

NUMERIČKA ANALIZA FITOCENOLOŠKIH SNIMAKA U BUKOVO-JELOVIM ŠUMAMA (*Abieti-Fagetum* s. L.) U HRVATSKOJ

NUMERICAL ANALYSIS OF PHYTOSOCIOLOGICAL RELÉVES IN BEECH-FIR FORESTS (*Abieti-Fagetum* s. L.) IN CROATIA

Josip FRANJIC¹, Željko ŠKVORC¹, Andraž ČARNI²

SAŽETAK: Bukovo-jelove šume (*Abieti-Fagetum* s. L.) prostiru se u dinarskome području (Lika i Gorski kotar) i u panonskome području (planine savsko-dravskoga međuriječja) Hrvatske. Za bukovo-jelove šume u dinarskome području u uporabi je naziv *Omphalodo-Fagetum Marinček et al. 1992*, dok je pitanje panonskih bukovo-jelovih šuma taksonomski ostalo neriješeno.

Koristeći sve dosad objavljene fitocenološke radove o bukovo-jelovim šumama u Hrvatskoj, napravljena je numerička analiza fitocenoloških snimaka. Analizirano je ukupno 216 snimaka iz 11 izvora, od čega je 78 snimaka iz dinarskoga i 138 snimaka iz panonskoga područja. Prosječan broj vrsta po snimci je 36 (41 u dinarskom i 34 u panonskom području). Na tim snimkama provedene su dvije metode multivarijatne statističke analize – klasterska analiza i multidimenzionalno skaliranje. Rezultati objiju metoda se podudaraju, a radi bolje preglednosti za interpretaciju izabrani su rezultati multidimenzionalnoga skaliranja. Tom su analizom snimke podijeljene u četiri jasno uočljive skupine. Prvu skupinu čine snimke iz dinarskoga područja, koje su prilično homogene, drugu skupinu čine snimke iz panonskoga područja, koje su također jasno odvojene, ali manje homogene. Treću i četvrtu skupinu predstavljaju snimke koje su načinjene na degradiranim staništima panonskih bukovo-jelovih šuma. Jednu od njih čine snimke gdje je dominantna vrsta breza, uz manje učešće bukve i jele (niži stupanj sukcesije), dok drugu skupinu čine snimke gdje su dominantne vrste bukva i jela (viši stupanj sukcesije). Objije te skupine dobro se razlikuju međusobno, kao i od tipičnih panonskih i dinarskih bukovo-jelovih šuma. Rezultati dosadašnjih istraživanja gotovo se u potpunosti podudaraju s rezultatima numeričke analize fitocenoloških snimaka, a razlika je u načinu prikazivanja rezultata, pri čemu je numerička analiza daleko prihvatljivija i lakša za interpretaciju.

KLjučne riječi: *Abieti-Fagetum*, bukovo-jelove šume, numerička analiza, Hrvatska

UVOD – Introduction

Bukovo-jelove šume (*Abieti-Fagetum* s. L.) prostiru se u dinarskome dijelu (Lika i Gorski kotar) i u pa-

nonskome (planine savsko-dravskoga međuriječja) dijelu Hrvatske. Dinarske bukovo-jelove šume zauzimaju znatno veće površine (oko 130.000 ha) od panonskih (oko 15.000 ha). Te dvije skupine bukovo-jelovih šuma razvijaju se na različitim staništima nastalim djelovanjem različitih klimatskih čimbenika, zbog čega su florni sastav i vegetacijska struktura sastojina različiti (Vukelić & Baričević 1996).

¹ Zavod za šumarsku genetiku i dendrologiju, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

² Biološki inštitut, Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Gosposka 13, SLO-1000 Ljubljana, Slovenija

Fitocenološkim istraživanjima bukovo-jelovih šuma u Hrvatskoj bavilo se je dosta istraživača. Većina se istraživača bavila fitocenološkim istraživanjima bukovo-jelovih šuma u dinarskome području (usp. Horvat 1938; Bertović et al. 1966; Trinajstić 1970, 1972, 1995; Rauš 1984; Vukelić 1985, 1992; Rauš et al. 1996), a u panonskome se je području tim šumama bavio manji broj istraživača (usp. Pelcer 1979; Medvedović 1992; Vukelić & Španjol 1992).

Budući da su se bukovo-jelove šume u dinarskome području istraživale više i da ih je istraživao veći broj istraživača, one su u taksonomskome pogledu središnje od bukovo-jelovih šuma iz panonskoga dijela Hrvatske. Tako je za dinarske bukovo-jelove šume nevažice

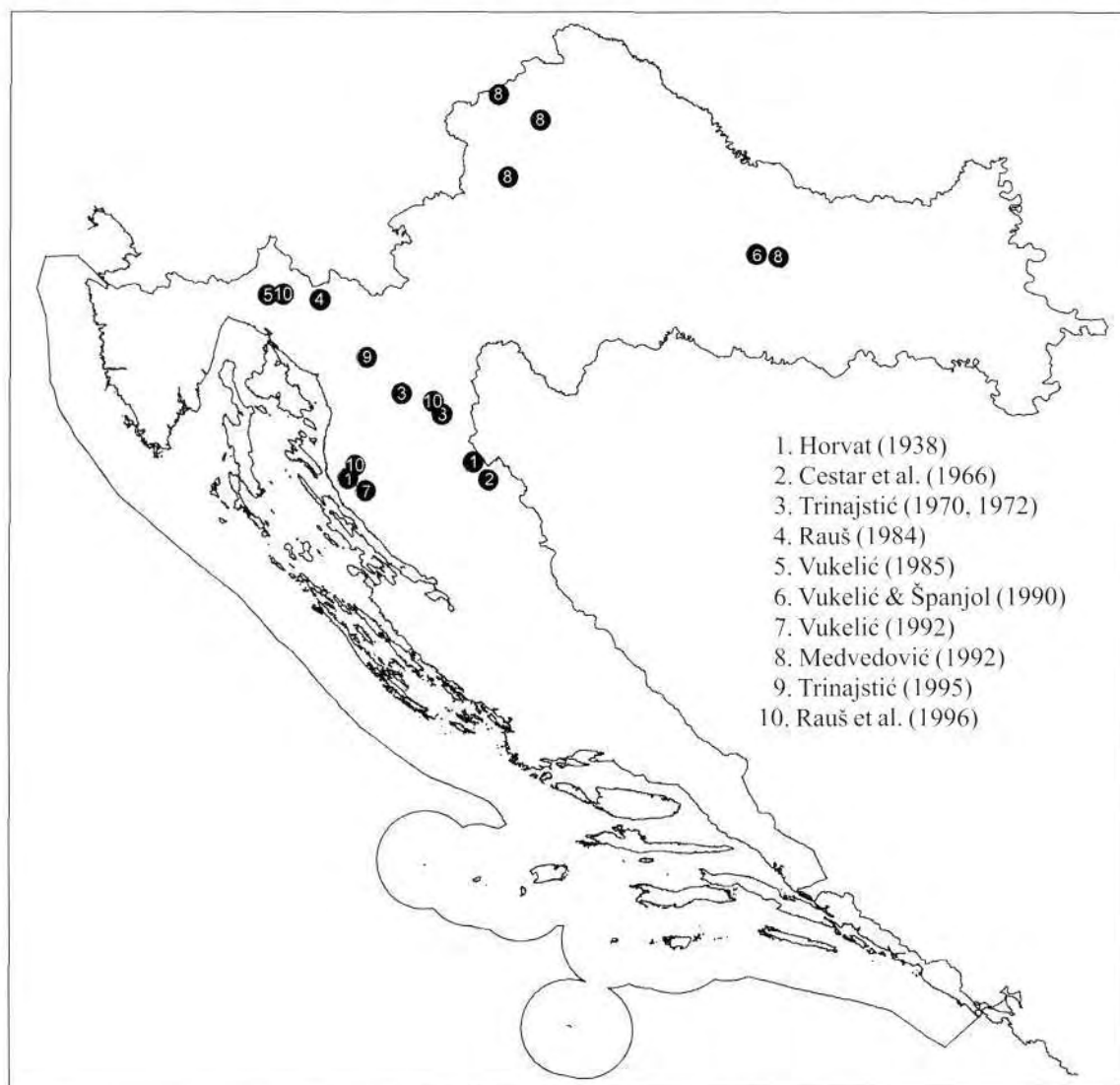
ime "*Abieti-Fagetum dinaricum*" (Tregubov 1957) zamijenjeno važećim *Omphalodo-Fagetum* Marinček et al. 1992, koje se danas nalazi u uporabi. Pitanje panonskih bukovo-jelovih šuma taksonomski je ostalo neriješeno i za njih se i dalje upotrebljava nevažice ime *Abieti-Fagetum panonicum* Rauš 1969 (usp. Rauš 1987; Vukelić & Rauš 1998), iako ima i drukčijih mišljenja o statusu tih šuma (usp. Trinajstić 1986).

U ovome se radu neće ići na rješavanje taksonomskoga statusa bukovo-jelovih šuma (*Abieti-Fagetum* s. l.), već će se dosadašnja istraživanja pokušati objediniti i nastojati potaknuti istraživače na intenzivnija istraživanja tih šuma, primjenom modernih, numeričkih metoda analize fitocenoloških snimaka.

MATERIJAL I METODE – Material and Methods

Iz svih dosad objavljenih fitocenoloških radova o bukovo-jelovim šumama Hrvatske, napravljena je numerička analiza fitocenoloških snimaka. Analizirano je ukupno 216 snimaka iz 11 izvora (Horvat 1938;

Bertović et al. 1966; Trinajstić 1970, 1972, 1995; Rauš 1984; Medvedović 1992; Vukelić 1985, 1992; Vukelić & Španjol 1992; Rauš et al. 1996), od čega je 78 snimaka iz dinarskoga i 138 sni-



Slika 1. Raspored lokaliteta analiziranih fitocenoloških snimaka

maka iz panonskoga područja (usp. sl. 1). Prosječan broj vrsta po snimci je 36 (u dinarskom području je 41, a u panonskom 34).

Sve fitocenološke snimke rađene su po standardnoj metodi Braun-Blanquet-a. Pritom se u tablice unose kombinirana procjena abundancije i pokrovnosti i procjena socijalnosti za svaku vrstu. S obzirom da je socijalnost za pojedinu vrstu više-manje stalna, a i neprikladna za numeričku analizu, korištena je samo kombinirana procjena abundancije i pokrovnosti. Svi podaci unošeni su u jednu zajedničku tablicu u programskome paketu "TURBO (VEG)" (Henkens 1996). Pritom je Braun-Blanquet-ova kombinirana skala za procjenu abundancije i pokrovnosti transformirana u van der Maarel-ovu ordinalnu skalu (usp. van der Maarel 1979). Tijekom izrade skupne tablice osobita pozornost posvećena je imenovanju biljnih vrsta, s obzirom da su snimke rađene u velikome razmaku (1938-1996. godine) i od različitih autora, pa su često iste vrste imenovane različitim imenima. Tako je dobivena matrica koja je bila ulaz za multivarijatnu analizu, gdje svaka vrsta predstavlja jednu varijablu, a svaka fitocenološka snimka jedan objekt. Matrica se sastoji od 216 stupaca (objekata) i 314 redova (varijabli).

Na svim navedenim snimkama provedene su dvije metode numeričke analize – klsterska analiza i multidimenzionalno skaliranje. Numerička analiza provedena je s programskim paketom SYN-TAX 5.02 koji se koristi za multivarijatne analize u taksonomiji i sinekologiji.

Klsterska analiza – (Cluster analysis)

Klsterska analiza je skupina multivarijatnih tehnika, čiji je primarni cilj klasificiranje ili klasteriranje opažaja (objekata) u skupine ili klasterne (Sharma 1996). Svaki objekt karakteriziran je određenim brojem varijabli, tj. svojstava koji opisuju taj objekt. Geometrijski, u dvodimenzionalnome prostoru koncept klasterne analize vrlo je jednostavan: svaki objekt je moguće prikazati kao točku. Općenito svaki objekt je moguće prikazati kao točku u n dimenzionalnome prostoru, gdje je n broj varijabli (ili svojstava) koje opisuju taj objekt (Pecina 1998). Klasteriranje se temelji na određivanju udaljenosti (tj. mjera sličnosti) među točkama (objektima) u tom n dimenzionalnome prostoru, za što se koriste različite metode. U osnovi se koriste dvije skupine metoda:

1. **Nehijerarhijske klster metode** – gdje broj klastera i neke njihove osobine moraju biti poznate *a priori*.
2. **Hijerarhijske klster metode** – gdje se klsteri formiraju po hijerarhiji, tako da je u svakoj sljedećoj razini broj klastera manji za jedan.

Klster analiza nije tehnika statističkoga zaključivanja u smislu pretpostavki odnosa uzorak – populaci-

ja. Za numeričku analizu fitocenoloških snimaka koristi se multivarijatna analiza – grana statistike koja se bavi analizom višestrukih izmjera većeg broja varijabli na jednom ili više uzoraka. U ovome radu korištene su dvije metode multivarijatne statističke analize:

1. Klsterska analiza (Cluster analysis) i
2. Multidimenzionalno skaliranje (Multidimensional scaling).

Većina multivarijatnih analiza započinje računanjem nekih od mjera udaljenosti, sličnosti, različitosti ili korelacije za parove objekata ili varijabli. Osnovni je postupak specificirati varijable, koje se zatim objedinjuju u zajedničko mjerilo multivarijatne udaljenosti za svaki par objekata, i konačno rezultiraju simetričnom matricom udaljenosti koja u dijagonali ima sve vrijednosti nula.

Uobičajeno je da mjere udaljenosti dijelimo u tri kategorije: mjere za binarne podatke, mjere za kvantitativne podatke i mjere za kvalitativne podatke (usp. Digby & Kempton 1987; Podani 1994).

Veliki je broj različitih algoritama za izračunavanje multivarijatne udaljenosti koji se koriste u ekološkim i taksonomskim istraživanjima: Mahalanobis-ova uopćena udaljenost (Mahalanobis generalized distance), van der Maarel-ov indeks (Similarity ratio), Canberra metrika, Manhattan metrika, Ruzicka indeks, koeficijent divergencije, srednja različitost (Percentage difference) i mnogi drugi.

ja, već objektivna metoda za klasificiranje (Pecina 1998), tj. ona nam brzo i pregledno pokazuje strukturu naših podataka, njihovu eventualnu povezanost u skupine i odnose među tim skupinama. Zbog velikog broja metoda klsterne analize je možda više nego ijedna druga multivarijatna analiza pod subjektivnim utjecajem izbora samoga analitičara. Stoga je poželjno uvijek koristiti više različitih metoda, pa ako klasifikacija rađena po različitim algoritmima daje sličan raspored klastera, možemo prilično sigurno zaključiti da naši podaci imaju tendenciju udruživanja u skupine (Podani 1994).

Za procjenu kvalitete provedene klsterne ili ordinacijske analize, odnosno izbor najpogodnije metode za interpretaciju, najčešće se računa *kofenetski korelacijski koeficijent*. No uspješnost provedene analize, tj. koliko su rezultati analize realni, može najbolje procijeniti sam analitičar-stručnjak na konkretnom području koji dobro poznaje objekte istraživanja i njihovu povezanost. Klsterska analiza mu je jednostavan i brz alat koji će omogućiti lakšu i objektivniju interpretaciju.

U ovome radu za statističku analizu korištene su četiri metode klsterske analize – Single linkage,

Complete linkage, UPGMA (Unweight pair-group method using arithmetic averages) i WPGMA (Weighted pair-group method using arithmetic averages). Kao

mjera sličnosti korišten je Similarity ratio (van der Maarel indeks).

Multidimenzionalno skaliranje – (Multidimensional scaling)

Općenito je svrha svih ordinacijskih (skalarnih) metoda reduciranje dimenzija: Originalne n varijable zamjenjuje se "umjetnim" varijablama u težnji da postignemo učinkovitiji prikaz rezultata u nekoliko dimenzija (varijabli) (Podani 1994). Postoji velik broj tih metoda, a najčešće su – Principal component analysis (PCA), Correspondence analysis, Canonical correlation analysis (CCA), Multidimensional scaling (MDS).

Multidimenzionalno skaliranje je skupina metoda za procjenu koordinata objekata u prostoru koji je definiran novim "apstraktnim" varijablama, a one se računaju iz podataka o udaljenosti između parova objekata. Vrlo često se za ovu metodu koristi i naziv Principal

coordinate analysis (PCoA). Ulazni podaci u analizu su različite matrice udaljenosti, a rezultat je "slika" odnosa između njih. Ona može biti u jednoj dimenziji, u dvije dimenzije (ako objekti leže na plohi), u tri dimenzije (ako su objekti točke u prostoru) ili u većem broju dimenzija (kada više nije moguć neposredan grafički prikaz). Multidimenzionalno skaliranje je metoda koja pomaže analitičaru u određivanju relativnoga odnosa između objekata u prostoru. Ona nije uvriježena kao egzaktna statistička metoda i više se upotrebljava kao oblik pregrupiranja objekata na način koji može najbolje aproksimirati opažene udaljenosti (Pecina 1998).

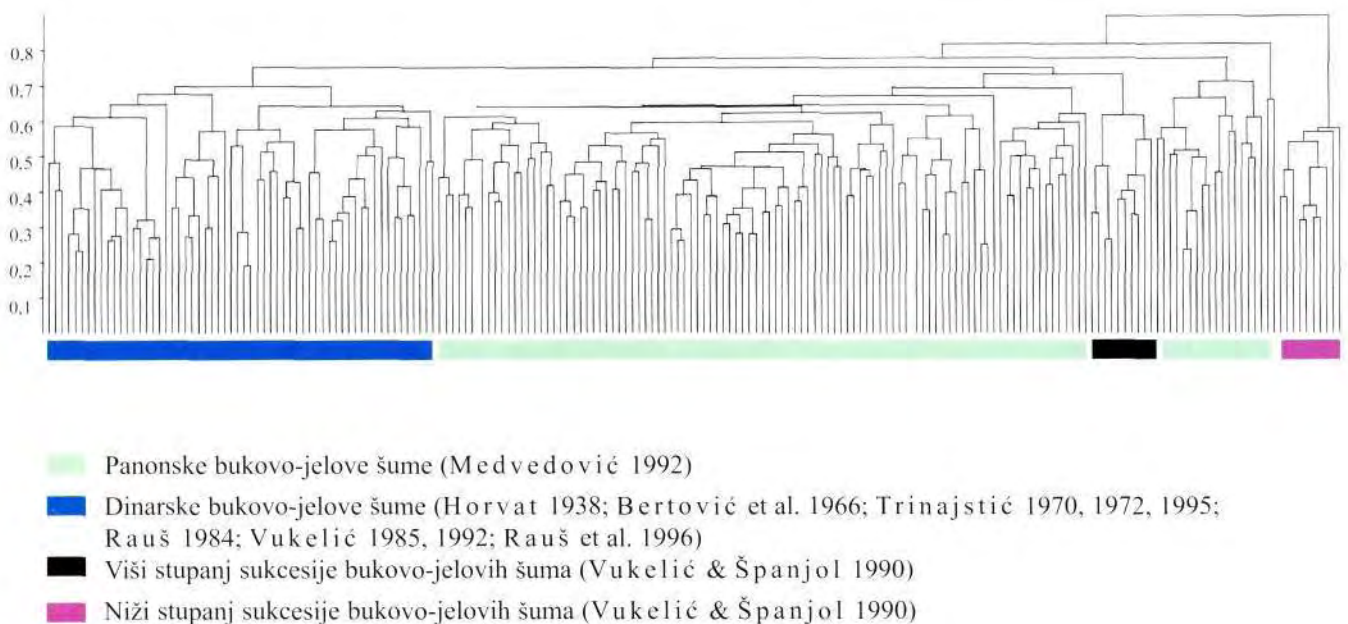
REZULTATI, RASPRAVA I ZAKLJUČAK – Results, discussion and conclusion

Numerička analiza u fitocenološkim istraživanjima danas predstavlja trend u svijetu, a objavljivanje radova u stranim fitocenološkim časopisima bez numeričke analize gotovo da je nemoguće. Uvođenje numeričke analize fitocenoloških snimaka u naša istraživanja je neophodno, jer se broj snimaka za pojedine asocijacije, iako dosta sporo, stalno povećava. Analiza tako velikog broja snimaka klasičnim putem, slaganjem fitocenoloških tablica, vrlo je nepregledna i teška za interpretaciju.

U zadnje se vrijeme fitocenolozima često prigovara zbog zanemarivanja niza ekoloških parametara u svojim istraživanjima tj. zbog neobjektivnosti u istraživa-

njima. Zbog toga se danas sve češće u svijetu upotrebljavaju statističke metode, npr. Correspondence analysis, koje osim florinoga sastava uzimaju u obzir i neke ekološke parametre (temperaturu, tlo, vlagu, nadmorsku visinu, ekspoziciju, inklinaciju i dr.; usp. Digby & Kempton 1987).

Danas u Hrvatskoj ne postoji niti jedan legalan statistički paket za numeričku analizu fitocenoloških snimaka, te je i objavljivanje radova s takvom analizom u časopisima nemoguće. Tijekom 2000. godine u nekoliko navrata boravili smo u Ljubljani na Biološkom institutu Slovenske akademije znanosti i umjetnosti, gdje



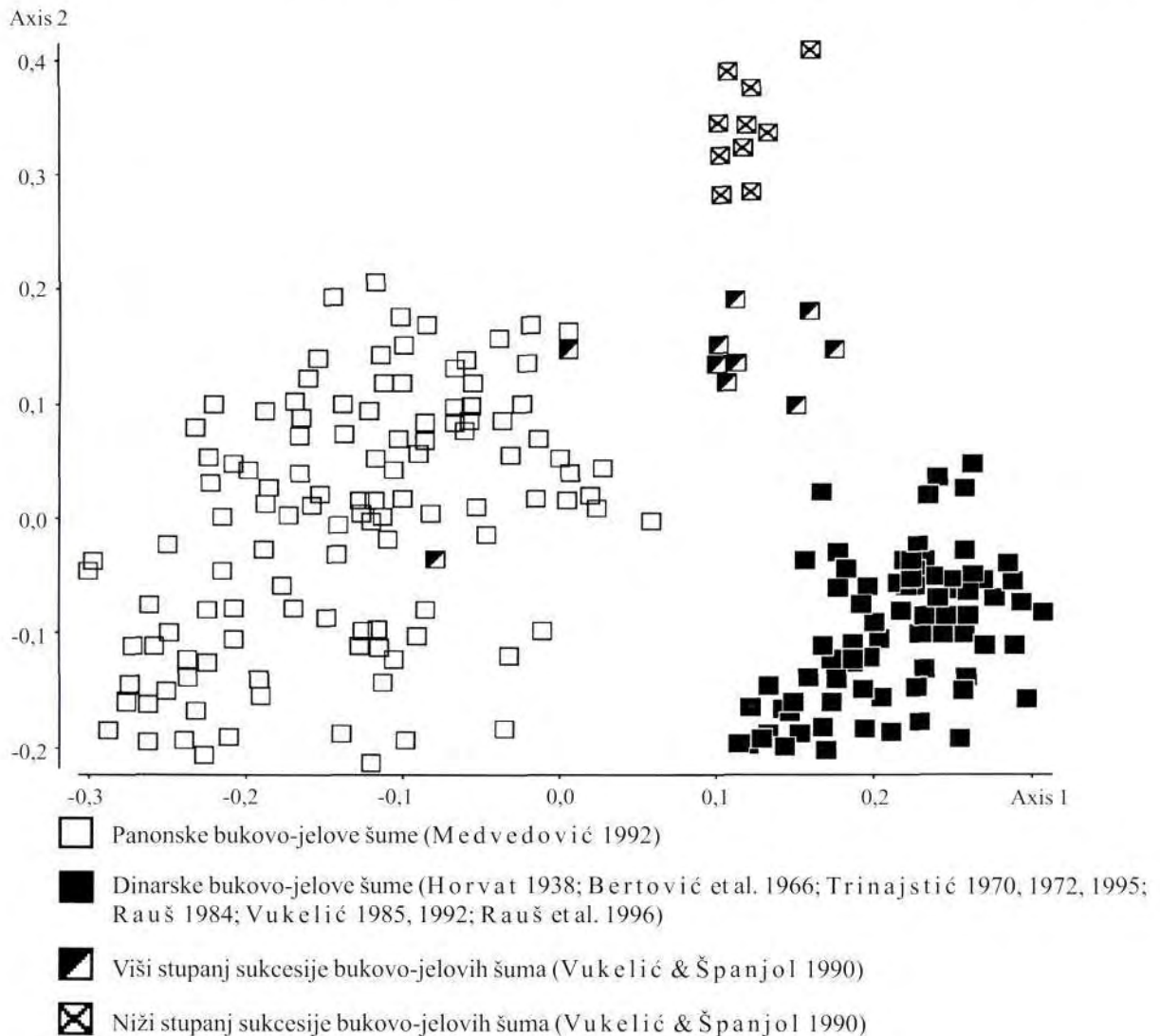
Slika 2. Dendrogram dobiven WPGMA metodom

smo se upoznali s radom na navedenoj analizi. Kako između nas i Biološkoga instituta u Ljubljani postoji višegodišnja suradnja, tako smo za ovu prigodu napravili jednu kompilaciju svih dosadašnjih fitocenoloških istraživanja bukovo-jelovih šuma u Hrvatskoj, koju smo prezentirali nedavno na 7. Hrvatskom biološkom kongresu (usp. Škvorc et al. 2000). Taj rad ima za cilj potaknuti naše istraživače na intenzivnija timska (multidisciplinarna) istraživanja, a zadatak je da se objektivnijim pristupom fitocenološkim istraživanjima stvori jasnija slika vegetacije Hrvatske.

Koristeći sve dosad objavljene fitocenološke radove o bukovo-jelovim šumama Hrvatske, s potpunim prikazom fitocenoloških snimaka, napravljena je numerička analiza fitocenoloških snimaka. Analizirano je ukupno 216 snimaka iz 11 izvora (Horvat 1938; Bertović et al. 1966; Trinajstić 1970, 1972, 1995; Rauš 1984; Medvedović 1992; Vukelić 1985, 1992; Vukelić & Španjol 1992; Rauš et al. 1996), od

čega je 78 snimaka iz dinarskoga i 138 snimaka iz panonskoga područja. Prosječan broj vrsta po snimci je 36 (u dinarskom području je 41, a u panonskom 34).

Sve fitocenološke snimke rađene su po standardnoj metodi Braun-Blanquet-a. Pri tome se u tablice unose kombinirana procjena abundancije i pokrovnosti te procjena socijalnosti za svaku vrstu. S obzirom da je socijalnost za pojedinu vrstu više-manje stalna, a i neprikladna za numeričku analizu, korištena je samo kombinirana procjena abundancije i pokrovnosti. Svi podaci unošeni su u jednu zajedničku tablicu u programskome paketu "TURBO (VEG)" (Hennekens 1996). Pri tome je Braun-Blanquet-ova kombinirana skala za procjenu abundancije i pokrovnosti transformirana u van der Maarel-ovu ordinalnu skalu (van der Maarel 1979). Na svim navedenim snimkama provedene su dvije metode numeričke analize – klaster-ska analiza i multidimenzionalno skaliranje (usp. sl. 2 i 3). Numerička analiza provedena je s programskim pa-



Slika 3. Prikaz multidimenzionalnoga skaliranja fitocenoloških snimaka bukovo-jelovih šuma (*Abieti-Fagetum* s. l.) u Hrvatskoj

ketom SYN-TAX 5.02 koji se koristi za multivarijatne analize u taksonomiji i sinekologiji.

Rezultati četiriju metoda klasterske analize gotovo se u potpunosti podudaraju, te je za ovu prigodu korištena samo WPGMA metoda (sl. 2). Također se i rezultati klasterske analize i multidimenzionalnoga skaliranja podudaraju (usp. sl. 2 i 3), a radi bolje preglednosti za interpretaciju izabrani su rezultati multidimenzionalnoga skaliranja (usp. sl. 3). Tom su analizom snimke podijeljene u četiri jasno uočljive skupine – prvu skupinu čine snimke iz dinarskoga područja, koje su prilično homogene, drugu skupinu čine snimke iz panonskoga područja, koje su također jasno odvojene od dinarskih,

ali manje homogene. Treću i četvrtu skupinu predstavljaju snimke koje su načinjene na degradiranim staništima panonskih bukovo-jelovih šuma. Jednu od njih čine snimke gdje je dominantna vrsta breza uz manje učešće bukve i jele (niži stupanj sukcesije), dok drugu skupinu čine snimke gdje su dominantne vrste bukva i jela (viši stupanj sukcesije). Obje te skupine dobro se razlikuju međusobno, kao i od tipičnih panonskih i dinarskih bukovo-jelovih šuma. Rezultati dosadašnjih istraživanja u potpunosti se podudaraju s rezultatima numeričke analize fitocenoloških snimaka, a razlika je u načinu prikazivanja rezultata, pri čemu je numerička analiza daleko prihvatljivija i lakša za interpretaciju.

ZAHVALA – Acknowledgements

Tijekom 2000. godine, u nekoliko navrata, boravili smo u Ljubljani na Biološkom institutu Slovenske akademije znanosti i umjetnosti, gdje smo se upoznali s radom Instituta, a posebice s radom na numeričkoj analizi fitocenoloških snimaka. Kako između nas i Biološkoga instituta u Ljubljani postoji višegodišnja suradnja, tako smo za ovu prigodu napravili jednu kompilaciju svih dosadašnjih fitocenoloških istraživanja bukovo-jelovih šuma u Hrvatskoj, u koju je uključen i njihov djelatnik Dr. Andraž Čarni. Ovom se prigodom zahvaljujemo

Biološkome institutu u Ljubljani što nam je omogućen rad na numeričkoj analizi fitocenoloških snimaka korištenjem statističkih paketa TURBO (VEG) i SYN-TAX, bez kojih bi ovaj rad bilo nemoguće publicirati. Također se zahvaljujemo bivšemu dekanu Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu prof. dr. sc. Josi Vukeliću i Javnom poduzeću "Hrvatske šume" iz Zagreba, koji su svojom financijskom potporom omogućili naše uključivanje u svjetske trendove fitocenoloških istraživanja.

LITERATURA – References

- Bertović, S., D. Cestar, Z., Pelcer, 1966: Prilog poznavanju proizvodnih mogućnosti šume bukve s jelom (*Fagetum croaticum abietetosum* Horv.) na Ličkoj Plješivici. Radovi Šum. Inst. Jastreba. 5 (2): 1-62.
- Digby, P. G. N., R. A. Kempton, 1987: Multivariate Analysis of Ecological Communities. Chapman And Hall Ltd.
- Hennekens, S. M., 1996: TURBO (VEG), Software package for input, processing, and presentation of phytosociological data, User's guide. IBN-DLO University of Lancaster.
- Horvat, I., 1938: Biljnoscijološka istraživanja šuma u Hrvatskoj. Glas. šum. Pokuse 6: 127-279.
- Marinček, L., L. Mucina, M. Zupančič, L. Poldini, I. Dakskobler, M. Accetto, 1992: Nomenklatorische Revision Der Illyrischen Buchenwälder (Verband *Aremonio-Fagion*). Studia Geobotanica 12: 121-135.
- Medvedović, J., 1992: Sinekologija zajednice obične jele (*Abies alba* Mill.) u sjevernoj Hrvatskoj i floristički parametri važni za gospodarenje bukovo-jelovim šumama. Dr. disertacija - Šumarski fakultet Zagreb.
- Pecina, M., 1998: Multivarijatna analiza i primjena u oplemenjivanju bilja. Dr. disertacija - Agromski fakultet Zagreb.
- Pelcer, Z., 1979: Šumske zajednice. Radovi šum. Inst. Jastreba. 39: 24-42.
- Podani, J., 1993: SYN-TAX. Version 5.0. User's guide. Scientia, Budapest.
- Podani, J., 1994: Multivariate data analysis in Ecology and Systematics. SPB Academic Publishing bv. Den Haag.
- Rauš, Đ., 1984: Šumska vegetacija na sjeverozapadnoj granici Balkanskog poluotoka. Šum. list 108 (5-6): 225-238.
- Rauš, Đ., 1984: Šumska fitocenologija. Sveučilišna naklada Liber. Zagreb.
- Rauš, Đ., Ž. Španjol, D. Baričević, 1996: Ekološko - biološka istraživanja i sukcesija na trajnim plohama u bukovo-jelovoj šumi u Hrvatskoj. Glas. Šum. Pokuse 33: 1-52.
- Sharma, S., 1996: Applied Multivariate Techniques. John Wiley & Sons, Inc.
- Škvorc, Ž., J. Franjić, A. Čarni, 2000: Numerička analiza fitocenoloških snimaka u šumama bukve i jele (*Abieti-Fagetum* s. L.) u Hrvatskoj. Zbornik sažetaka priopćenja sedmog hrvatskog biološkog kongresa, 273-275. Hvar.

16. Trinajstić, I., 1970: Prilog poznavanju šumske vegetacije prašumskog rezervata "Ćorkova Uvala" u Hrvatskoj. Akad. Nauka i Umjet. Bosn. Herceg. 15(4): 125-130.
17. Trinajstić, I., 1972: O rezultatima komparativnih istraživanja florističkog sastava prašumskih i gospodarskih sastojina zajednice *Fagetum Croaticum Abietetosum* Ht. u Hrvatskoj. Šum. list 96 (9-10): 334-347.
18. Trinajstić, I., 1986: Šuma jele i bekice (*Luzulo-Abietetum* Oberd. 1957). U: Jovanović, B., R. Jovanović, M. Zupančić: Prirodna potencijalna vegetacija Jugoslavije (komentar karte M 1:1.000.000). Naučno veće Vegetacijske karte Jugoslavije.
19. Trinajstić, I., 1995: Urwald, Naturwald, Wirtschaftswald Ein Vergleich Der Floristischen Struktur. Sauteria 6: 109-132.
20. Van der Maarel, E., 1979: Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. Vegetatio 39 (2): 97-114.
21. Vukelić, J., 1985: Doprinos fotointerpretacijske analize vegetacijskom istraživanju šumskih zajednica Nacionalnog parka "Risnjak". Glas. šum. Pokuse 23: 95-140.
22. Vukelić, J., 1992: A Supplement to the Research on Fir Forests in North Velebit. U: Prpić, B., Seletković, Z. (ur.): 6. IUFRO Tannensymposium 133-142. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
23. Vukelić, J., Ž. Španjol, 1990: Fitocenološki karakter čistih sastojina obične breze *Betula Pendula* Roth.) u području panonskih šuma bukve i jele (*Fagetum Croaticum Boreale Abietetosum* Horv.) na Papuku. Šum. list 114(9-10): 357-368.
24. Vukelić, J., D. Baričević, 1996: Fitocenološka usporedba dinarskih i panonskih bukovo-jelovih šuma (*Abieti-Fagetum* s. L.) u Hrvatskoj U: Matić, S., Gračan, J. (ur.): Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996. Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, 1: 87-96. Hrvatsko šumarsko društvo. Zagreb.
25. Vukelić, J., Đ. Rauš, 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

SUMMARY: Today, the numerical analysis in phytosociological research presents a trend in the world, and any publishing of works in foreign phytosociological publications without the numerical analysis practically is impossible. The introduction of phytosociological records into our researches is indispensable, because the number of records for individual associations shows a slow yet permanent increase. The analysis of such a large number of records by classical method (i.e. by making of phytosociological tables) is very difficult and not-easy-to consult.

Lately, the phytosociologists are often criticized for neglecting many ecological parameters in their research, namely for the lack of objectivity in their work. For this reason, nowadays, in the world the statistical methods (such as Correspondence Analysis) are used more and more often, which in addition to the floral composition take into consideration certain ecological parameters, too (temperature, soil, moisture, altitude, exposition, inclination, and the like, comp. Digby & Kempton 1987).

Today, in Croatia, there is not a single statistical package for the numerical analysis of phytosociological records, so publishing of works containing such analysis in publications is impossible. In 2000, we stayed several times in Ljubljana in the Institute for Biology at the Slovenian Academy of Arts and Science, where we got acquainted with the work on the said analysis. As there is a co-operation of many years between ourselves and the Institute for Biology in Ljubljana, for this occasion we have prepared a compilation of all earlier phytosociological researches of the beech-fir forests in Croatia. The objective of this work is to encourage our research workers for more intensive (multidisciplinary) researches, with the task to form by means of a more objective approach to phytosociological researches a clearer picture of the vegetation of Croatia.

From all so far unpublished phytosociological works dealing with the beech-fir forests of Croatia (*Abieti-Fagetum* s. L.), the numerical analysis of phytosociological records has been made. A total of 216 records from 11 sources has been analyzed (Horvat 1938; Bertović et al. 1966; Trinajstić 1970, 1972, 1995; Rauš 1984; Medvedović 1992; Vukelić 1985, 1992; Vukelić & Španjol 1992; Rauš et al. 1996), out of which 78 records from the Dinaric region and 138 records from the Pannonian one (cf. Fig. 1). The average number of species per record is 36 (in the Dinaric region 41 and in the Pannonian one 34).

All phytosociological records have been made using the standard Braun-Blanquet's method. In that, the combined abundance and coverage estimate and the sociality estimate for each species are entered in the tables. The sociality for individual species being more or less permanent, but also unsuitable for the numerical analysis, the combined abundance and coverage estimate only has been used. All data have been entered in one common table in the programme package "TURBO (VEG)" (Henkens 1996). In that, the Braun-Blanquet's combined scale for abundance and coverage estimation has been transformed into the van der Maarel's ordinal scale (van der Maarel 1979). To all said records, two numerical analysis methods have been applied – the cluster analysis and the multidimensional scaling (cf. Fig. 2 and 3). The numerical analysis has been applied by means of the programme package SYN-TAX 5.02 which is used for multivariate analyses in taxonomy and sinecology.

The results of both these methods coincide, but for easier reference the results of multidimensional scaling have been chosen for interpretation purposes (cf. Fig. 3). In this analysis, the records have been divided into four clearly distinctive groups. The first group consists of the records from the Dinaric region, which are rather homogenous, the second group comprises the records from the Pannonian region, which are also clearly distinctive but less homogenous, while the third and the fourth groups are represented by the records made on the degraded habitats of Pannonian beech-fir forests. One of these two groups comprises the records in which predominant species is the birch with a small participation of the beech and the fir (a lower succession level), while the other group comprises the records where the beech and fir species are predominant (a higher succession level). Both these groups are well discriminated both between themselves and from the typical Pannonian and Dinaric beech-fir forest. The results of the earlier researches coincide fully with those of the phytosociological record numerical analysis, and the difference is in the presentation of results with the numerical analysis being much more acceptable and easier for interpretation.

Key words: *Abieti-Fagetum*, beech-fir forests, numerical analysis, Croatia