quad \dots(12)$$

$$IV/V = D.G. + \frac{(G.G. - D.G.)}{5} \quad \dots(13)$$

Potpuni matematički izraz za npr. I/II bi izgledao na sljedeći način:

$$I/II = 1,3 + 15,7524 \cdot \left(1 - e^{-0,0446 \cdot D_{1,3}}\right)^{1,8866} + 4 \cdot \left[\frac{\left(1,3 + 33,84 \cdot \left(1 - e^{-0,0397 \cdot D_{1,3}}\right)^{0,788}\right) - \left(1,3 + 15,752 \cdot \left(1 - e^{-0,0446 \cdot D_{1,3}}\right)^{1,887}\right)}{5} \right] \quad \dots(14)$$

Njihovi grafički prikazi sa granicama pojaseva predstavljani su na sljedećem grafikonu:



Gragikon 2. Visinska bonitetna dispozicija izdanačkih šuma bukve na području Kantona Sarajevo

Fig. 3. Relative tree- height bonity classes for coppice beech forests in Sarajevo Canton

Kada je utvrđena visinska bonitetna dispozicija staništa izdanačkih šuma na području Kantona Sarajevo, pristupilo se redistribuiranju snimljenih probnih površina prema utvrđenoj bonitetnoj dispoziciji, odnosno, utvrđivanje parcijalnih bonitetnih klasa za svaku probnu površinu. U tu svrhu koncipiran je matematički model pomoću koga se računskim putem može utvrditi veličina relativnog boniteta za bilo koji par izmjerenih podataka stabla ($D_{i,3}$ i H). Taj model u konačnoj formi ima sljedeći oblik:

$$p.b. = \left[3 - \left(\frac{H_i - H_{III}}{0,4 \cdot (g \cdot g_i - H_{III})} \right) \right]; \quad \dots(15)$$

Oznake u formuli imaju sljedeće značenje:

$p.b.$ –relativna (parcijalna) bonitetna klasa iskazana na deseti dio;

H_i –visina i -tog stabla za dati prečnik (ili bilo koja druga srednja sastojinska visina);

H_{III} - srednja visina koja za i -ti prečnik predstavlja treći bonitetni razred, a izračunava se po formuli (7);

$g \cdot g_i$ – visina koja predstavlja gornju granicu pojasa variranja ($H_{III} + 1,96S_h$), a izračunava se po formuli (8).

Navedenim modelom može se izračunati parcijalna bonitetna klasa na deseti dio boniteta za bilo koju kombinaciju izmjerenih parova podataka (prečnik i visina) pod uslovom da se izmjereni podaci nalaze unutar intervala utvrđene bonitetne dispozicije. Primjenom navedene formule za svako stablo za koje postoje podaci o izmjerenom prečniku i visini izračunata je njegova parcijalna bonitetna klasa. Za svaku probnu površinu srednji parcijalni bonitet se izračuna kao ponderisana aritmetička sredina. Kao ponderi se mogu koristiti brojevi stabala po hektaru ili zapremine po hektaru za datu debljinsku klasu kojoj stablo datog prečnika pripada, tj. po formuli:

$$p.b._{(pr.p.)} = \frac{\sum_{i=1}^n n_{(i/ha)} \cdot (p.b.)_i}{\sum_{i=1}^n n_{(i/ha)}} \quad \dots(16)$$

$$p.b._{(pr.p.)} = \frac{\sum_{i=1}^n v_{(i/ha)} \cdot (p.b.)_i}{\sum_{i=1}^n v_{(i/ha)}} \quad \dots(17)$$

Ako su prethodno za svaku probnu površinu izračunate veličine srednjeg prečnika i srednje visine, onda se parcijalna bonitetna klasa može izračunati i na osnovu te dvije veličine pomoću formule (16) i (17). Prema tome, za utvrđivanje bonitetne klase neke izdanačke sastojine bukve potrebno je na bazi premjerenih visina i prečnika izračunati parcijalne bonitetne klase za svako stablo, a zatim i za sastojinu i gazdinsku klasu kao cjelinu pomoću utvrđenih modela. Ovaj postupak je preporučljiv iz razloga što debljinska struktura izdanačke sastojine ima oblik sličan obliku jednodobne sastojine, gdje izračunate srednje veličine predstavljaju tipične veličine ovih sastojina. Izračunate relativne bonitetne klase za svaku probnu površinu će se koristiti kao nezavisne varijable u složenim regresijskim modelima za procjenu najvažnijih proizvodnih pokazatelja sastojina po hektaru (zapremine, zapreminskog prirasta, broja stabala i temeljnica). Koristit će se i kao jedna od ulaznih veličina za očitavanje utabličenih veličina navedenih taksacionih elemenata.

5. Zaključci – *Conclusions*

- Rezultat ovih istraživanja je bonitetna dispozicija staništa izdanačkih šuma bukve koja se može koristiti u grafičkom, tabelarnom ili analitičkom obliku.
- Primjenjeni metod utvrđivanja bonitetne dispozicije predstavlja jedan objektivan, naučno zasnovan pristup u raščlanjivanju izdanačkih sastojina bukve s obzirom na proizvodne mogućnosti njihovih staništa.
- Poseban značaj predstavljaju utvrđeni analitički modeli za računanje parcijalnih bonitetnih klasa koji mogu poslužiti kao algoritmi u izradi aplikativnog softvera za automatsku obradu podataka prikupljenih tokom uobičajenih taksacionih premjera u izradi planova gazdovanja šumama.
- Ponuđeni metodski pristup u rješavanju problema bonitiranja upućuje na postepeno napuštanje klasičnih grafičkih metoda koje u sebi sadrže subjektivnost za koju ne postoji statistička mjera u ocjenu greške.
- Poznavanje veličine boniteta predstavlja jednu od ulaznih varijabli u (predstojećim) regresionim analizama koje je potrebno provesti radi utvrđivanja najvažnijih proizvodnih karakteristika ovih šuma kao što su zaliha, zapreminski prirast, temeljnica i broj stabala po hektaru.

Literatura – References

1. ASSMANN, E : (1967): Bonitierungssysteme und Ertragsprognosen. Mittl. D. Forstl. Bund. Versuchsanstalt Wien 77, 45-75.
2. BALIĆ, B. (2003): Model rasta i prirasta jednodobnih nenjegovanih šumskih zasada bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) na karbonatnim supstratima u Bosni. Magistarski rad, mnc. Šumarski fakultet Sarajevo.
3. BALIĆ, B. (2003): Bonitiranje jednodobnih zasada bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) na karbonatnim supstratima u Bosni. Zbornik radova šumarstvo i hotrikultura Šumarskog fakulteta u Sarajevu, str. 129-141.
4. CLUTTER, J. L; FORSTN, J. C; PINEAAR, L. V; BRISTER, G. H; BAILEY, R.L. (1983): Timber management: A quantitative aproach. John Wiley, New York S. 0-333.
5. GADOW, v. K., (1992): Ein Wachstums- und Ertragsmodell für die Fortschreibung von Bestandesparametern. In: Preuhsler,T., Röhre, H., Utschig, H. u. Bachmann, M. (Hrsg.): Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Franz; Lehrstuhl f.Waldwachstumskunde, Universität München: 75-83.
6. GADOW v. K. (2005): Waldwachstum. Beilage zur Vorlesung für das Sommersemester 2000. Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde, Göttingen.
7. LOJO, A. (2000): Taksacione osnove za gazdovanje šuma pitomog kestena (*Castanea sativa* L.) u Cazijskoj krajini. Magistarski rad. mnc. Šumarski fakultet Sarajevo.
8. KRAMER, H. (1964 a): Bonitierungsmaßstäbe in der Forstwirtschaft FHW, S. 8-12
9. KRAMER, H. & AKÇA, A. (1995): Leitfaden zur Waldmeßlehre. J.D.Sauerländer´s Verlag, Franfurt am Main.
10. MIRKOVIĆ, D. & BANKOVIĆ, S. (1993): Dendrometrija. Beograd.
11. NAGEL, J. (1985): Wachstumsmodell für Bergahorn in Schleswig-Holstein. Dissertation, Göttingen S. 0-124.
12. PRANJIĆ, A. & LUKIĆ, N. (1997): Izmjera šuma. Sveučilište u Zagrebu. Šumarski fakultet. Zagreb.
13. ROJO, A. & MONTERO, G. (1996): El pino Silvestre en la Sierra de Guadarrama. Ministerio de Agriculture, Pesca y Alimentacion, Madrid: S. 293.
14. SCHRÖDER, J., GADOW, v. K. (1995): Zum Höhenwachstum von *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Fra. in Katalonien, Forstarchiv 66, 214-217 s, Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde, Göttingen.
15. WENK, G., ANTANAITIS, V., ŠMELKO, Š. (1990): Waldertragslehre, Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin GmbH, Berlin.

Sažetak - Summary

Relative tree- height bonity classes for coppice beech forests in the Sarajevo Canton were established in this work. As the best equation model, Chapman-Richard's function was chosen, after the testing of different models (formulas 1-6). Its mathematical model with parameters for medium tree heights (H_{III}) is:

$$H_{III} = 1,3 + 25,4733 \cdot \left(1 - e^{-0,0353 \cdot D_{1,3}}\right)^{0,9326};$$

Also, the mathematical model with parameters for upper (G.G.) and lower (D.G.) limits of tree heights variation is:

$$G.G. = H_{0,5} = 1,3 + 33,8381 \cdot \left(1 - e^{-0,0397 \cdot D_{1,3}}\right)^{0,7878};$$

$$D.G. = H_{5,5} = 1,3 + 15,7523 \cdot \left(1 - e^{-0,0446 \cdot D_{1,3}}\right)^{1,8865}.$$

Relative tree- height bonity classes, for the mentioned forest area, were established with simple splitting of total tree height variation belt to 5 equal parts (sub belts). Mathematical formulas, established in this work, could be used as algorithms in development of some software applications for automatic data processin, collected during ordinary forest inventories for forest management plans development.