

DENDROKLIMATOLOŠKA ANALIZA OBIČNE BUKVE (*Fagus sylvatica* L.) SA PAPUKA

DENDROCLIMATOLOGY ANALYSIS OF COMMON BEECH (*Fagus sylvatica* L.) ON PAPUK

Nikola LUKIĆ*

SAŽETAK: Dendroklimatološka istraživanja provedena su u jednodobnim bukovim sastojinama u pojasu klimazonalnih bukovih šuma panonskog dijela Hrvatske (Fagetum croaticum pannonicum Horv. 1938). Cilj je bio ustanoviti dendrokronološke promjene i "stresove", odnosno datirati takva zbivanja te ih usporediti s klimatskim podacima meteorološke stanice Požega.

Dendroklimatološka istraživanja u bukovim sastojinama panonskog dijela Hrvatske govore nam da je u prirodi došlo do globalnog zatopljenja.

Analiza srednjih vrijednosti vegetacijskih kvocijenata pokazuje nam izrazito veliku varijabilnost za stogodišnje razdoblje od 1885. do 1984. godine. To nam govori da je došlo do preraspodjele padalina upravo u najrizičnijem razdoblju u godini – razdoblju vegetacije, a to znači da je prirast bukovih stabala i sastojina po kvaliteti slabiji, a kvantitetu manji.

Rezultati dobiveni analizama vremenske serije vegetacijskog kvocijenta (VC) s odnosima prirasta (i_{ns}/i_{ds}) pokazuju nam da je kvaliteta i kvantiteta prirasta bukovih stabala i sastojina slabija nego što su nam dosadašnja istraživanja ukazivala.

Ključne riječi: dendroklimatologija, vremenske serije, vegetacijski kvocijent, obična bukva

UVOD – Introduction

Najtočniji podaci za istraživanje zakonitosti promjena u šumskim ekosustavima su oni koje dobijemo kontinuiranom izmjerom na trajnim pokusnim ploham, ali to često nije moguće zbog značajnog utroška vremena i novca. Ako nismo u stanju obaviti snimanje svih promjena, to onda čini **samo stablo**. Stablo svojim prirašćivanjem u debljinu kontinuirano i stalno snima utjecaj klimatskih čimbenika na rast stabla, a također i promjene nastale uslijed biotskih i abiotskih čimbenika, npr. požari, insekti, utjecaj štetnih plinova itd. Znači analizom širine godova proučavamo stanje sastojine u prošlosti (Van Densen 1987).

Sve promjene radijalnog prirasta (i_r) ili širine goda primjernog stabla, a također i visinskog prirasta, ukazuju nam na tijek razvoja cijele biljne zajednice odnosno šumskog ekosustava. Tu moramo biti oprezni, jer utjecaj klimatskih čimbenika različito djeluje na pojedino stablo (Fritts 1976).

Istraživanja u meteorologiji ukazuju da je zadnjih sto godina došlo do izrazitih promjena rasporeda količina oborina i temperature zraka koji su bitni za razvoj pojedinih vrsta drveća. Sinergističko djelovanje klimatskih čimbenika s ostalim čimbenicima sve više utječe na naš odnos i djelovanje u šumskim ekosustavima (Gärtner & Stoll 1990, Thomasius 1991, Auer & Böhm 1994).

Simuliranjem dinamike razvoja sastojine obično podrazumijevamo stvaranje modela kojim oponašamo životne uvjete određenog ekosustava. To nam omogućuje da donosimo zaključke na razini stvarnih ili hipotetskih podataka, odnosno želja (Pranjić 1985). Kod složenijih modela simuliranja razvoja sastojina gdje koristimo klimatološke podatke, bitni čimbenici su temperature i njihove amplitude te raspored i količina oborina u vegetacijskom razdoblju (5–9 mjesec) (Shugart 1984).

Naši istraživači uočili su značenje pojedinih klimatskih čimbenika na razvoj naših šuma koje imaju ve-

* Dr. sc. Nikola Lukić, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

liku ekološku i gospodarsku vrijednost i njihovo značenje u zaštiti flore i faune ovoga dijela Evrope, te preporučili određene uzgojne mjere za povećanje stabilnosti šumskih ekosustava (Prpić 1987).

U panonskom području Hrvatske obična bukva uz hrast lužnjak zauzima najveće površine. Dosadašnja istraživanja pokazala su da je intenzitet sušenja stabala

obične bukve u porastu te iznosi 19,8 %. Također su uočena značajnija oštećenja odnosno sušenja u bukovim sastojinama s jače narušenom strukturom. Sastojine južnih ekspozicija i na grebenima imaju najviše oštećenih stabala, a također se smanjuju *pH* vrijednosti u tlu te povećava zakiseljenost u iznosu 8,33 % (Sletković 1991).

MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA – Material and working methods of investigation

Dendroklimatološka istraživanja provedena su u jednodobnim bukovim sastojinama u pojasu klimazonalnih bukovih šuma panonskog dijela Hrvatske (*Fagetum croaticum panonicum* Horv. 1938) na području nastavno pokusnog šumskog objekta Duboka u šumariji Velika, uprava šuma Požega. Cilj nam je bio ustanoviti dendrokronološke promjene i "stresove", odnosno datirati takva zbivanja te ih usporediti s klimatskim podacima meteorološke stanice Požega. Istraživanja su prove-

dena na trajnim pokusnim ploham Katedre za dendrometriju postavljenim na nastavno pokusnom šumskom objektu Duboka, Velika.

Oborena su bukova stabla za totalnu i dendrokronološku analizu.

Da bismo donekle opisali sastojine u kojima su obavljena istraživanja, donosimo osnovne podatke o njima (Tab. 1).

Tablica 1. Struktura istraživanih sastojina obične bukve – Structure of investigation beech stands

Odjel, odsjek Departament	Ploha Plot	<i>t</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	\bar{d}	<i>s_d</i>	\bar{h}	<i>s_h</i>
28 b	4	62	749	33,05	22,5	7,509	26,8	3,496
23 a	6	104	424	23,80	25,2	8,845	23,6	2,952
15 a	10	126	208	30,16	40,3	14,774	27,2	2,476

t - starost sastojine (godina) - Age stand (year)

N - broj stabala po hektaru - Number of trees per ha

G - temeljnica po hektaru (m²) - Basal-area per ha

\bar{d} - srednji promjer (cm) - Mean diameter

s_d - standardna devijacija promjera (cm) - Diameter

standard deviation

\bar{h} - srednja visina (m) - Mean height

s_h - standardna devijacija visina - Heights standard deviation

Za analizu prirasta oboreno je ukupno 26 stabala obične bukve, 9 stabala prosječne starosti 115 godina i 17 stabala prosječne starosti 62 godine.

Na oborenim stablima obavljena je laboratorijska obrada na elektronskom čitaču godova "Lega – SMIL 3" na Katedri za dendrometriju Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Također su obrađeni relevantni klimatski podaci za 100-godišnje razdoblje meteorološke stanice Požega, te izračunat Ellenbergov kvocijent (*EC*) kao odnos sre-

dnje srpanjske temperature i godišnje količine oborina. Osim ovoga kvocijenta, izračunali smo i vegetacijski kvocijent (*VC*) prema B. Prpiću (Prpić 1987). To je odnos srednje srpanjske temperature i količine oborina u vegetacijskom razdoblju (5–9 mjesec).

Nakon analize svih podataka (širine godova, visina i klimatskih podataka) i provedene biometričke obrade podataka, od obilja podataka i rezultata odlučili smo prezentirati, po našem mišljenju, bitne podatke i rezultate za razumijevanje dendroklimatološke analize.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA – Results of investigation

Od obilja klimatskih podataka u razmatranje smo uzeli količinu oborina i temperaturu zraka. Kretanje srednje godišnje temperature zraka i srednje temperature mjeseca srpnja prikazali smo na grafikonu 1. Na grafikonu 2. prikazali smo količinu oborina u godini i u vegetacijskom razdoblju (5–9 mjesec).

Prosjeck oborina za razdoblje od 1888. do 1984. iznosi 777 mm, sa standardnom devijacijom 152,2 mm. Najviše je bilo oborina 1937. godine 1173 mm, a najmanje 1894. godine 457 mm. Prosjeck temperatura za isto razdoblje je 10,4 °C, sa standardnom devijacijom

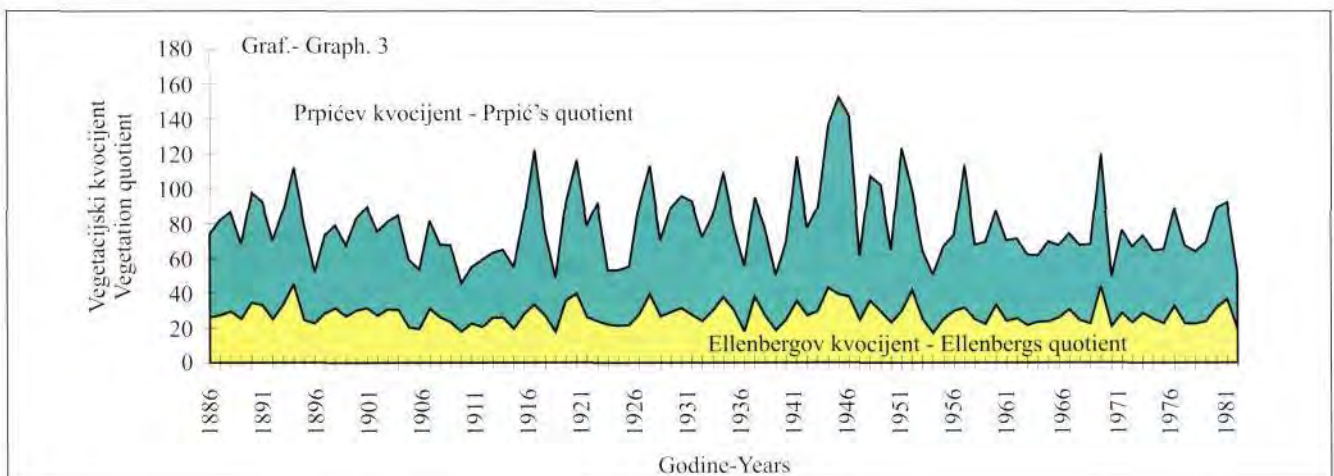
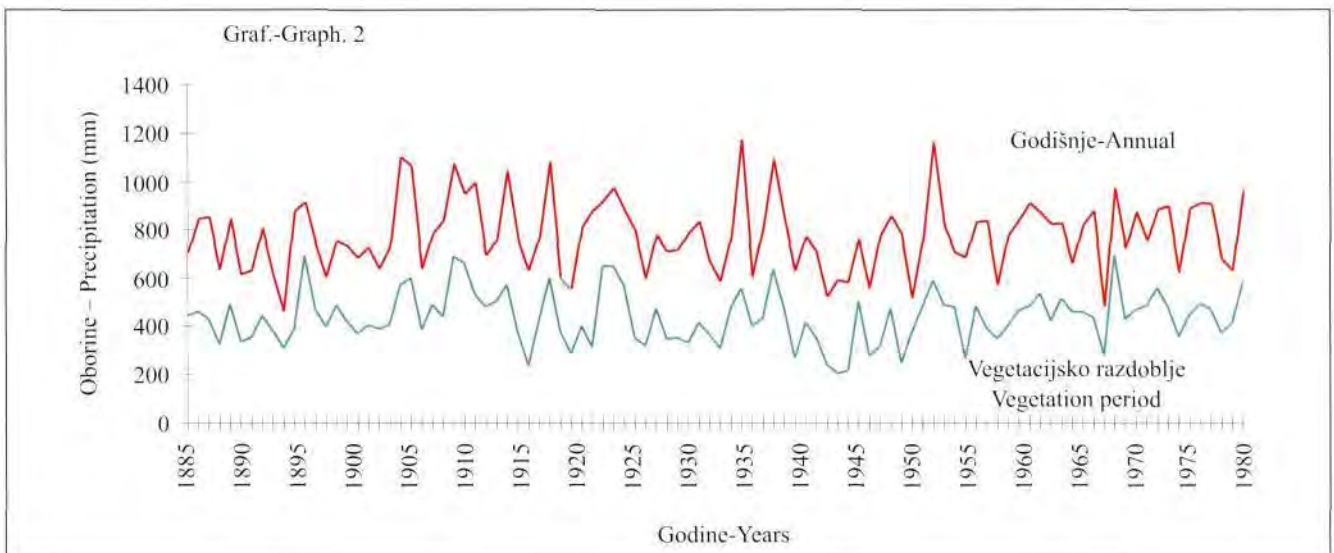
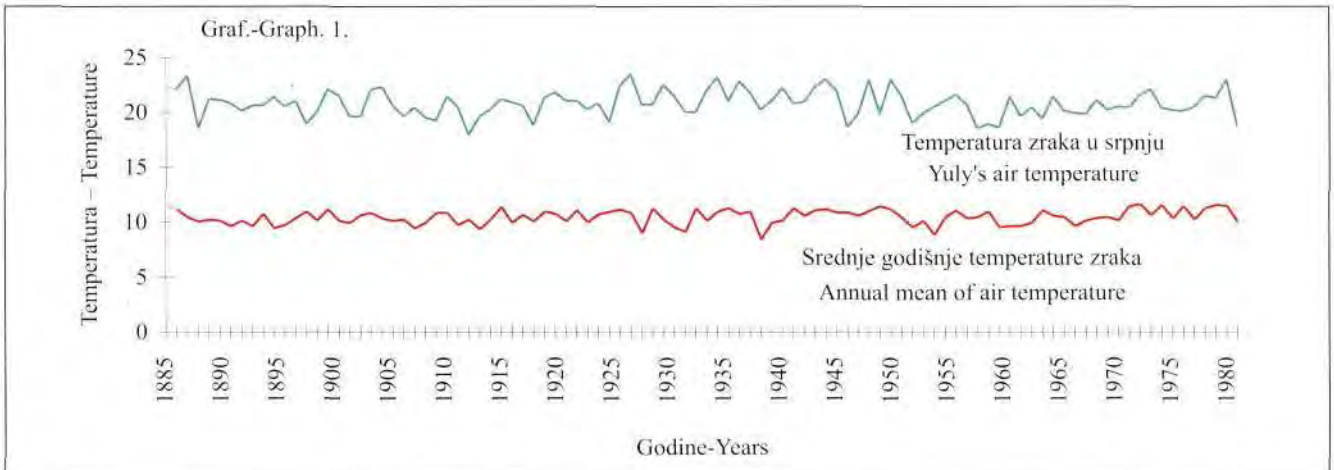
0,67 °C. Najmanji srednjak temperature bio je 1940. godine 8,4 °C, a najveći od 11,6 °C bio je 1885. godine. Ako promatramo apsolutne vrijednosti maksimuma i minimuma temperature zraka s datumom i godinom nastupa, tada je u razdoblju od 1928. do 1984. godine, 19. kolovoza 1946. godine maksimalna temperatura iznosila 39,5 °C, a 24. siječnja 1942. godine minimalna je temperatura bila -32,8 °C.

Na temelju ovih podataka izračunali smo i na grafikonu 3 prikazali Ellenbergov kvocijent i vegetacijski kvocijent B. Prpića. Ellenbergov kvocijent (*EC*) za sto-

godišnje razdoblje od 1885. do 1984. godine iznosi $27,8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{mm}$, sa standardnom devijacijom $s_{EC} = 6,516\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{mm}$. Vegetacijski kvocijent (VC) za isto razdoblje iznosi $51,6\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{mm}$, sa standardnom devijacijom $s_{VC} = 16,282\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{mm}$.

Na grafikonima 2. i 3. može se uočiti da su najkritičnije godine, što se tiče minimalnih vrijednosti oborina i maksimalnih vrijednosti kvocijenata, bile 1894, 1917, 1946. i 1971. godina.

Na temelju dendrokronološke i totalne analize modelnih stabala obične bukve prikazali smo u Tablici 2. i 3. po razdobljima od pet godina: kretanje srednjeg promjera (d), srednje visine (h), tečajnog debljinskog prirasta (i_{d5}), tečajnog visinskog prirasta (i_{h5}), srednji vegetacijski kvocijent (VC_5), odnos srednje visine i srednjeg promjera (h/d) te odnos tečajnog visinskog prirasta i tečajnog debljinskog prirasta (i_{h5}/i_{d5}).



Tablica 2. Bukove sastojine - 60 godina – Beech stands - 60 years

t	\bar{d}	h	i_{d5}	i_{h5}	VC_5	h/d	i_{h5}/i_{d5}
1980	23.2	28	0.332	0.484	49.38	1.207	1.458
1975	21.5	25.6	0.417	0.484	43.7	1.191	1.161
1970	19.4	23.2	0.365	0.455	47.68	1.196	1.247
1965	17.6	20.9	0.317	0.321	42.56	1.187	1.013
1960	16	19.3	0.248	0.327	54.7	1.206	1.319
1955	14.8	17.6	0.245	0.331	43.32	1.189	1.351
1950	13.6	16	0.235	0.282	63.4	1.176	1.2
1945	12.4	14.6	0.296	0.274	84.2	1.177	0.926
1940	10.9	13.2	0.355	0.276	53.54	1.211	0.777
1935	9.1	11.8	0.361	0.356	52.4	1.297	0.986
1930	7.3	10	0.355	0.385	61.5	1.37	1.084
1925	5.5	8.1	0.325	0.409	45.68	1.473	1.258
1920	3.9	6.1	0.331	0.451	53.32	1.564	1.363

Opis iskazanih varijabli u Tab. 2. i 3. – Description of the variables in Tab. 2. and 3.

t - Vrijeme (godine) - Time (Years)

\bar{d} - Srednji promjer - Mean diameter (cm)

h - Srednja visina - Mean height (m)

i_{d5} - Prosj. teč. debljin. prirast - Mean current diameter increment (cm)

i_{h5} - Prosj. teč. visin. prirast - Mean current height increment (m)

VC_5 - Sred. vegetacijski kvocijent - Mean vegetation quotient ($^{\circ}C/mm$)

h/d - Odnos visine i promjera - Relation of height and diameter

i_{h5}/i_{d5} - Odnos visin. i debljin. prirasta - Relation of height and diameter increment

Tablica 3. Bukove sastojine - 100 godina – Beech stands - 100 years

t	\bar{d}	h	i_{d5}	i_{h5}	VC_5	h/d	i_{h5}/i_{d5}
1980	39.8	27.5	0.497	0.606	49.38	0.691	1.219
1975	37.3	24.5	0.712	0.179	43.7	0.657	0.251
1970	33.8	23.6	0.624	0.19	47.68	0.698	0.304
1965	30.7	22.6	0.373	0.214	42.56	0.736	0.574
1960	28.8	21.6	0.371	0.18	54.7	0.75	0.485
1955	26.9	20.7	0.333	0.162	43.32	0.769	0.486
1950	25.3	19.8	0.285	0.129	63.4	0.783	0.453
1945	23.8	19.2	0.265	0.138	84.2	0.807	0.521
1940	22.5	18.5	0.344	0.144	53.54	0.822	0.419
1935	20.8	17.8	0.344	0.234	52.4	0.856	0.68
1930	19.1	16.6	0.241	0.224	61.5	0.869	0.929
1925	17.9	15.5	0.24	0.196	45.68	0.866	0.817
1920	16.7	14.5	0.281	0.225	53.32	0.868	0.801
1915	15.3	13.4	0.296	0.227	51.52	0.876	0.767
1910	13.8	12.3	0.356	0.191	37.08	0.891	0.537
1905	12	11.3	0.444	0.275	45.88	0.942	0.619
1900	9.8	9.9	0.472	0.481	49.72	1.01	1.019
1895	7.4	7.5	0.517	0.309	50.36	1.013	0.598

Korelacijskom i regresijskom analizom ustanovili smo da su tečajni debljinski prirast (i_{d5}) i tečajni visinski prirast (i_{h5}) linearne funkcije vegetacijskog kvocijenta (VC_5). Na temelju dobivenih rezultata analiza (Tab. 4) možemo zaključiti da je u starijim bukovim sastoji-

nama (100-godišnjim) korelacija između tečajnog debljinskog prirasta (i_{d5}) i vegetacijskog kvocijenta (VC) $r = -0.406$, dok je kod srednjedobnih bukovih sastojina (60-godišnjih) $r = -0.264$.

Tablica 4. Linerna korelacijska i regresijska analiza – Linear Correlation's and regressions analysis

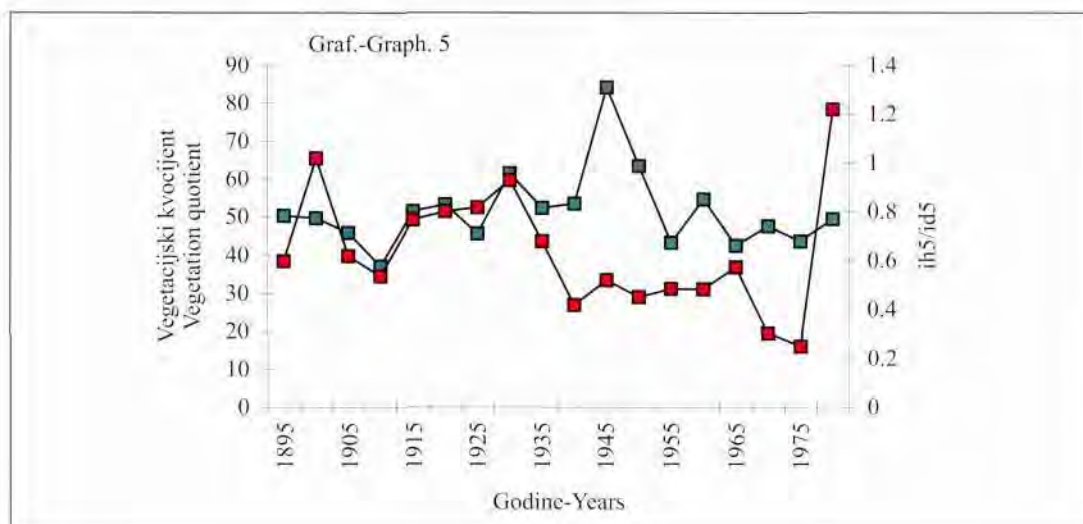
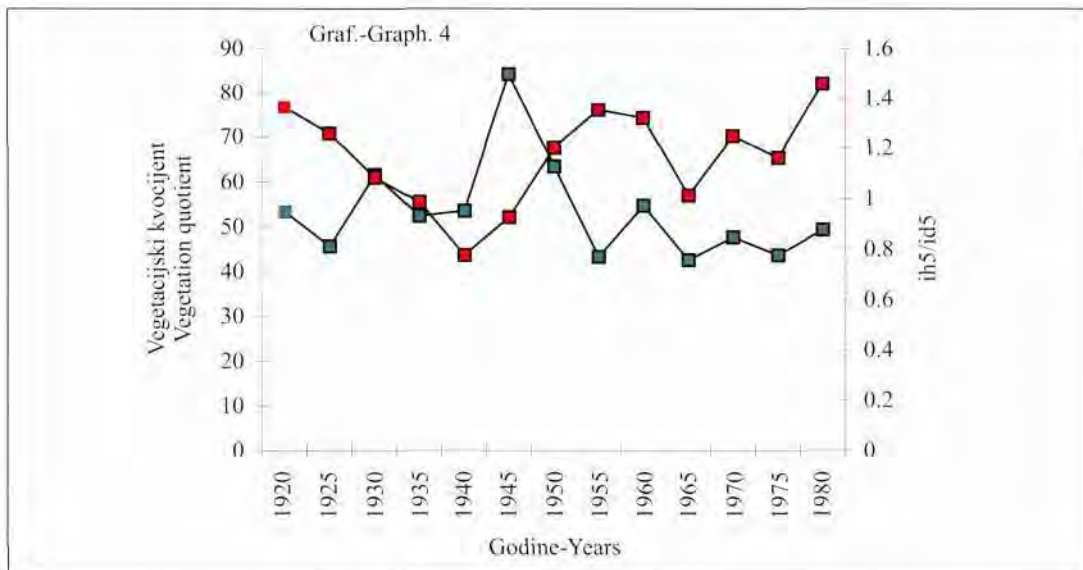
<i>t</i> Age	Funkcija Function	b_0	b_1	s_{vz}	r	Jakost korelacije - Degree of Correlation (Roemer-Orphal)
62	$i_{ds} = f(VC_5)$	0.372	0.0007	0.096	0.264	slaba - weak
	$i_{hs} = f(VC_5)$	0.584	-0.0037	-0.006	-0.448	srednja - medium
115	$i_{ds} = f(VC_5)$	0.666	-0.0054	0.119	-0.406	srednja - medium
	$i_{hs} = f(VC_5)$	0.335	-0.0022	0.119	-0.196	jako slaba - very weak

Korelacija između tečajnog visinskog prirasta (i_{hs}) i vegetacijskog kvocijenta (VC) je kod 60 godišnjih sastojina $r = -0.448$, a kod 100 godišnjih je $r = -0.196$.

Na grafikonima 4. i 5. vidljivo je da s povećanjem vegetacijskog kvocijenta (VC) opada odnos tečajnog periodičnog visinskog i tečajnog periodičnog debljinskog prirasta (i_{hs}/i_{ds}), što nam govori da su prirasti manji kod toplijih i sušnijih godina, a veći kod hladnijih i vlažnijih godina.

Dosadašnja istraživanja ukazivala su da je prirast

bukovih stabala i bukovih sastojina ovisan o gustoći i prostornom rasporedu stabala, te obliku distribucija strukturnih elemenata a posebice distribucija prsnih promjera (Lukić 1992). Poznato je da pojedini ekološki čimbenici također manje ili više utječu na razvoj prirasta. Može se uočiti da analize vremenske serije odnosa srednje srpanjske temperature i količine oborina u vegetacijskom razdoblju (5–9 mjesec) imaju utjecaj na razvoj prirasta bukovih stabala.



ZAKLJUČCI – Conclusions

Dendroklimatološka istraživanja koja su provedena u bukovim sastojinama panonskog dijela Hrvatske govore nam da je globalno u prirodi došlo do zatopljenja.

Analiza srednjih vrijednosti vegetacijskih kvocijenata pokazuju nam da je za stogodišnje razdoblje od 1885. do 1984. godine izrazita velika varijabilnost za vegetacijski kvocijent ($s_{VC} = 16,282$ °C/mm) prema Prpiću, dok je srednji Ellenbergov kvocijent s manjim varijabilitetom ($s_{EC} = 6,516$ °C/mm). Ta varijabilnost kvocijenata dokazuje da je došlo do preraspodjele padalina upravo u najrizičnijem razdoblju u godini – razdoblju vegetacije, a to znači da je kvaliteta i kvantiteta prirasta bukovih stabala i sastojina manja. Ekstremne vrijednosti oba vegetacijska kvocijenta ukazuju da su kritične godine u razvoju bukovih stabala u tim sastojinama bile 1894, 1917, 1946. i 1971. Iza godine 1945. vegetacijski kvocijent (VC) ne prelazi 50, što govori da iako su vrijednosti (VC) manje, godine bi trebale biti hladnije i

vlažnije što u stvarnosti nije, već je raspored oborina i temperatura u godini nepravilno raspoređen u vegetacijskom razdoblju.

Rezultati dobiveni analizama vremenske serije vegetacijskog kvocijenta (VC) s odnosima prirasta (i_{hs}/i_{ds}) pokazuju nam da što su vrijednosti vegetacijskog kvocijenta u mlađim sastojinama manje, odnosi prirasta su veći, a to znači da je visinski prirast u tim sastojinama veći (Graf. 4.). U starijim sastojinama odnosi prirasta pokazuju manje vrijednosti za iste vrijednosti vegetacijskih kvocijenata (Graf. 5.), što znači da je visinski prirast manji. To nam također govori da je kvaliteta i kvantiteta prirasta bukovih stabala i sastojina lošija nego što su nam dosadašnja istraživanja ukazivala.

Pokazalo se da su istraživanja prirasta vrlo kompleksna i da bi morala uključivati i istraživanja utjecaja ekoloških čimbenika, kao na primjer vegetacijski kvocijent.

LITERATURA – References

- Auer, I. & R. Böhm, 1994: Combined temperature-precipitation variations in Austria during the instrumental period. *Theor. and Appl. Climatology* 49: 161 - 174.
- Fritts, H. C., 1976: *Tree rings and climate*. Academic Press, London, 567 pp.
- Gärtner, R. & G. Stoll, 1990: Weiserjahre in Baden-Württemberg. *AFZ*, 45 Jg., 45: 1163 - 1167.
- Lukić, N., 1992: Utjecaj strukturnih promjena jednodobnih bukovih sastojina na visinski i debljinski prirast. *Glas. šum. pokuse*, 28: 1-48, Zagreb.
- Pranjić, A., 1985: Hipotetski razvoj sastojina hrasta lužnjaka. *Glasnik za šum. pokuse* 23: 1 - 23, Zagreb.
- Prpić, B., 1987: Ekološka i šumsko uzgojna problematika šuma hrasta lužnjaka u Jugoslaviji. *Šum. list* (111) 1 - 2: 41 - 52, Zagreb.
- Seletković, Z., 1991: Utjecaj industrijskih polutanata na običnu bukvu (*Fagus sylvatica* L.) u šumskim ekosistemima slavonskog gorja. *Glasnik za šum. pokuse* 27: 83 - 196, Zagreb.
- Shugart, H. H., 1984: *A Theory of Forest Dynamics*. Springer Verlag, New York, 278 p.
- Thomasius, H., 1991: Mögliche Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Wälder in Mitteleuropa. *Forstw. Cbl.* 110: 305 - 330.
- Van Deusen, P. C., 1987: Detecting effects of stand dynamics with tree ring data. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 1487 - 1495.
- * * Klimatski podaci za Slavonsku Požegu razdoblje 1885 - 1984. Građa za klimu Hrvatske. Broj 6, 137 p., 1990, Zagreb.

SUMMARY: Dendroclimatological research was conducted in even-aged beech stands in the belt of climatozonal beech forests in the Pannonian part of Croatia (Fagetum croaticum pannonicum Horv. 1938). The aim was to establish dendrochronological changes and "stresses", in other words, to date these occurrences and compare them with climatic data from the meteorological station Požega.

Dendroclimatological research in beech stand in the Pannonian part of Croatia indicates global warming in nature.

The analysis of mean values of vegetational quotients shows an exceptionally high variability for a hundred-year period from 1885 to 1984. This points to re-distribution of precipitation in the most risky period of the year – the period of vegetation, which means that the increment of beech trees and stands is poorer in terms of quality and lower in terms quantity.

The results obtained from the analyses of the vegetational quotient time series (VC) with increment ratios (i_{hs}/i_{ds}) show that the quality and quantity of the merement of beech trees and stands is poorer than indicated by research so far.

Key words: dendroclimatology, time series, vegetation quotient, common beech