

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

DENDROCLIMATOLOGICAL 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 vremenski odrediti takva zbivanja te ih usporediti s klimatskim podacima meteorološke stanice Požega.

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

Analiza srednjih vrijednosti vegetacijskih kvocijenata pokazuje nam da je za stogodišnje razdoblje od 1885. do 1984. godine izrazita velika varijabilnost. Ta varijabilnost kvocijenata govori nam 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.

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

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

UVOD – Introduction

Najbolji podaci za istraživanje zakonitosti promjena u šumskim ekosustavima su oni koje dobivamo kontinuiranom izmjerom na trajnim pokusnim plohama, ali to često nije moguće zbog značajnog utroška vremena i novca. Kada nismo u stanju obaviti snimanje svih promjena, to umjesto nas 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, ukazu-

ju 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 i te kako bitni za razvoj pojedine vrste drveća. Sinergističko djelovanje klimatskih čimbenika s ostalim čimbenicima sve više utječe na naš odnos i djelovanje u šumskim ekosustavima (Gärtner & Stoll 1990, Thomasius 1991).

Pod simuliranjem dinamike razvoja sastojine, obično podrazumijevamo stvaranje modela kojim oponašamo životne uvjete određenoga ekosustava. To nam omogućuje da donosimo zaključke na razini stvarnih ili hipotetskih podataka tj. želja (Pranjić 1985). Kod složenijih

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

modela simuliranja razvoja sastojina gdje koristimo klimatološke podatke, bitni su čimbenici temperature i njihove amplitude te raspored i količina oborina u vegetacijskom razdoblju (IV–IX mjesec) (Shugart 1984).

Naši istraživači uočili su značenje pojedinih klimatskih čimbenika na razvoj naših šuma koje imaju veliku ekološku i gospodarsku vrijednost i njihovo značenje u zaštiti flore i faune ovoga dijela Europe, te preporučili određene uzgojne mjere u svrhu povećanja stabilnosti šumskih ekosustava (Prpić 1987).

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 odrediti vrijeme takvih zbivanja te ih usporediti s klimatskim podacima meteorološke stanice Požega. Istraživa-

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 se povećava zakiseljenost u iznosu 8,33 % (Seletković 1991).

nja su provedena na trajnim pokusnim plohamu Katedre za dendrometriju, postavljenim na nastavno šumsko-pokusnom 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
Table 1. 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" u Katedri za dendrometriju Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Također su obrađeni relevantni klimatski podaci za stogodišnje razdoblje meteorološke stanice Požega, te je 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 (IV–IX mjesec).

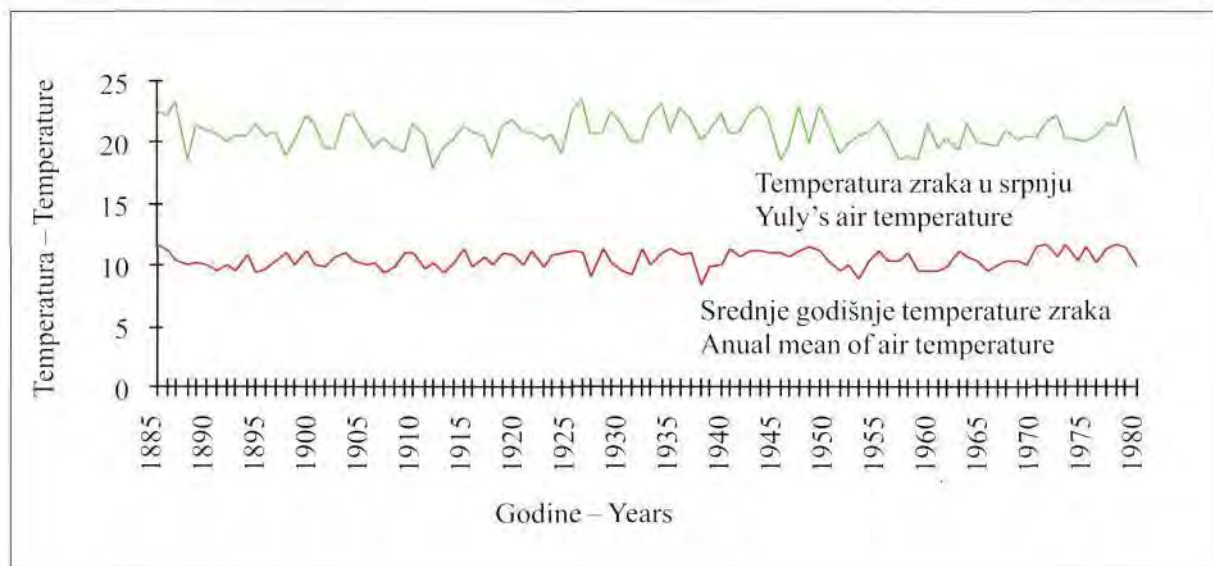
Nakon analize svih podataka (širine godova, visina i klimatskih podataka) i provedene biometričke obrade podataka, od obilja podataka i rezultata odlučili smo prezentirati, i po našem mišljenju, bitne podatke i rezultate za razumijevanje dendroklimatološke analize.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA – Results of investigation

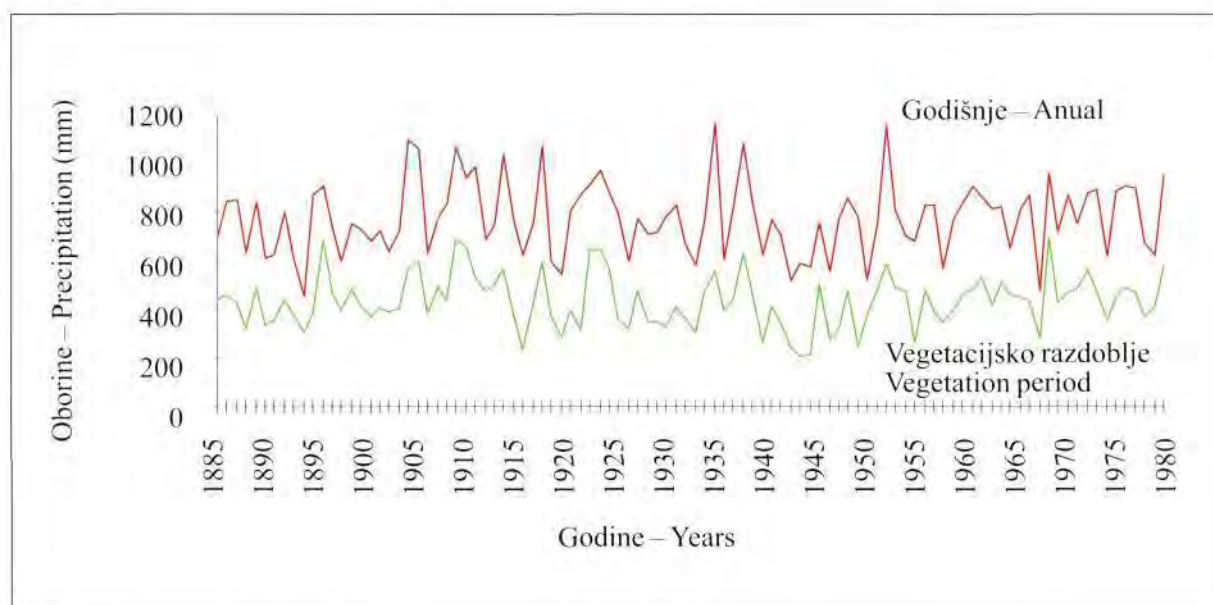
Od obilja klimatskih podataka u razmatranje smo uzeli količinu oborina i temperaturu zraka. Kretanje srednje godišnje temperature zraka i srednje tempera-

ture mjeseca srpnja prikazali smo na grafikonu 1. Na grafikonu 2. prikazali smo količinu oborina u godini i u vegetacijskom razdoblju (IV-IX mjesec).

Graf. – Graph. 1.



Graf. – Graph. 2.



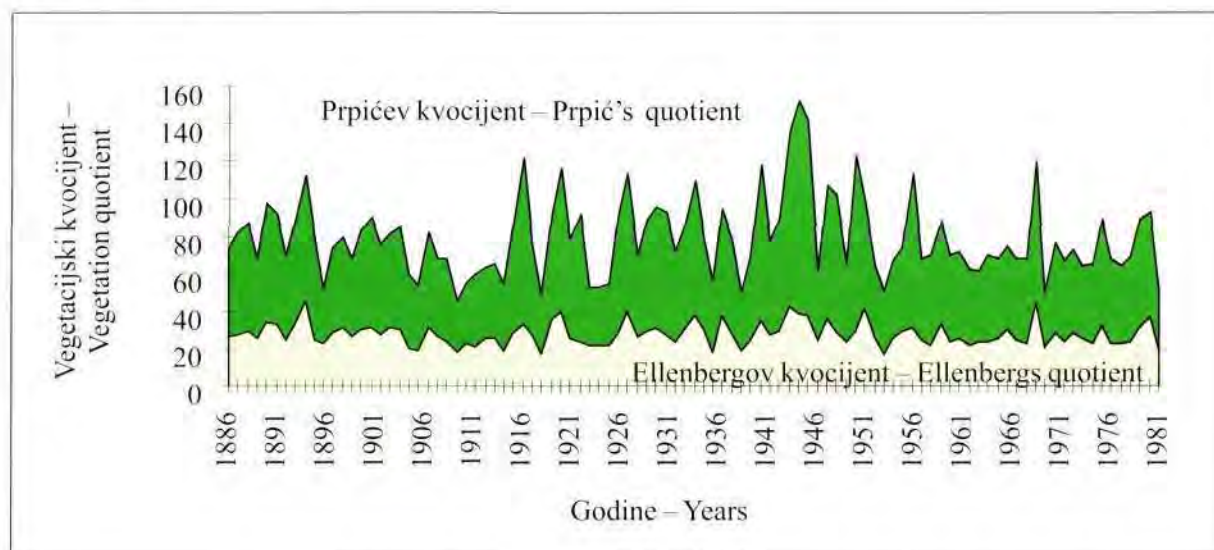
Prosjeck oborina za razdoblje od 1888. do 1984. iznosi 777 mm, sa standardnom devijacijom 152,2 mm. Najviše je bilo oborina 1937. godine 1173 mm, a najmanje 1894. godine 457 mm. Prosjeck temperatura za isto razdoblje je 10,4° C, sa standardnom devijacijom 0,67° C. Najmanji srednjak temperature bio je 1940. godine 8,4°

C, a najveći od 11,6° C 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 temperatura bila 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 isto razdoblje stogodišnje razdoblje od 1885. do 1984. godine iznosi

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

Graf. – Graph. 3.



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

Table 2. Beech stands - 60 years

t	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)
 \bar{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	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}) linerne funkcije vegetacijskog kvocijenta (VC_5). Na temelju dobivenih rezultata analiza (Tab. 4) možemo zaključiti da je u starijim bukovim

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

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

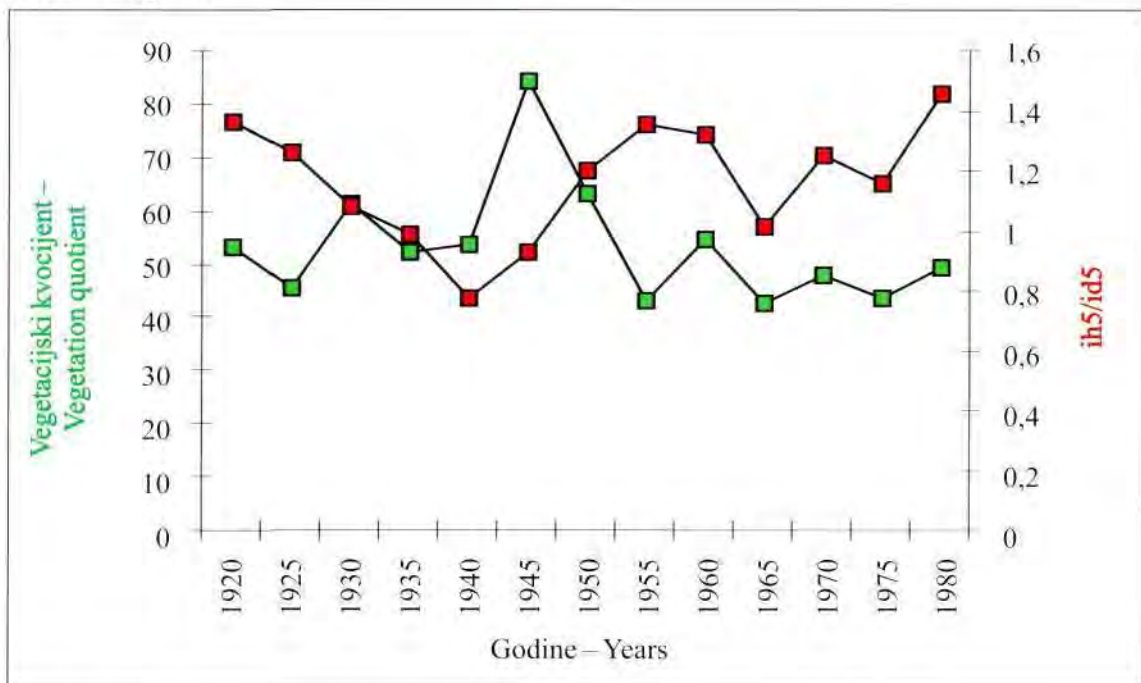
t Age	Funkcija Function	b_0	b_1	s_{yx}	r	Jakost korelacije - Degree of Correlation (Roemer-Orphal)
62	$i_{d5} = f(VC_5)$	0,372	-0,0007	0,096	-0,264	slaba - weak
	$i_{h5} = f(VC_5)$	0,584	-0,0037	0,006	-0,448	srednja - medium
115	$i_{d5} = f(VC_5)$	0,666	-0,0054	0,119	-0,406	srednja - medium
	$i_{h5} = f(VC_5)$	0,335	-0,0022	0,119	-0,196	jako slaba - very weak

Korelacija između tečajnog visinskog prirasta ($i_{h,5}$) i vegetacijskog kvocijenta (VC) je kod 60 godišnjih sastojina $r = -0.448$, a kod 100 godišnjih je $r = -0.196$.

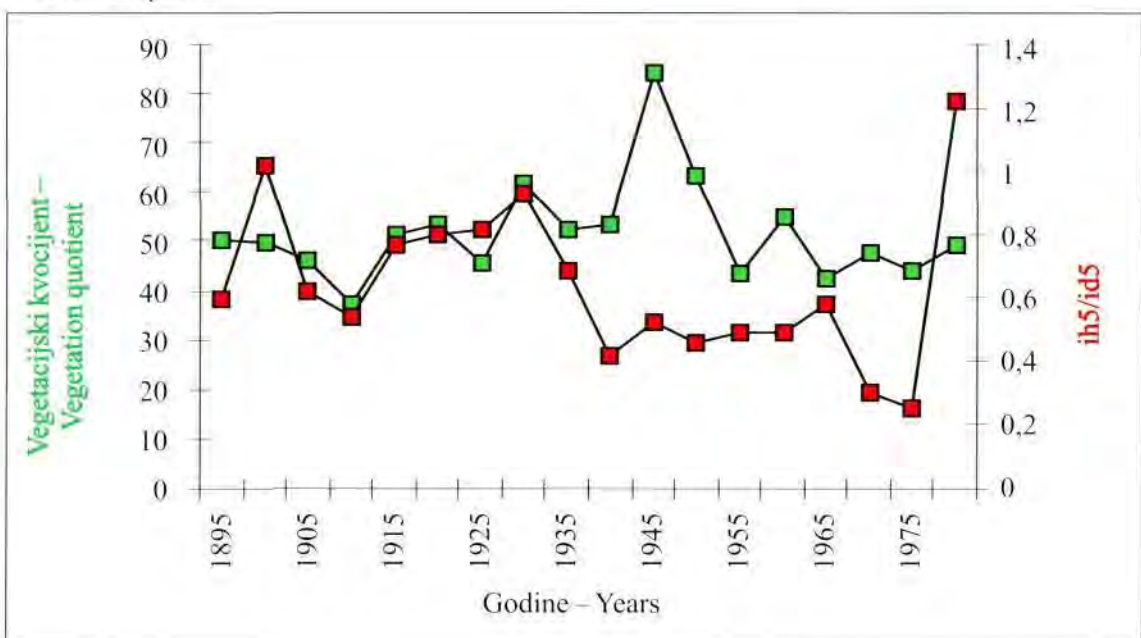
Na grafikonima 4. i 5. vidljivo je da s povećanjem vegetacijskog kvocijenta (VC) opada odnos tečajnog

periodičnog visinskog i tečajnog periodičnog debljinskog prirasta ($i_{h,5}/i_{d,5}$), što nam govori da su prirasti manji kod toplijih i sušnijih godina, a veći kod hladnijih i vlažnijih godina.

Graf. – Graph. 4.



Graf. – Graph. 5.



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 eko-

loški čimbenici također manje ili više utječu na razvoj prirasta. Ovdje se može uočiti da analize vremenske serije odnosa srednje sranjske temperature i količine oborina u vegetacijskom razdoblju (IV-IX mjesec) pokazuju da imaju utjecaj na razvoj prirasta.

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 ($s_{VC} = 16,282^\circ \text{ C/mm}$) prema Prpiću, dok je srednji Ellenbergov kvocijent s manjim varijabilitetom ($s_{EC} = 6,516^\circ \text{ C/mm}$). Ta varijabilnost kvocijenata govori nam 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 nam govori da iako su vrijednosti (VC) manje, godine

hladnije i vlažnije, što u realnosti 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_{h5}/i_{d5}) pokazuju nam da što su vrijednosti vegetacijskog kvocijenta u mladim 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 su kvaliteta i kvantitet prirasta bukovih stabala i sastojina lošiji nego što su nam dosadašnja istraživanja ukazivala.

Ovdje se pokazalo da su istraživanja prirasta vrlo kompleksna, pa se moralo uključiti i istraživanja utjecaja ekoloških čimbenika, kao na primjer vegetacijski kvocijent.

LITERATURA – References

- 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 pp.
- 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 pp., 1990, Zagreb.

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

Dendroclimatological research in beech stands of the Pannonian region in Croatia has shown global warming in the nature.

Mean values of vegetational quotients show distinct variability over a hundred-year-period 1885-1984. The quotient variability shows that precipitation in the most risky period of the year the vegetation period, has been arranged. This has resulted in a lowered quality and quantity of beech tree and stand increment.

The results obtained from the analysis of vegetation quotient time series (VC) with the increment relations (i_{h5}/i_{d5}) show a worsened quality and quantity of beech tree and stand increment in relation to the results from research so far.

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