

DENDROKRONOLOGIJA IN DENDROKLIMATOLOGIJA PLANINE PRI JEZERU V JULIJSKIH ALPAH

Darko Ogrin*

Izvleček

S standardnimi dendrokronološkimi in dendroklimatološkimi postopki smo v neposredni okolici Jezera na Planini pri jezeru (n. v. 1450 m) severno od Bohinja v Julijskih Alpah analizirali 21 smrek in 19 macesnov. Debelinski prirast smrek je v tesni povezavi z nadpovprečnimi temperaturami, še posebej v vegetacijski dobi. Vpliv padavin je manj izrazit, še najpomembnejši je v jeseni pretekle vegetacijske sezone. Pri macesnih, ki imajo manjšo sinhronost priraščanja, so zveze manj jasne.

Ključne besede: dendrokronologija, dendroklimatologija, debelinski prirast, zgornja gozdna meja, Julijske Alpe, Slovenija.

DENDROCHRONOLOGY AND DENDROCLIMATOLOGY OF THE ALP PLANINA PRI JEZERU

Abstract

Analysed through dendrochronological and dendroclimatological processes were 21 spruces and 19 larches growing in the close vicinity of lake Jezero on the alp Planina pri Jezeru (1450 m above sea level), north of Bohinj. Radial increments of spruces are closely connected with the above-average temperatures especially in the vegetation period. The influence of precipitation is less explicit; it is most important in the autumn of the previous vegetation season. These relations are not so evident at larches due to lesser synchronism in the growth of radial increments.

Key words: Dendrochronology, Dendroclimatology, Radial increment, Upper forest-line, Julian Alps, Slovenia.

Uvod

Smreka in macesen sta ob bukvi najbolj razširjeni drevesni vrsti v našem gorskem svetu. Obe vrsti rasteta tudi ob zgornji gozdni (drevesni) meji in sta zelo primerni za dendrokronološke in dendroekološke, zlasti dendroklimatološke raziskave. Ob zgornji gozdni meji je namreč podnebje eden od pomembnejših dejavnikov, ki uravnava

* Dr., docent, Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Aškercева 2, Univerza v Ljubljani, 1000 Ljubljana, Slovenija.

prirast, zato ga v spletu cele vrste dejavnikov priraščanja dreves najlažje opredelimo. Nekaj tovrstnih raziskav je bilo v slovenskem gorskem svetu že opravljenih. Ogrin (1991) je raziskoval odnos med širino letnic smrek in macesnov ter podnebjem ob zgornji gozdni meji na štirih rastiščih v Julijskih Alpah, Kamniško-Savinjskih Alpah in Vzhodnih Karavankah, Levanič (1996) pa dendrokronologijo in dendroekologijo propadajočih, vladajočih in sovladajočih jelk na visokih dinarskih planotah osrednje Slovenije. Posebej so se s problematiko zgornje gozdne meje pri nas ukvarjali Gams (1977), Lovrenčak (1977, 1987) in Plesnik (1971). V širšem evropskem alpskem in gorskem prostoru je bilo dendrokronoloških in dendroklimatoloških raziskav še več. V novejšem času so se s tem ukvarjali: Genova (1986), Schweingruber, Braker in Schare (1987), Bebbler (1990), Brugnoli in Gandolfo (1991), Biondi (1993), Rolland (1993), Sander, Eckstein, Kyncl in Dobry (1995) idr.

Območje raziskave

V prispevku so prikazani rezultati raziskave, ki je potekala v pojezerju Jezera na Planini pri jezeru severno od Bohinjskega jezera. Raziskava je del širše zasnovanega projekta "Slovenska alpska jezera: ekologija in paleoekologija", ki jo izvajajo Inštitut za biologijo (Laboratorij za raziskovanje sladkovodnih in kopenskih ekosistemov), Institut Jožef Stefan (Laboratorij za kemijo okolja), Inštitut za biologijo Jovana Hadžija ZRC SAZU in Oddelek za geografijo Filozofske fakultete.

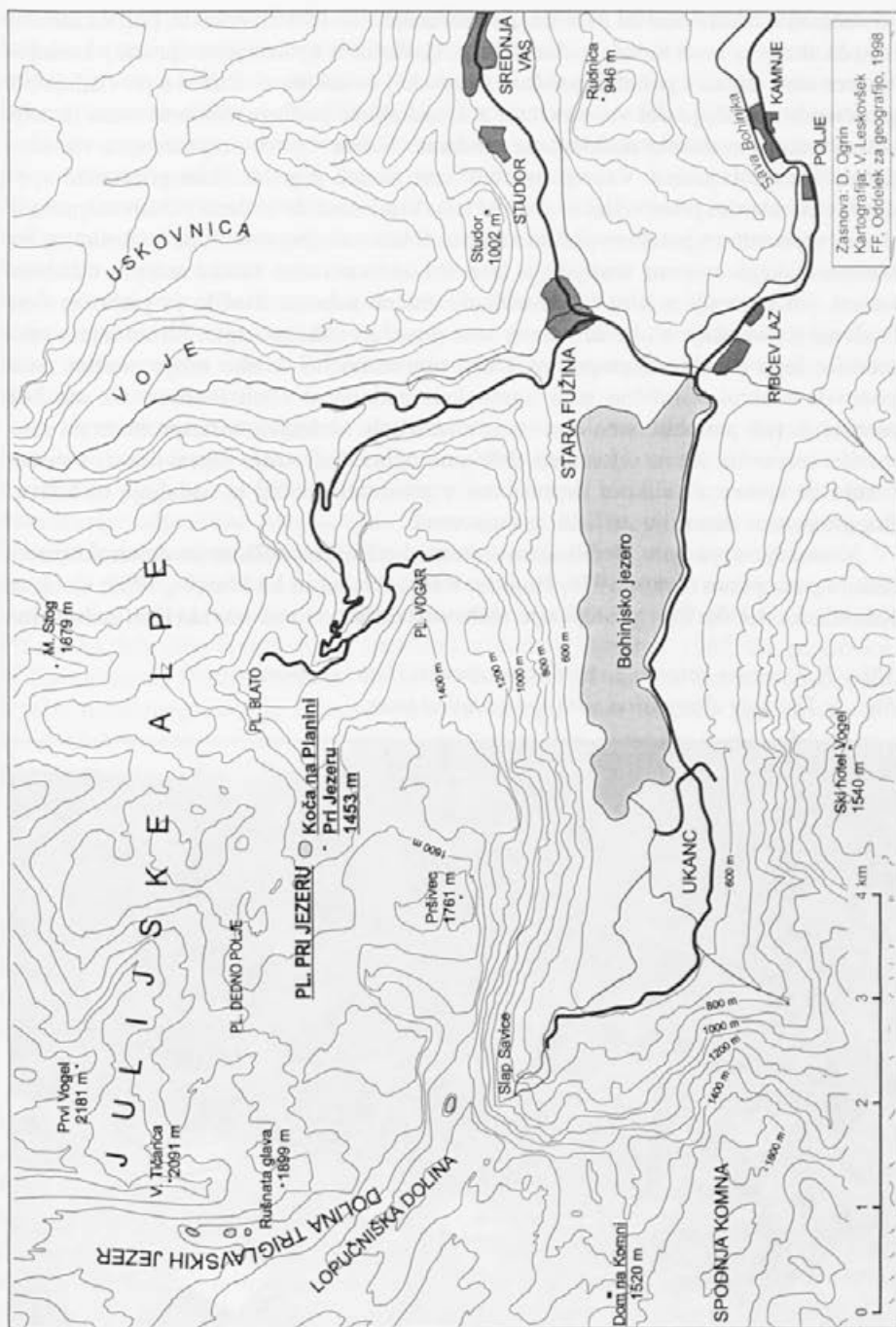
Planina Jezero leži na visokogorski kraški planoti na nadmorski višini približno 1450 m v JV predgorju Julijskih Alp. V osnovi je pojezerje zgrajeno iz triasnega apnenca in dolomita in je močno ledeniško preoblikovano. Posledica zadnje poledenitve so številni morenski nasipi in ledeniško-kraške kotanje. V eni od njih se je obdržalo tudi Jezero na Planini pri Jezeru. Podnebje je gorsko, s povprečno januarско temperaturo okoli -4°C in julijsko okoli 12°C , ter veliko namočenostjo. V povprečju pade letno skoraj 3000 mm padavin, največ v jesenskih mesecih. JV predgorje Julijskih Alp poraščajo bukovi, bukovo-jelovi, bukovo-macesnovi in smrekovi gozdovi, ki so bili v preteklosti skrčeni in spremenjeni zaradi fužinarstva, gozdarjenja in urejanja pašniških planin. Okolica Jezera je še vedno dejavna planina, gozd, predvsem smreke in redkega macesna, se je obdržal le na bolj strmih in skalovitih predelih.

Material in metode

Smreke in macesni, ki smo jih vzorčili za raziskavo, rastejo na morenskem gravdivu in manjših fosilnih meliščih, ki se spuščajo v kotanjo z jezerom. Položnejši deli

Slika 1: Geografski položaj območja raziskave.

Fig. 1: Geographical position of the investigated area.



so večinoma izkoriščeni za pašnike. Za vzorčenje smo izbirali odrasla, bolj na samem rastoča drevesa brez vidnih mehanskih poškodb in z neutesnjeno (prosto) krošnjo. Vzorce smo jemali s pobočij različnih ekspozicij in naklonov. Razen s prevladujočih gruščnatih rastišč, je del vzorcev tudi z živoskalnate podlage. Skupna vsem je zelo tanka, nekaj cm debela nesklenjena rendzina. Nabor vzorcev reprezentira vse rastiščne tipe okoli jezera. Vzorce (izvrtke) smo jemali z gozdarskim prirastnim sve-drom v standardni prsni višini (1,3 m od tal). Vrtali smo do stržena z dveh nasprotnih strani, vzporedno s potekom plastnic terena. S tem smo zagotovili, da v izvrtku ne bo kompresijskega oziroma tenzijskega lesa. Po odvzemu smo vzorce nalepili v žlebast karton, jih opremili s šifro in posušili do zračne suhosti. Sledilo je grobo in fino brušenje ter mazanje z oljem, s čimer smo povečali vidnost letnic. Širino letnic smo merili z lupo znamke Olympus na 1/100 mm natančno. Vsako serijo meritev smo ponovili dvakrat. Grafično smo ugotavljali podobnost obeh meritev. Če sta bili meritvi dovolj podobni, smo eno vzeli v nadaljnjo obdelavo, v nasprotnem pa smo meritev ponovili. Že na tej stopnji dela smo ugotavljali večje nepravilnosti v priraščanju in vzorce z velikimi depresijami v prirastku izločili iz nadaljnje obdelave. Pogosteje smo depresije zasledili pri macesnu.

V nadaljevanju smo sledili standardnim dendrokronološkimi in dendroklimatološkimi postopkom (Fritts, 1976; Hughes, Kelly, Pilcher in La Marche, 1982; Cook in Kairiukstis, 1990). Prvi postopek je **sinhronizacija** oziroma **navzkrižno primerja-**

Slika 2: Jezerska kotanja z vzorčenimi drevesi (foto: D. Ogrin).

Fig. 2: The lake depression with the sampled trees.



nje serij širin drevesnih letnic. S postopkom ugotovimo leto, v katerem je nastala letnica, pa tudi morebitne izpadle in dvojne letnice. Načinov, kako izpeljemo ta postopek, je več. Ker smo že pri vrtnanju in meritvah širine letnic ugotavljali razne večje in manjše nepravilnosti v priraščanju, zlasti pri macesnu, smo se odločili za metodo vodilnih serij širin drevesnih letnic. Tako za vzorce smrek kot macesnov smo izbrali po pet zdravih, dobro rastočih dreves brez znakov izpadlih oziroma dvojnih letnic. Najprej smo opravili sinhronizacijo znotraj vodilnih serij, nato smo z vodilnimi kronologijami grafično primerjali še ostale in ugotavljali ter odpravljali zamike. Manjkajoče in dvojne letnice smo posebej označili. Če je bilo pri posameznih serijah nepravilnosti preveč in nismo uspeli doseči sinhronosti, smo serijo umaknili iz nadaljnje obdelave. Serije brez nepravilnosti smo še datirali in dobili kronologije širin letnic za posamezne vzorce. Pri tem nam je bilo v pomoč dejstvo, da smo poznali leto nastanka zadnje letnice.

Sinhronizirane kronologije so očiščene nepravilnosti, še vedno pa vsebujejo biološki trend rasti (vpliv starosti) in vpliv morebitne zastrtosti v sestoji, kar je z vidika raziskave vpliva okolja (podnebja) na debelinski prirast moteče. S postopkom **standardizacije** odpravimo tudi ta vpliv. Sestavljen je iz iskanja primerne regresijske krivulje in računanja razlik med prilagojenimi in dejanskimi vrednostmi prirastka. V praksi se najbolj uporablja način izravnave s kubičnimi zlepci (krivulja, sestavljena iz več krivulj — kubičnih polinomov) in drsečimi sredinami različnih širin intervala. Pri našem delu smo uporabili t.i. "metodo koridorja" (Shiyatov, 1987, cit. po Cooku in Kairiukstisu, 1990), pri kateri ne pride, tako kot pri uporabi drsečih sredin, do izgube določenega števila členov. Vsaki kronologiji smo določili maksimalno in minimalno možno prirastno krivuljo (koridor, znotraj katerega variira debelinski prirast) in nato za vsako leto izračunali indeks širine letnic po formuli:

$$I_t = \frac{R_t - G_t}{G_{2t} - G_{1t}} \times 100$$

I_t – Indeks širine letnice v letu t

R_t – Širina letnice v letu t

G_{1t} – Vrednost minimalne prirastne krivulje v letu t

G_{2t} – Vrednost maksimalne prirastne krivulje v letu t

Iz posameznih očiščenih, sinhroniziranih in standardiziranih kronologij smo z računanjem enostavnih aritmetičnih sredin vseh zaporedij širin letnic v nekem letu sestavili lokalni kronologiji indeksov širin drevesnih letnic za smreke in macesne s Planine pri jezeru. Naš namen je bil sestaviti tudi skupno kronologijo za obe drevesni vrsti, zato smo kronologiji s pomočjo korelacije in koeficienta t po Baillie-Pilcherju (1973) — korelacijski koeficient, korigiran s kvadratnim korenem števila stopinj prostosti — primerjali med seboj. Žal se je pokazalo, da si kronologiji nista dovolj podobni (koeficient t je bil manjši od 8), zato smo prvotni namen opustili.

Dobljeni kronologiji vsebujeta (teoretično) samo bolj ali manj čist podnebni vpliv. Podnebni signal, zapisan v širini letnic, smo razkrivali z računanjem korelacije in s prikazovanjem izračunanih vrednosti s t.i. **odzivnimi funkcijami**. Pri računanju regresijskega odnosa so indeksi širine letnic pomenili odvisno spremenljivko, mesečne vrednosti temperatur in padavin pa neodvisno spremenljivko. Kot značilne smo jemali korelacije, ki so bile večje od +0,20 in manjše od -0,20, oziroma korelacije z določeno stopnjo pomembnosti po izračunu t-testa.

Fritts (1976) pri razkrivanju zvez širina letnic — klima priporoča uporabo povprečnih mesečnih temperatur in mesečne količine padavin. Ker na potek rasti v tekoči vegetacijski sezoni vplivajo tudi podnebne razmere pred njo in v jeseni preteklega leta, smo v analizo vključili obdobje od septembra preteklega leta do vključno septembra tekočega leta. Posebej smo analizirali tudi razmere po letnih časih, od jeseni v preteklem letu do tekočega poletja, v vegetacijski sezoni (april–september) in letne vrednosti povprečne temperature in količine padavin. Mesece smo v letne čase združevali tako, da nam september, oktober in november pomenijo jesen, december, januar in februar zimo, marec, april in maj pomlad ter junij, julij in avgust poletje.

Kot vir klimatskih podatkov nam je bila po legi sorodna, 5 km oddaljena meteorološka postaja Dom na Komni (n. v. 1520 m). Podatki so za referenčno obdobje 1961–1990. Manjkajoče mesečne vrednosti so interpolirane s pomočjo štirih bližjih postaj s podobno lego (Klimatografija Slovenije, Temperatura zraka 1961–90, 1995; Klimatografija Slovenije, Padavine 1961–90, 1995).

Tabela 1: Dom na Komni (n. v. 1520 m) — povprečna temperatura in količina padavin v obdobju 1961–90.

Table 1: Dom na Komni (1520 m above sea level): average temperatures and precipitation in the 1961–1990 period.

Temperatura (°C) — Temperature (°C)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC
pov	-4,0	-4,0	-1,8	1,7	6,4	9,9	12,4	11,9	9,1	5,1	0,3	-2,7
std	2,4	2,4	2,2	1,4	1,4	1,1	1,2	1,2	1,6	1,6	1,4	1,8
max	-0,1	1,0	2,1	5,3	9,3	12,2	15,9	13,7	12,2	8,1	3,6	1,0
min	-9,3	-8,6	-6,4	-0,8	3,9	8,4	10,6	8,8	5,1	-0,6	-2,6	-6,7
	JES	ZIM	POM	POL	VEG	LET						
pov	4,8	-3,5	2,1	11,4	9,9	3,7						
std	0,9	1,5	1,1	0,6	0,7	0,6						
max	6,6	-0,5	4,1	12,8	11,3	4,8						
min	2,6	-7,4	0,0	10,0	8,6	2,7						

pov – povprečje average
 std – standardna deviacija standard deviationa
 max – maksimalna vrednost maximum value
 min – minimalna vrednost minimum value

Padavine (mm) — Precipitation (mm)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC
pov	222	158	204	283	213	260	214	212	282	253	395	239
std	192	106	143	137	110	118	93	132	219	194	247	158
max	783	423	654	740	476	515	440	676	1160	916	1071	623
min	0	24	12	51	13	61	52	61	59	0	10	32

	JES	ZIM	POM	POL	VEG	LET
pov	929	635	700	686	1180	2934
std	369	285	299	190	221	485
max	1661	1492	1709	1120	2022	3863
min	359	134	290	305	677	1689

Rezultati in razprava

Lokalni kronologiji za smreko in macesen

Na Planini pri Jezeru smo odvzeli vzorce na približno 25 smrekah in 30 macesnih. Drevesa, na katerih smo vzorčili, so bila visoka od 15 do 25 m, s prsnim obsegom med 118 in 203 cm (smreke) oziroma med 99 in 154 cm (macesni), in starostjo med 70 in 85 let. Zaradi nepravilnosti v priraščanju smo že na terenu samem izločili 2 smreke in 6 macesnov, pri postopku sinhronizacije in križnega datiranja pa še 3 smreke in 5 macesnov. Lokalna kronologija za smreke je sestavljena iz 21, za macesne pa iz 19 standardiziranih kronologij. Kronologiji sta dolgi 74 let in zajemata časovno obdobje med leti 1921 in 1995. Globina vzorca (število, ki pove, koliko posameznih vrednosti je bilo v kakem letu osnova za povprečno vrednost) je bila pri smrekah po letu 1935 med 14 in 21, pred tem med 6 in 14, pri macesnih, ki so bili v povprečju starejši od smrek, pa med 12 in 19. Podobnost med obema kronologijama ni velika ($r = 0,4073$, koeficient $t = 5,87$), kar ne zadošča za izračun povprečne kronologije.

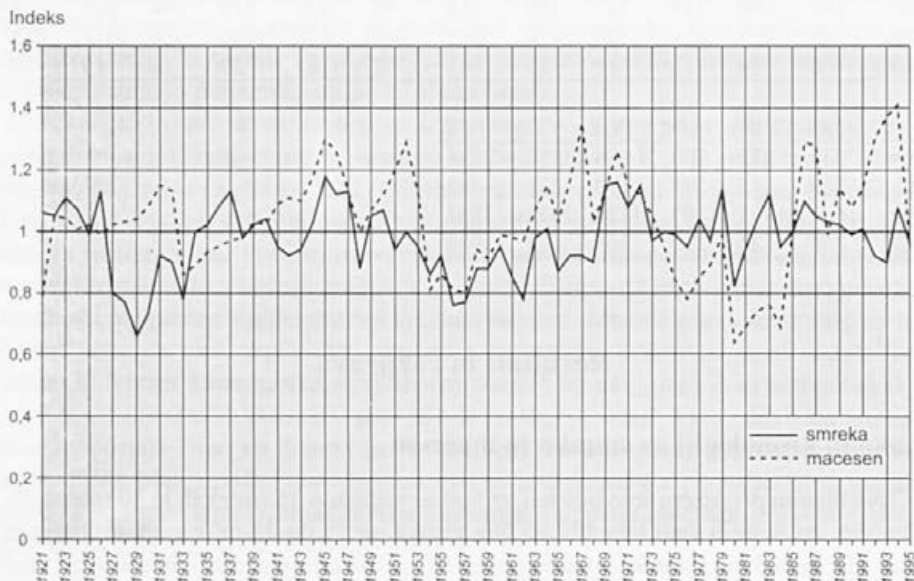
Tabela 2: Osnovni podatki o lokalnih kronologijah s Planine Jezeru.

Table 2: Basic data on local chronologies at the alp Planina pri Jezeru.

Parameter	Smreke	Macesni
Časovni interval	1921–1995	1921–1995
Dolžina kronologije	74 let	74 let
Št. dreves v analizi	21	19
Povp. širina letnice	2,76 mm	1,92 mm
Minimalna vrednost	0,44 mm	0,18 mm
Maksimalna vrednost	7,36 mm	7,20 mm

Slika 3: Smrekova in macesnova dendrokronologija s Planine jezero.

Slika 3: Dendrochronologies of spruces and larches from the alp Planina pri Jezeru.



Odvisnost širine letnic od podnebja

Smreke

Rezultati kažejo na visoko odvisnost širine letnic od temperaturnih razmer. V vseh letnih časih, razen pozimi, pomeni nadpovprečno visoka temperatura tudi širše letnice. Še zlasti je pomembna višja temperatura v času rasti (vegetacijska doba: $r = 0,8175$, poletje: $r = 0,83329$) in v jeseni preteklega leta ($r = 0,6676$). S temperaturo poleti oziroma v celotni vegetacijski dobi lahko pojasnimo okoli 65 % variance debelinskega prirastka, kar nam daje dobro podlago za morebitno rekonstrukcijo preteklih rastnih (temperaturnih) razmer. Višje zimske temperature imajo zaviralni vpliv na širino letnic ($r = -0,3302$). V letnem povprečju pa so za nastanek širših letnic ugodnejša nadpovprečno topla leta ($r = 0,7221$). Vsi omenjeni korelacijski koeficienti so statistično pomembni.

Po dosedanjih raziskavah doma (Ogrin, 1991) in splošnih ugotovitvah o razmerjih temperatura – širina letnic v predelih ob zgornji gozdni meji (Fritts, 1976) so

dobljeni rezultati v veliki meri pričakovani, preseneča le trdnost zvez. Po Frittsu (1976) je spodnji optimum za fotosintezo dreves ob zgornji gozdni meji v zmernih geografskih širinah med 12 in 13 °C, zgornji pa pri 22 do 23 °C. Ker leži Planina pri jezeru nekaj 100 m pod gozdno mejo, smemo pričakovati, da je tu optimum za fotosintezo nekaj višji. Povprečna temperatura v vegetacijski dobi se na Planini Jezero, po podatkih Doma na Komni, giblje okoli 10 °C, kar je nekoliko pod optimumom. Zato ne preseneča, da nadpovprečna temperatura v vegetacijski sezoni ugodno vpliva na debelinski prirastek. Visoke korelacije na Planini pri jezeru v primerjavi z ostalimi raziskanimi lokacijami v Julijcih (Komna, Vršič), kjer so se korelacijski koeficienti gibal med 0,20 in 0,40 (Ogrin, 1991), lahko delno pojasnimo z mikrolego. Planina pri jezeru se nahaja v razmeroma zaprti kotanji, za katero predvidevamo, da se v njej nabira hladen zrak in deluje kot mrazišče, ki slabša razmere za rast in tako povečuje pomen višje temperature.

Nadpovprečno topla in suha jesen, predvsem septembra in oktobra, ugodno vpliva na konec rasti in pripravo dreves na zimsko mirovanje. Po Frittsu (1976) drevesa v tem času skladiščijo rezervne snovi in oblikujejo listne zasnove, ki se razvijajo v naslednji vegetacijski sezoni. Tople in suhe razmere ob koncu rasti drevesom omogočijo ugodnejši potek teh procesov, kar se kaže tudi v večjem debelinskem prirastku v naslednji sezoni.

V nasprotju s poletno in jesensko temperaturo deluje nadpovprečna zimska temperatura zaviralno na debelinski prirast v rastni sezoni. Fritts (1976) pojasnjuje ta pojav s tem, da povzročijo višje zračne temperature, še posebej skupaj z vetrom, v času, ko so korenine hladne ali celo zamrznjene, povečano transpiracijo, ki povzroči fiziološko sušnost in poškodbe iglic in tkiv. Hladne korenine pa ne morejo zagotoviti zadostne količine vlage za nadomestitev izgube, ki nastane zaradi povečanega izhlapevanja.

Po naših rezultatih imajo padavine na Planini pri jezeru nekoliko manjšo vlogo pri oblikovanju debelinskega prirastka. Izstopa pomen bolj sušnega oktobra ob koncu vegetacijske sezone, ko se drevesa pripravljajo na zimsko mirovanje ($r = -0,3997$), prav tako tudi podpovprečno namočenega decembra ($r = -0,3036$). Ostali statistično pomembni korelacijski koeficienti za zvezo med debelinskim prirastkom in padavinami so pozitivni (november: $r = 0,4002$; februar: $r = 0,3038$; april: $r = 0,3004$). Pozitivne zveze padavin z debelinskim prirastkom so težko razložljive, saj je območje raziskave med najbolj namočenimi predeli Slovenije, kjer tudi prepusten, gruščnat in deloma kraški teren v omenjenem času ne more biti dejavnik sušnosti. Morda pa kaže pojasnjevati pozitiven vpliv padavin v hladni polovici leta z višjo snežno odejo, ki ponuja koreninam boljše varnost pred nizkimi temperaturami. Podoben odziv na padavine v omenjenem času smo dobili tudi za bližnjo Komno (Ogrin, 1991) in za macesne s Planine pri jezeru, kar kaže, da verjetno ne gre za slučajno zvezo.

Proti pričakovanjem pa pri smrekah s Planine pri jezeru nismo izačunali negativne korelacije s padavinami v rastni sezoni. Nadpovprečna namočenost in oblačnost v času rasti namreč pomenita manj sončnega obsevanja in nižjo temperaturo.

Tabela 3: Rezultati korelacijske analize — smreka.

Table 3: Correlation analysis results: spruces.

	PADAVINE				TEMPERATURA			
	N	r	t	p	n	r	t	p
-SEP	30	-0,033	-0,01	NS	30	0,5006	3,114	0,01
-OKT	30	-0,3997	-2,26	0,05	30	0,5192	3,271	0,01
-NOV	30	0,4002	2,269	0,05	30	0,063	0,340	NS
-DEC	30	-0,3036	-1,65	0,1	30	-0,2929	-1,64	0,1
JAN	30	-0,1165	-0,62	NS	30	-0,003	-0,01	NS
FEB	30	0,3038	1,687	0,1	30	0,1192	0,635	NS
MAR	30	0,0905	0,481	NS	30	-0,127	-0,67	NS
APR	30	0,3104	1,728	0,1	30	0,0797	0,423	NS
MAJ	30	-0,054	-0,28	NS	30	0,3003	1,682	0,01
JUN	30	-0,0681	-0,36	NS	30	0,3836	2,236	0,05
JUL	30	-0,1214	-0,64	NS	30	0,5798	3,897	0,001
AVG	30	0,242	1,320	NS	30	0,272	1,548	NS
SEP	30	-0,1196	-0,62	NS	30	0,7312	5,872	0,001
-JESEN	30	-0,0551	-0,29	NS	30	0,6676	4,829	0,001
ZIMA	30	-0,1645	-0,88	NS	30	-0,3302	-1,88	0,1
POMLAD	30	0,1696	0,910	NS	30	0,3154	1,789	0,1
POLETJE	30	0,0667	0,353	NS	30	0,8332	8,115	0,001
VEG. DOBA	30	-0,0752	-0,39	NS	30	0,8175	7,644	0,001
LETO	30	0,1029	0,547	NS	30	0,7221	5,622	0,001

N – numerus

numerus

r – korelacijski koeficient

correlation coefficients

t – t-test

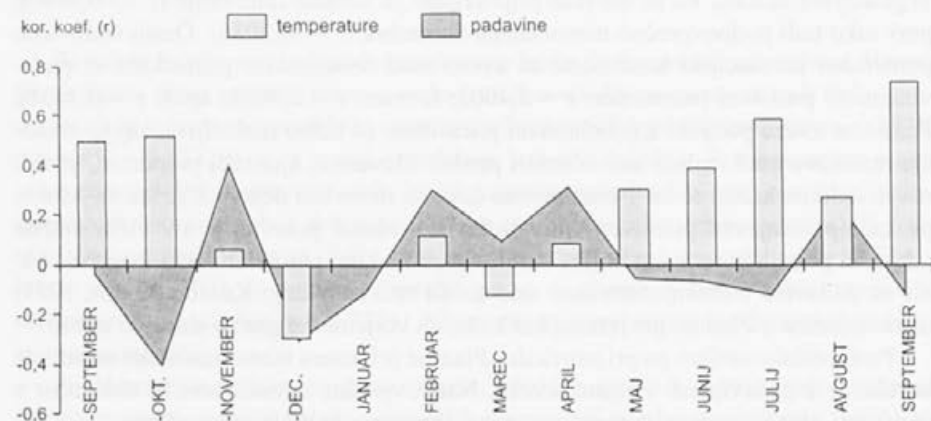
t-test

p – nivo pomembnosti

importance level

Slika 4: Odzivna funkcija za smreke.

Fig. 4: The response function of spruces.



Macesni

Statistično pomembnih korelacijskih zvez med širino letnic in padavinskimi ter temperaturnimi razmerami je pri macesnu manj, zveze so na splošno tudi šibkejše. Glede na manjšo sinhronost priraščanja macesnov na tej lokaciji, kjer na prirast ob podnebnju očitno odločilno vplivajo še ostali dejavniki v okolju, ki se jih s standardnimi dendroklimatološkimi postopki ne da zadovoljivo določiti, so rezultati pričakovani. Kažejo pa kljub temu določeno sorodnost z rezultati pri smrekah. Glede temperatur je statistično pomemben korelacijski koeficient za temperaturo ob začetku vegetacijske sezone (maj, $r = 0,341$). Na pragu statistične pomembnosti je zveza med širino letnic in temperaturo v vegetacijski dobi ($r = 0,271$), višji od 0,20 je tudi korelacijski koeficient za poletno ($r = 0,2083$) in povprečno letno temperaturo ($r = 0,2093$). Podobno kot pri smrekah vpliva ugodno na debelinski prirast tudi nadpovprečna temperatura v oktobru pretekle vegetacijske sezone ($r = 0,3533$).

Soroden s smrekami je tudi odziv na padavine po koncu vegetacijske sezone. Ob nadpovprečno toplen oktobru je za prirast naslednjega leta dobrodošlo tudi manj padavin v tem mesecu ($r = -0,3399$), podobno je s padavinami decembra ($r = -0,2806$), medtem ko je ugodneje, če je novembrskih padavin več ($r = 0,3535$). Podobna kot pri smrekah je zveza z aprilskimi padavinami ($r = 0,2958$), le da ta ni statistično pomembna. Za padavine v vegetacijski dobi tudi pri macesnih nismo izračunali statistično pomembnih korelacij.

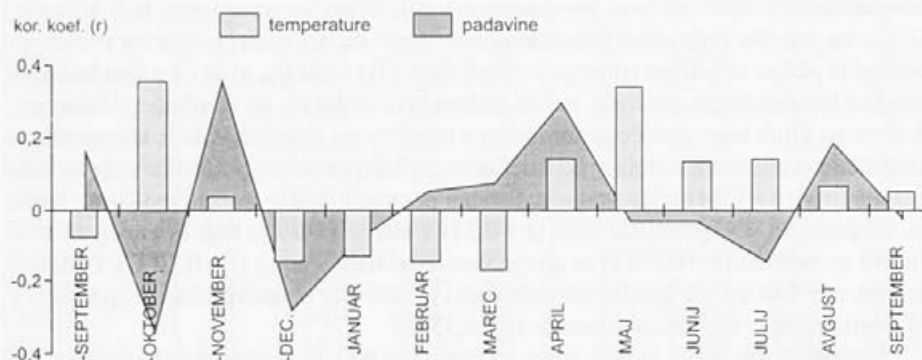
Tabela 4: Rezultati korelacijske analize – macesen.

Table 4: Correlation analysis results: larches.

	PADAVINE				TEMPERATURA			
	N	r	t	p	n	r	t	p
-SEP	30	0,1642	0,865	NS	30	-0,0758	-0,39	NS
-OKT	30	-0,339	-1,87	0,1	30	0,3533	1,962	0,1
-NOV	30	0,3535	1,963	0,1	30	0,0305	0,158	NS
-DEC	30	-0,2806	-1,51	NS	30	-0,1466	-0,77	NS
JAN	30	-0,0872	-0,46	NS	30	-0,1342	-0,71	NS
FEB	30	0,0512	0,271	NS	30	-0,1483	-0,79	NS
MAR	30	0,0699	0,371	NS	30	-0,1655	-0,88	NS
APR	30	0,2958	1,639	NS	30	0,1399	0,747	NS
MAJ	30	-0,035	-0,18	NS	30	0,341	1,919	0,1
JUN	30	-0,0336	-0,17	NS	30	0,129	0,688	NS
JUL	30	-0,149	-0,79	NS	30	0,1395	0,745	NS
AVG	30	0,1834	0,987	NS	30	0,0653	0,346	NS
SEP	30	-0,0298	-0,15	NS	30	0,0469	0,248	NS
-JESEN	30	0,1283	0,672	NS	30	0,1148	0,611	NS
ZIMA	30	-0,2004	-1,08	NS	30	-0,0634	-0,33	NS
POMLAD	30	0,1565	0,838	NS	30	0,0948	0,504	NS
POLETJE	30	0,0338	0,179	NS	30	0,2083	1,127	NS
VEG. DOBA	30	-0,0156	-0,08	NS	30	0,271	1,490	NS
LETO	30	0,1186	0,632	NS	30	0,2093	1,132	NS

Slika 5: Odzivna funkcija za macesne.

Fig. 5: The response function of larches.



Sklepi

Izračunane korelacije med temperaturo in padavinami ter širino letnic za smreke in macesne s Planine pri jezeru kažejo, da je podnebni signal, zapisan v letnicah, izrazitejši pri smrekah. Ugodnejša za debelinski prirast smrek so nadpovprečno topla leta, zlasti v vegetacijski sezoni in ob koncu pretekle rastne sezone. Zimske temperature pa morajo biti podpovprečne. Vpliv padavin je proti pričakovanju majhen, še posebej v vegetacijski sezoni. Najtrdnejše so povezave s padavinami ob koncu pretekle rastne sezone in po njej. Za prirast v naslednji vegetacijski sezoni je ugodneje, če je v času priprav na zimsko mirovanje oktobra manj namočeno, podobno tudi decembra, medtem ko naj bi bilo novembra več padavin (debelejša snežna odeja). Pri macesnih imamo glede padavin v hladni polovici leta podobno, iz meseca v mesec spremenljivo, toda glede na rezultate z bližnje Komne verjetno ne slučajno povežavo. Pri temperaturi pa izstopa pomen nadpovprečno toplega maja in preteklega oktobra, nakazana pa je tudi zveza z nadpovprečno toplo vegetacijsko sezono.

Viri in literatura

- Baillie, M.G.L., Pilcher, J.R., 1973: A simple cross-dating programme for tree-ring research, *Tree-Rings Bulletin* 23, 7–14.
- Bebber, A.E., 1990: Una cronologia del larice (*Larix decidua* Mill.) delle Alpi orientali italiane, *Dendrochronologia* 3, 201–206.
- Biondi, F., 1993: Climatic signals in tree rings of *Fagus sylvatica* from the Central Apennines, Italy, *Acta Oecologica* 14, 57–71.

- Brugnoli, A., Gandolfo, C., 1991: Analisi dendroclimatica sull' abete rosso (*Picea abies* (L.) Karst) del Trentino orientale; primi risultati, *Monti e Boschi* 42 (6), 51–56.
- Cook, E.R., Kairiukstis, L.A., 1990: *Methods of Dendrochronology*, 391 str.
- Fritts, H.C., 1976: *Tree Rings and Climate*, 567 str.
- Gams, I., 1977: O zgornji gozdni meji na JV Koroškem, *Geografski zbornik XVI*, Ljubljana.
- Genova, R., 1986: Dendroclimatology of mountain pine (*Pinus unicata* Ram.) in teh Central Plain of Spain, *Tree-Rings Bulletin* 46, 3–12.
- Hughes, M.K., Kelly, P.M., Pilcher, J.R., La Marche, V.C., 1971: Climate from Tree Rings, 210 str.
- Levanič, T., 1996: Dendrokronološka in dendroekološka analiza propadajočih in vladajočih in sovladajočih jelk (*Abies alba* Mill.) v dinarski fitogeografski regiji, dr. disertacija, 163 str.
- Lovrenčak, F., 1977: Zgornja gozdna meja v Kamniških Alpah v geografski luči, *Geografski zbornik 1976*, Ljubljana.
- Lovrenčak, F., 1987: Zgornja gozdna meja v Julijskih Alpah in na visokih kraških planotah Slovenije, *Geografski zbornik 1986*, Ljubljana.
- Klimatografija Slovenije, 1995: Temperatura zraka 1961–90, 41.
- Klimatografija Slovenije, 1995: Padavine 1961–90, 46.
- Ogrin, D., 1991: Vpliv padavinskih in temperaturnih razmer na debelinski prirastek dreves (na primeru treh pokrajinskih tipov v Sloveniji), *Geografski zbornik* 31, 107–161, Ljubljana.
- Plesnik, M., 1971: O vprašanju zgornje gozdne meje in vegetacijskih pasov v gorovjih JZ in SZ Slovenije, *Gozdarski vestnik* 43, Ljubljana.
- Rolland, C., 1993: Tree-rings and climate relationship for *Abies Alba* in the Internal Alps, *Tree-Rings Bulletin* 53, 1–11.
- Sander, C., Eckstein, D., Kyncl J., Dobry J., 1995: Teh growth of spruce (*Picea abies* (L.) Karst) in teh Krkonoše Mountains as indicated by rings width and wood density, *Annales des Sciences Forestieres* 52, 401–410.
- Schweingruber, F.H., Braker, O.U., Schare, E., 1987: Temperature information from a European dendroclimatological sampling network, *Dendochronologia* 5, 9–33.

Summary

The investigation was made on the alp Planina pri Jezeru (1450 m above sea level), at the southeast edge of the Julian Alps. The investigated area consists of a high-mountainous karstic plateau with the evident traces of the last glaciation; such is also a glacial-karstic depression filled with water, called lake Jezero, which gave the name to this alp. Analysed through standard dendrochronological and dendroclimatological processes were about 25 spruces and 30 larches. The average two den-

drochronologies for this location consist of 21 spruces and 19 larches; they were made for 74 years, for the 1921–1995 period. A common chronology for both tree species was not made because of the unsatisfactory similarity between them. The basic aim of the investigation was to establish the influence of climate on the growth of radial increments. For this purpose, the annual rings were compared by means of correlation analysis with the precipitation and temperature data from a meteorological station at Dom na Komni (150 m above sea level), for the 1961–1990 period. The location with the station is similar to the investigated area. The influence of climate on the width of annual rings was investigated for the 13-month periods, from September through September.

The results at spruces show high dependence of annual rings on temperatures. In all the seasons except the winter, the above-average-high temperature coincides with wider annual rings. Higher temperatures are especially important in the vegetation period and in the autumn of the previous year. Summer temperatures or temperatures of the entire vegetation period can account for about 65 % of the radial increment variance, which provides a good basis for the possible reconstruction of the past vegetation (i.e., temperature) conditions. High winter temperatures impede the growth of annual rings. In view of the annual average, the above-average warm years are more favourable for the formation of wider annual rings.

Proceeding from the hitherto investigations in Slovenia (Ogrin, 1991) and general findings about the relations between temperatures and annual rings in the upper forestline zone, the obtained results were mainly expected, only the reliability of these relations was surprising. High correlations on the alp Planina pri Jezeru, in comparison with other investigated locations in the Julian Alps (the Komna plateau, Vršič) where correlation coefficients ranked between 0.20 and 0.40 can partly be explained with the microlocation. Namely, the Planina pri Jezeru lies in a depression in which cold air is supposedly accumulated which impairs the growing conditions and thus increases the significance of higher temperatures.

The above-average-warm and dry autumn, September and October in particular, favourably influences the end of growth and preparation of trees for winter dormancy. In that time, trees accumulate reserves and form leaf buds which develop in the next vegetation season. Warm and dry conditions at the end of growth enable the optimal course of these processes, which also results in wider radial increments in the next season.

In contrast to high summer and autumn temperatures, the above-average-high winter temperatures impede the growth of radial increments in the vegetation period. In the time when roots are cool or even frozen, higher air temperatures especially in combination with wind cause the increased transpiration which results in the physiological dryness and the damage of needles and tissues. Namely, the cool roots cannot provide a sufficient amount of moisture to substitute for the loss which is due to the increased evaporation.

According to our results, the precipitation has a slightly smaller role in the formation of annual rings of spruces on Planina pri Jezeru. Outstanding are the signifi-

cance of dryer October at the end of vegetation period when trees prepare for winter dormancy, and below-average-wet December. The remaining statistically significant correlation coefficients between the radial increments and the precipitation are positive. These positive relations are hard to be explained since the investigated area belongs to the wettest areas in Slovenia where even the karstic terrain cannot represent a factor of dryness in the abovementioned time. Maybe, it is the positive influence of snow precipitation in the cold half of year which forms a deeper snow cover thus offering better protection to roots against the low temperatures. A similar response to precipitation in the discussed time was obtained for the nearby Komna plateau and for the larches on the Planina pri Jezeru, which indicates that this is most probably not just a coincidental correlation.

It was against our expectations, but for spruces on the Planina pri Jezeru we did not obtain negative correlation with the precipitation in the vegetation period. Namely, the above-average precipitation and cloudiness in the vegetation period represented diminished insolation and lower temperatures.

There are fewer statistically significant correlations at larches, between the width of annual rings and the precipitation and temperatures, and the relations are generally weaker. Due to the lesser synchronism of growth of radial increments at larches on this location where, evidently, beside the climate some other environmental factors which cannot be sufficiently controlled with the standard dendroclimatological processes have the decisive impact, the results are expected. However, they still show some similarity with the results of spruces. Statistically important at temperatures is the correlation coefficient for temperatures in May, at the beginning of vegetation season. At the threshold of statistical significance is the relation between the width of annual rings and temperatures in the vegetation season, and higher than 0.20 is also the correlation coefficient for the summer and the average annual temperatures. Similarly to spruces, the radial increments at larches are favourably influenced by the above-average temperatures in October of the previous vegetation season.

Similar to spruces is also the larches' response to precipitation at the end of vegetation period. At the above-average-warm October, the smaller quantity of precipitation in this month is also favourable for the increment of the forthcoming year, and also in December, the smaller quantity is favourable, while in November, the larger precipitation quantity is favourable. Similar to spruces is also the connection with the April precipitation, yet, the latter is not statistically relevant in this case. Some statistically relevant correlation between the precipitation and annual rings of larches in the vegetation period has not been calculated.