

Prethodno priopćenje
Preliminary notice

Prispjelo - *Received*: 08.02.2006.
Prihvaćeno - *Accepted*: 27.11.2006.

UDK: 630*

**Hrvoje Marjanović, Tomislav Dubravac¹, Krunoslav Indir¹,
Mladen Ivanković¹**

**KVANTITATIVNI POKAZATELJI
STRUKTURE IZABRANIH SASTOJINA ZAJEDNICE
HRASTA LUŽNJAKA S OBIČNIM GRABOM
(*Carpino betuli* – *Quercetum roboris* Anić 1959. /
em. Rauš 1969.)**

*QUANTITATIVE ESTIMATORS OF STRUCTURE
IN CHOSEN STANDS OF COMMON OAK AND HORNBEAM
(Carpino betuli – Quercetum roboris Anić 1959 / em. Rauš 1969)*

SAŽETAK

Gospodarenje šumom podrazumijeva zahvate koji utječu na prostornu strukturu, odnosno raspored stabala, kao i na raznolikost vrsta unutar sastojine. Bio-raznolikost i prostorna struktura opisuje se najčešće kvalitativno opisima ili kvantitativno indeksima bioraznolikosti i prostorne strukture razvijenim u tu svrhu. Cilj ovog rada je na pokusnim plohama u sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli* – *Quercetum roboris*, Anić 1959 / emend. Rauš 1969.) analizirati strukturu pomoću BWINPro programa za analizu i prognozu rasta šumskih sastojina. Kvantitativni elementi strukture opisani su indeksima raznolikosti vrsta (bogatstva vrsta, Shannonov i standardizirani Shannonov) i njihove prostorne strukture (Clark & Evansov indeks agregacije, Pielou indeks segregacije vrsta).

Ključne riječi: prostorna razdioba, indeks bogatstva vrsta, Shannon indeks, Pielou indeks, Clark & Evans indeks, BWINPro

UVOD

INTRODUCTION

Moderni trendovi u šumarstvu, ali i zakonska regulativa težište prilikom određivanja smjernica gospodarenja šumama pomiču s prirasta prema osiguranju po-

¹ Šumarski institut, Jastrebarsko, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko

trajnosti, tj. stabilnosti šumskih resursa kao i njihovoj zaštiti (MPŠ 1997, Neumann i Starlinger 2001). Općenito se smatra da bogatstvo, odnosno izražena raznolikost vrsta u nekoj sastojini doprinosi njenoj stabilnosti. Stajalište o potrebi očuvanja raznolikosti dovelo je do pokretanja različitih projekata poput Euforgena (Gračan i dr. 2004; Euforgen 2005), koji za cilj ima istraživanje i unapređenje u očuvanju šumskih genskih resursa. Indeksi bioraznolikosti razvijeni su kao alat kojim bi se raznolikost živih bića na nekom području mogla apstrahirati brojčanim vrijednošću (Shannon 1948; Simpson 1949). Takav način opisa bioraznolikosti omogućuje međusobnu usporedbu dvaju područja koja ne moraju nužno biti slična. Također, indekse je moguće računati i samo za segment flore ili faune nekog područja, poput npr. indeksa raznolikosti na razini vrsta drveća prisutnih u sastojini (Neumann i Starlinger 2001).

Prostorni raspored stabala kao i njihovi međusobni odnosi posljednjih godina predmet su pojačanog istraživanja u svjetskom šumarstvu, te je uz postojeće indekse razvijen niz novih brojčanih indeksa i funkcija kojima se opisuje struktura sastojina (Gadow i dr. 1998; Pommerening 2002, Aguirre i dr. 2003; Woodall i Graham 2004; Boyden i dr. 2005; Kint 2005; McElhinny i dr. 2005). Poznato je da pravilan raspored stabala u sastojini osigurava optimalne uvijete rasta svakom stablu, za razliku od "grozdastog" (grupiranog) rasporeda s lokalno zgusnutim ili porijedanim prostornim rasporedom stabala koji često uzrokuje gubitak na prirastu (Pretzsch 1995, citiran u Neumann i Starlinger 2001).

Šumarska praksa u Hrvatskoj oduvijek je pridavala značaj rasporedu stabala u sastojinama, iako nisu postojale striktno odrednice o opisu strukture. Stari Pravilnik o uređivanju šuma u članku 10. propisuje kategorizaciju prostorne strukture prema kvalitativnim kriterijima, i to kao *stablimičnu* ili *grupimičnu* (MPŠ 1997). Novi Pravilnik o uređivanju šuma po tom je pogledu značajno precizniji, te uz proširenu kategorizaciju prostorne strukture daje i kvantitativne definicije (NN 2006).

Cilj ovog istraživanja je na suvremen način kvantificirati elemente bioraznolikosti i prostornog rasporeda stabala u izabranim sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli – Quercetum roboris* Anić, 1959. emend. Rauš, 1969.).

MATERIJALI I METODE RADA

MATERIALS AND METHODS

Istraživanje je provedeno u sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli – Quercetum roboris* Anić, 1959. / emend. Rauš, 1969.) s područja središnje Hrvatske (Uprave šuma, Podružnica Karlovac, Koprivnica, Bjelovar). Već iz naziva zajednice očito je da su glavne vrste drveća hrast lužnjak i obični grab, a u primjesi se s manjim udjelima ili sporadično pojavljuje i cijeli niz pratećih vrsta drveća (klen, lipa, divlja kruška, divlja trešnja, vez, brijest, lijeska, joha, poljski jasen, bukva itd.).

Plohe pravokutnog oblika postavljane su u razdoblju 1991.-1993. godine na način opisan u radu Dubravca i Novotnya (1992). Veličina pojedine podplohe na

Tablica 1. Korišteni indeksi bioraznolikosti i formule po kojima se računaju
Table 1. Indexes of biodiversity and formulae for their calculation

Indeks bioraznolikosti	Formula po kojoj se indeks računa
Indeks bogatstva vrsta (N_S):	$N_S =$ broj pronađenih vrsta drveća
Shannonov (1948) indeks (H):	$H = - \sum_{j=1}^{N_S} p_j \cdot \ln(p_j)$ p_j – udio vrste j (po broju stabala ili temeljnici)
Standardizirani Shannonov indeks ili evenness (E):	$E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H}{\ln(N_S)}$

Tablica 2. Korišteni indeksi prostorne strukture i formule po kojima se računaju
Table 2. Indexes of spatial structure and formulae for their calculation

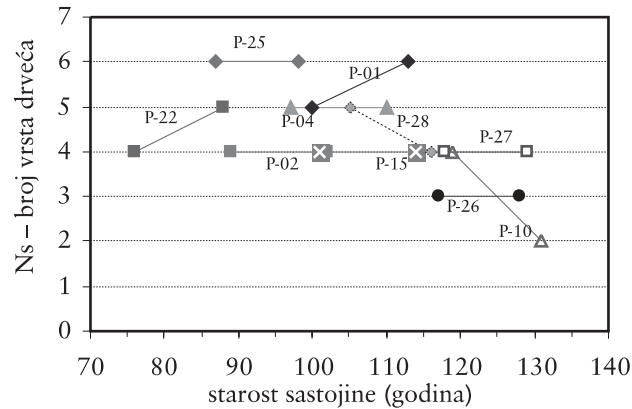
Indeks prostorne strukture	Formula po kojoj se indeks računa
Clark & Evansov (1954) indeks agregacije (R)	$R = \frac{\bar{r}_{\text{izmjereno}}}{\bar{r}_{\text{očekivano}}}$ \bar{r} - srednja udaljenosti dvaju susjednih stabala
Pielouov (1977) indeks segregacije vrsta (S)	$S = \frac{n_{\text{opaženo}}}{n_{\text{očekivano}}}$ n - broj parova susjednih stabala različitih vrsta

kojoj su numerirana sva stabla i načinjen plan položaja stabala sa skicom projekcije krošanja, ovisila je o dobi sastojine i kretala se od 0,01 ha do 0,36 ha (u nastavku ćemo zbog sažetosti umjesto *podploha* pisati *ploha*, misleći pritom na onaj dio plohe na kojem su sva stabla obrojčana – vidi Dubravac i Novotny 1992). U jesen 2004. i rano proljeće 2005. plohe su obnovljene i ponovno izmjerene (prsni promjeri, visine stabala), te stabala priliva izmjerena i ucrtan im je položaj. Na osnovi izmjerenih dendrometrijskih podataka i očitanih koordinata stabala s postojećih planova, pomoću programa BWINPro (Nagel i Gadow 2003) za stabla prsnog promjera većeg od 5 cm računati su pokazatelji strukture sastojine i to: indeks bogatstva vrsta, Shannonov (1948.) i standardizirani Shannonov indeks, Clark & Evansov (1954) indeks agregacije, te Pielouov (1977) indeks segregacije vrsta (Pretsch 2001). Popis indeksa i formule po kojima se računaju dan je u Tablici 1 i 2.

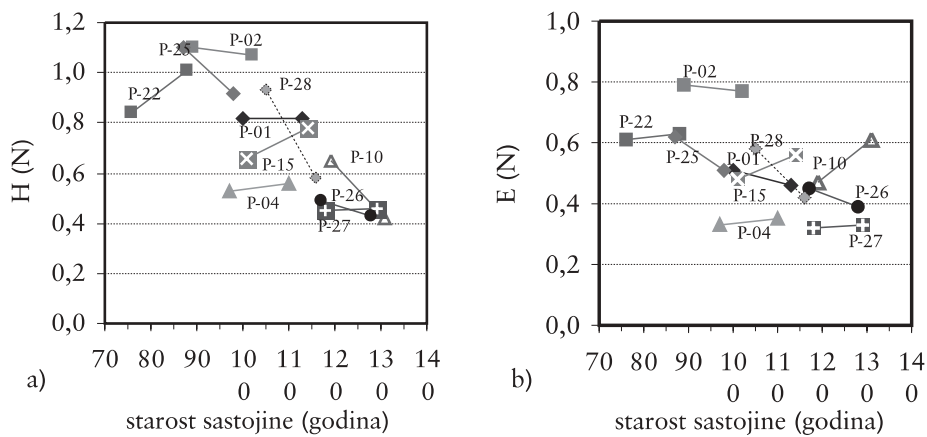
REZULTATI I RASPRAVA

RESULTS AND DISCUSSION

Spomenuto je da su za potrebe istraživanja postavljane plohe različitih veličina. Kako je vjerojatnost pronalaska "pratećih" vrsta proporcionalna veličini plohe u promatranoj sastojini, u ovom slučaju ograničili smo se samo na najveće plohe veličine 0,36 ha. Time su praktički isključene sastojine prve polovice ophodnje, ali se time zajamčila konzistentnost. Na Slici 1 prikazano je kretanje indeksa bogatstva vrsta N_S u vremenu. Slika 2a prikazuje kretanje Shannonovih indeksa H , a slika 2b kretanje standardiziranih Shannonovih E izračunatih prema udjelima zatečenih vrsta drveća u ukupnom broju stabala na pojedinoj plohi.

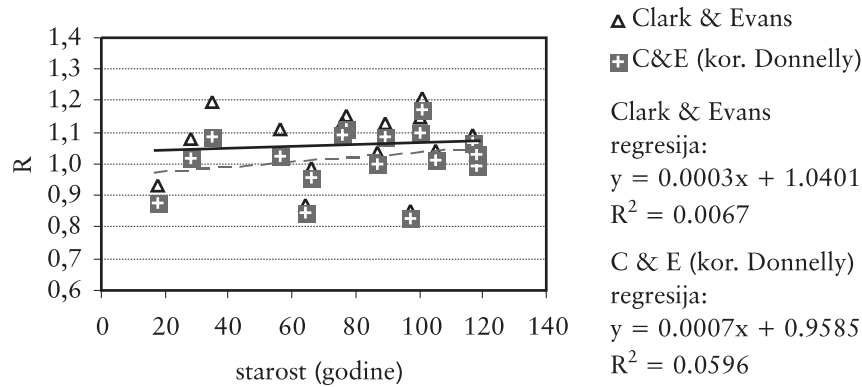


Slika 1. Kretanje indeksa bogatstva vrsta (N_s) u vremenu na plohama veličine 0,36 ha
 Figure 1 Changes of species richness index (N_s) with time on plots with size of 0.36 ha



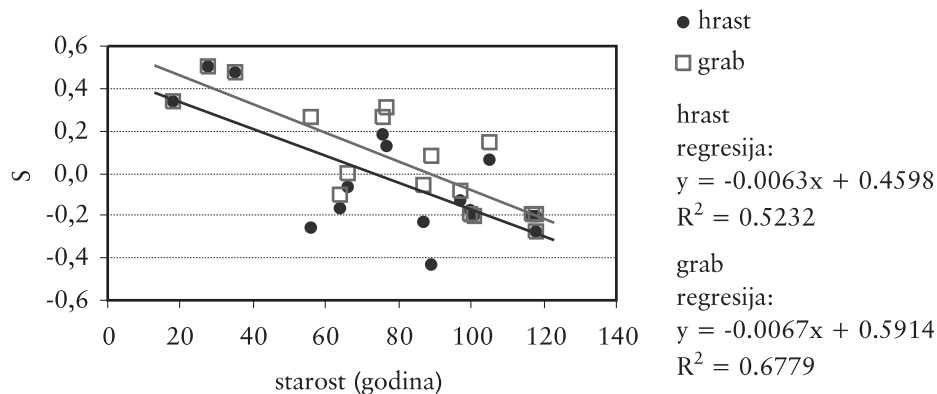
Slika 2. a) Kretanje Shannonovog indeksa (H) i b) standardiziranog Shannonovog indeksa (E) u vremenu izračunatih prema udjelima pojedine vrste u ukupnom broju stabala na pojedinoj plohi
 Figure 2. Changes of a) Shannon index (H) and b) Evenness, with time, calculated using stem number share of total stem number of trees on the plot

Raznolikost vrsta drveća, točnije broj vrsta drveća prsnih promjera većih od 5cm na plohama veličine 0,36ha kreće od 2 do 6 s prosjekom 4,4 (Slika 1). Evidentan je pad broja prisutnih vrsta sa starošću, što je i očekivano jer je riječ o sklopljenim regularnim sastojinama kod kojih je priliv u sastojinu praktički zanemariv. Iako je na nekim plohama broj vrsta ostao nepromijenjen (P-25, P-02, P-26) ili je smanjen samo za jedan (P-28), pad Shannonovog indeksa (Slika 2a) svjedoči o padu diverziteta, dok nam pad *evennessa* (Slika 2b) govori da će u sljedećem razdoblju na ovim plohama vjerojatno doći do gubitka jedne ili više vrsta. Gubitak dviju vrsta na plohi P-10 očitovao se drastičnim padom Shannonovog indeksa, dok nam istovremeni porast *evennessa* govori da preostale dvije vrste imaju ravnomjernije udjele prema broju stabala. Ploha P-15 jedina bilježi porast diverziteta.



Slika 3. Prikaz promjene Clark & Evansovog (R) indeksa agregacije (trokutići) i C&E indeksa korigiranog zbog rubova ploha korekcijom Donnellyja (kvadratići s plusom)

Figure 3. Changes with time of Clark & Evans index of aggregation (R ; triangles) and of C&E index corrected for plot boundaries using Donnelly correction (squares with a plus sign)



Slika 4. Prikaz promjene Pielouovog indeksa segregacije (S) vrsta za hrast i grab u vremenu
Figure 4. Changes with time of Pielou index of segregation (S) for Common oak and Hornbeam

Iako prostorni raspored stabala u nekoj sastojini nije jednak po cijeloj površini, isto je i s ostalim strukturnim elementima poput temeljnice, ploha se može smatrati predstavnikom sastojine koju promatramo. Ranije korišteni indeksi biodiverziteta ovise o veličini plohe pa ih je smisleno međusobno uspoređivati samo ako su plohe istih veličina. Nasuprot tome, elemente prostorne strukture dviju ili više ploha moguće je uspoređivati bez obzira na veličinu tih ploha. Pri tom je za pretpostaviti da je pouzdanost procjene nekog elementa prostorne strukture veća što je veća ploha. U analizi prostornog rasporeda stabala stoga smo mogli koristiti podatke sa svih ploha, bez obzira na to što nisu sve jednake veličine.

Prostorni raspored svih stabala u sastojini (Slika 3) može se okarakterizirati kao slučajna, uz manja odstupanja, jer se Clark & Evansov indeks kreće u rasponu 0,8 do 1,2. Trend blagog porasta pravilnosti (porast C&E indeksa) u starijim sastojinama nije dovoljno izražen da bi ga se moglo smatrati značajnim. Kretanje in-

deksa Pieloua (Slika 4) od pozitivnih vrijednosti kod mladih prema negativnim vrijednostima u zrelijih sastojina na jasan način oslikava očekivani proces prelaska iz blago segregiranog rasporeda u mlađoj dobi, u asocijaciju hrasta i graba u starijim sastojinama. Segregacija u mladosti posljedica je prostorne nehomogenosti mikro stanišnih uvjeta i distribucije sjemena. Proces "udruživanja" hrasta i graba tokom razvoja sastojine uzrokovan je prirodno, boljim prosperitetom parova višeg, heliofilnog hrasta i nižeg skiofilnog graba koji međusobno manje konkuriraju od parova iste vrste. Tom procesu pogoduje i način gospodarenja kojim se hrastovim "stablama budućnosti" uklanjaju konkurenti ostavljajući pritom manja grabova stabla u funkciji "čistača debela". Kretanje Pieluovog indeksa jasno oslikava spomenuti proces.

ZAKLJUČAK

CONCLUSION

Primjena indeksa bioraznolikosti i prostorne strukture korisna je u opisu i karakterizaciji sastojina. Buduća istraživanja hrastovih, ali i drugih sastojina mogla bi nam pružiti kvantitativne pokazatelje strukture ali i procesa i njihovih posljedica na razvoj sastojina.

LITERATURA

REFERENCES

- Aguirre, O., Hui, G., Gadow, K.V, Jiménez, J. 2003. An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *For. Ecol. Manage* 183(broj). Str. 137–145.
- Boyden, S., Binkley, D., Sheppard, W. 2005. Spatial and temporal patterns in structure, regeneration, and mortality of an old-growth ponderosa pine forest in the Colorado Front Range. *For. Ecol. Manage* 219(broj). Str. 43–55.
- Clark, P.J., Evans, F.C. 1954. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35. Str. 445–453.
- Dubravac, T., Novotny, V. 1992. Metodologija tematskog područja uzgajanje šuma – rast i prirast (primjena u multidisciplinarnom projektu ekološko ekonomske valencije tipova šuma). *Rad. Šumar. inst. Jastrebar*. 27(2). Str. 157–166.
- Euforgen (2005). http://www.ipgri.cgiar.org/networks/euforgen/euf_home.asp (14.09.2005.)
- Gadow, K.V, Hui, G.Y, Albert, M. 1998. Das Winkelmaß – ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. *Centralbl. ges. Forstwesen* 115(1). Str. 1–9.
- Gračan, J., Kajba, D., Perić, S., Idžojić, M., Ivanković, M., Marjanović, H. 2004. Program europski šumski genetski resursi (EUFORGEN). *Šum. list* 128(11–12). Str. 689–697.
- Kint, V. 2005. Structural development in ageing temperate scots pine stands, *Forest Ecol. Manage.* 214(broj). Str. 237–250.
- Mcelhinny, C., Gibbons, P., Brack, C., Bauhaus, J. 2005. Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *Forest Ecol. Manage.* 218(broj). Str. 1–24.
- Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva (1997). *Pravilnik o uređivanju šuma*. Narodne novine 11/97; 121/97, 52/01, 150/03. Str.

- Nagel, J., Gadow, K.V. 2003. Forstliche Software Sammlung. Göttingen: Institut für Waldinventur und Waldwachstum der Universität Göttingen. Büsingenweg 5.
- Neumann, M., Starlinger, F. 2001. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *Forest Ecol. Manage.* 145(broj). Str. 91–106.
- Pielou, E.C. 1977. *Mathematical ecology*. New York: John Wiley & Sons. Str. 385.
- Pommerening, A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry* 75. Str. 305-324.
- Pretzsch, H. 2001. Grundlagen der Waldwachstumsforschung. Berlin: Blackwell Verlag. Str. 380.
- Pretzsch, H. 1995. Zum Einfluß des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs. *Allg. Forst- u. J.-Zeitung* 166(9/10). Str. 190-201.
- Shannon, C.E. 1948. The mathematical theory of communication. In: C.E. Shannon, W. Weaver, (Eds.). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press. Str. 29-125.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163. Str. 688.
- Woodall, C. W., Graham, J.M. 2004. A technique for conducting point pattern analysis of cluster plot stem-maps. *For. Ecol. Manage.* 198(broj). Str. 31-37.

QUANTITATIVE ESTIMATORS OF STRUCTURE
IN CHOSEN STANDS OF COMMON OAK AND HORNBEAM
(*Carpino betuli* – *Quercetum roboris* Anić 1959 / *em. Rauš* 1969)

Summary

Forest management implies activities that affect spatial structure and distribution of trees as well as the diversity of forest tree species within the stand. Biodiversity and spatial structure are commonly described with qualitative descriptions or quantitatively indexes (estimators) of biodiversity or spatial structure developed for this purpose. Aim of this work is to quantitatively analyse species and spatial structures on plots in mixed stands of Common oak and Hornbeam using BWINPro program for analysis and prognosis of forest stands. Elements of structure were quantified with indexes of species composition (species diversity, Shannon index, Evenness) and of spatial distributions (Clark & Evans index of aggregation, Pielou index of segregation).

Key words: spatial distribution, species richness index, Shannon index, Pielou index, Clark & Evans index, BWINPro

