

ČASOVNE IN PROSTORSKE KORELACIJE MED TEMPERATURAMI ZRAKA NA RAZNIH VIŠINAH
TER OBLAČNOSTJO IN Z UPOŠTEVANJEM STANJA TAL V LJUBLJANI OB 14. URI

TIME AND SPACE CORRELATIONS AMONG AIR TEMPERATURES ON DIFFERENT LEVELS AND
CLOUDINESS WITH GROUND STATE CONSIDERED IN LJUBLJANA AT 14.00

551.524.72 : 576.2

551.509.331

Bojan LOGAR

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

In previous research /1/, we determined, for multiple linear regression levels of correlation of the air temperature in Ljubljana at 14.00 with three predictors; the previous day's air temperature in Ljubljana at 14.00 (temperature persistence), with the air temperature at the 850 mb level above Ljubljana (advection), and with the cosine of the respective day in the year (year cycle of air temperature). In the present work results are described which were obtained when cloudiness and the ground state in Ljubljana at 14.00 were also considered.

The cloudiness was appended to the three predictors mentioned. The ground state was considered in such a way that the data from a 3.6 year observation period were classified on a ground state basis. Multiple linear regression with four predictors was then calculated for each class.

The standard errors of the estimate are lower than 2°C 42% of the days in a year; for a further 55% of the days in a year they are lower than 2.5°C , and for the remaining 3% lower than 3.2°C . The correlation coefficients for the warmer three three-month seasons are mostly higher than 0.90, but are very low for some ground states in winter, when the correlation coefficients are even lower than 0.60.

Že v prejšnjih raziskavah /1/ smo za multiplo linerano regresijo ugotovili stopnjo povezanosti temperature zraka v Ljubljani ob 14. uri s tremi prediktorji: s temperaturo zraka v Ljubljani ob 14. uri prejšnjega dne (temperaturna persistenca), s temperaturo zraka na 850 mb ploskvi nad Ljubljano (advekcija) in s cosinusom zaporednega dneva v letu (letni hod temperature zraka). V tem prispevku so opisani rezultati, ki smo jih dobili, ko smo upoštevali še oblačnost in stanje tal v Ljubljani ob 14. uri. Oblačnost smo kot prediktor dodali že omenjenim trem prediktorjem, stanje tal pa smo upoštevali tako, da smo podatke iz 3.6 letnega opazovanega obdobja razdelili v razrede glede na stanje tal. V vsakem razredu so bili podatki z enakimi stanji tal. Multiple linearne regresije s štirimi prediktorji smo potem računali za vsak razred posebej. Standardne napake ocen so za 42% dni v letu nižje od 2°C , za nadaljnjih 55% dni v letu nižje od 2.5°C in za preostale 3% dni nižje od 3.2°C . Za toplejše tri letne čase so korelacijski koeficienti večinoma višji od 0.90. Zelo nizki so korelacijski koeficienti za nekatera stanja tal pozimi, ko so nižji celo od 0.60.

UVOD

Raziskovanje statističnih povezav med temperaturo zraka v neki točki pri tleh in različnimi vremenskimi parametri v isti točki pri tleh in v točki na 850 oziroma 700 mb ploskvi nad njo ter ob istem času tega in prejšnjega dne, smo razširili še na parametre, ki niso temperature zraka. Časovne in prostorske korelacije med temperaturami zraka na različnih višinah v Ljubljani in nad njo, ki smo si jo izbrali za študijsko točko, smo namreč že računali in rezultate objavili /1/. Takrat smo računali multiple linearne regresije, korelacijske koeficiente in standardne napake ocen za regresije. Regresije smo računali z željo, da bi lahko naši izsledki pomagali pri konstrukciji uporabnih prognostičnih regresijskih funkcij. Zato je vedno nastopala kot odvisna spremenljivka (prediktand) temperatura zraka pri tleh, temperature zraka na drugih višinah pa kot neodvisne spremenljivke (prediktorji).

Isto metodologijo smo uporabili tudi pri študiju vpliva oblačnosti in stanja tal na temperaturo zraka pri tleh. Od oblačnosti je močno odvisna temperatura tal, od te pa temperatura zraka pri tleh, zato je oblačnost posredno ali neposredno upoštevana na primer v numeričnih dinamičnih ali statističnih modelih za napovedovanje temperature zraka pri tleh /2,3/. Oblačnost smo kot prediktor dodali trem temperaturnim prediktorjem, katerih stopnjo povezanosti s temperaturo zraka pri tleh smo že ugotovili, in sicer: temperaturi zraka na 850 mb ploskvi nad Ljubljano (T_{850}), temperaturi zraka ob istem času prejšnjega dne (T') in cosinusu dneva v letu. Menimo, da je s temperaturo zraka T_{850} , oziroma z njeno spremembo, v regresijah upoštevan vpliv morebitne advekcije, s temperaturo T' je upoštevan persistentni značaj temperature zraka, s cosinusom dneva pa letni temperaturni hod.

Stanje tal je kompleksen podatek, saj posredno govori tudi o morebitnih padavinah in vetru na tisti točki, s tem pa tudi o izhlapevanju, torej o prehajanju latentne toplote s tal v zrak. Glede na stanje tal, ki je šifrirano od 0 do 9, smo podatke za vsak letni čas posebej razdelili v razrede. Za vsak razred z relativno pogostostjo podatkov, večjo od 3% na letni čas, smo računali regresijo z že omenjenimi štirimi prediktorji, torej z oblačnostjo in tremi temperaturnimi prediktorji. Skupno je bilo treba računati 17 regresij: 6 za zimo, 5 za pomlad in po 3 za poletje in jesen.

Omejili smo se na podatke ob 14. uri iz 3.6 letnega obdobja od 1.1.1974 do 31.7.1978. Razdelili smo jih na štiri letne čase, in sicer tako, da smo za zimo vzeli mesece december, januar in februar. Temperature zraka na 850 mb ploskvi smo dobili z interpolacijo vrednosti, ki so jih merili nad Zagrebom in Vidmom ob 13. uri vsak dan.

OBLAČNOST

Pod oblačnostjo razumemo stopnjo celotne oblačnosti za vse vrste oblakov skupaj. Stopnje oblačnosti so v desetinah ocenjene površine neba, pokritega z oblaki glede na površino celotnega neba; 0/10 pomeni popolnoma jasno, 10/10 popolnoma oblačno.

Frekvenčne porazdelitve oblačnosti po letnih časih v Ljubljani ob 14. uri kažejo histogrami na sliki 1. Risali smo jih zaradi tega, da smo podatke o oblačnosti lahko vsaj v grobem kontrolirali in da smo videli, na kakšnih podatkih bodo regresije pravzaprav računane. Zelo podobni sta si le porazdelitvi za pomlad in jesen. V vseh letnih časih, razen poleti, je najpogosteje popolnoma oblačno. Levi vrh je, razen pozimi, pomaknjen v desno, kar pomeni, da je ob 14. uri pogosteje 1/4 neba pokritega z oblaki in da nebo ni popolnoma jasno.

REGRESIJE Z OBLAČNOSTJO

Oblačnost (CL14) smo kot prediktor dodali trem temperaturnim prediktorjem: temperaturi zraka na 850 mb ploskvi nad Ljubljano (T850), temperaturi zraka pri tleh ob 14. uri prejšnjega dne (T14') in cosinusu dneva v letu (natančneje: $\cos(2\pi d/365)$, kjer je d zaporedni dan v letu). Ravno te tri smo izbrali zato, ker je s temperaturo zraka T850 upoštevan vpliv morebitne advekcije, s temperaturo zraka T14' njen močan persistentni značaj in s cosinusom dneva povprečni letni potek temperature.

Rezultati korelacije temperature T14 z vsemi štirimi prediktorji, torej tudi z upoštevanjem oblačnosti, so v tabeli 1. Po letnih časih so tam zbrani regresijski koeficienti (b_1), korelacijski koeficienti (r) ter standardne napake ocen (SE) za multiplo linearno regresijo:

$$T14 = b_0 + b_1 \cdot \cos(2\pi d/365) + b_2 \cdot T14' + b_3 \cdot T850 + b_4 \cdot CL14 \quad (1)$$

Korelacijski koeficienti so visoki za vse tri toplejše letne čase ($r=0.89$ do 0.93), ne pa za zimo ($r=0.77$). Standardne napake ocen za te tri letne čase so sicer manjše od tiste za zimo, vendar relativne razlike niso tako velike kot pri korelacijskih koeficientih. Najmanjša je standardna napaka ocene za poletje, ki znaša 2.1°C . Za zimo znaša ta napaka še vedno le 2.5°C .

Za regresijo (1) lahko po letnih časih ocenimo tudi poprečni vpliv oblačnos-

ti na temperaturo zraka v Ljubljani pri tleh ob 14. uri. Sprememba je obratno sorazmerna spremembi stopnje oblačnosti, poprečno spremembo temperature zraka po letnih časih pa določa še regresijski koeficient b_4 . Če je pri enakih pogojih enkrat popolnoma jasno ($CL14=0$), drugič pa popolnoma oblačno ($CL14=1$), je pozimi temperatura nižja poprečno le za približno 1.9°C , poleti pa poprečno kar za približno 7.2°C .

Rezultate korelacij med temperaturo zraka T14 in temperaturama T850 in T14' ter cosinusom dneva smo že objavili /1/ in nam tu služijo le za primerjavo. Za koliko so se znižale standardne napake ocen in za koliko so se zvišali korelacijski koeficienti, ko smo dodali trem temperaturnim prediktorjem še oblačnost, je razvidno iz slike 2. Za primerjavo smo rezultatom regresij s tremi oziroma štirimi prediktorji dodali še rezultate regresij z enim samim prediktorjem. In sicer smo za prediktor za zimo in jesen vzeli temperaturo T14', za pomlad in poletje pa temperaturo T850.

Pri tako majhnem številu prediktorjev se z vsakim dodatnim prediktorjem multipli korelacijski koeficient poveča, standardna napaka ocene pa zmanjša. Zato so med letnimi časi vidne precejšnje razlike v velikosti sprememb. Oblačnost je kot prediktor v regresiji (1) najpomembnejša poleti, ko se zaradi njenega upoštevanja standardna napaka ocene zmanjša kar za 0.9°C , regresijski koeficient pa poveča kar za 0.14 . Po stopnji vpliva oblačnosti na temperaturo zraka pri tleh T14 v regresiji (1) sledijo poletju pomlad, jesen in zima. Od prediktorjev v regresiji (1) ima pozimi prevladujoč vpliv temperatura zraka prejšnjega dne T14' (temperaturna persistenca), saj se standardna napaka ocene zaradi upoštevanja oblačnosti zmanjša le za 0.1°C , zaradi upoštevanja temperature zraka T850 in pa cosinusa dneva pa tudi le za 0.2°C (slika 2).

STANJE TAL

Ker se zrak pri tleh segreva od tal, je stanje tal za temperaturo zraka pri tleh zelo pomemben parameter. Ni vseeno ali so tla suha, mokra ali celo pokrita s snegom. Na stanje tal vplivajo temperatura, veter, padavina in drugi vremenski pojavi. Stanje tal je označeno s številkami od 0 do 9, s tem

da pomeni: 0-suha, 1-vlažna, 2-mokra, 3-zmrznjena, 4-poledenela, 5 in 6-s talečim se snegom ne popolnoma pokrita tla, 7-s talečim se snegom popolnoma pokrita tla, 8 in 9-s pršičem pokrita tla. Dvojice stanj 3 in 4, 5 in 6 ter 8 in 9 smo zaradi majhnega števila primerov in medsebojne podobnosti stanj obravnavali kot isto stanje. Kakšna je relativna pogostost posameznih stanj po letnih časih v Ljubljani ob 14. uri, vidimo na sliki 3. V vseh letnih časih, razen poleti, so tla najpogosteje vlažna in to približno polovico dni. Poleti pa so tla najpogosteje suha. Obratno je pozimi, ko so tla najredkeje suha.

Oznake stanj tal od 0 do 9 so šifre. Menimo, da te za kvantitativno določanje podobnosti oziroma razdalje med posameznimi stanji tal niso primerne. Menimo torej, da prostor šifriranih stanj ne bi bil metrični prostor; le v takih prostorih pa je regresijo smiselno definirati. Zato stanja tal raje nismo uvrstili med prediktorje, temveč smo za vsako stanje tal tvorili razred podatkov, in to za vsak letni čas posebej. Glede na majhno pogostost nekaterih stanj v nekaterih letnih časih smo računali regresije (1) le za tiste razrede podatkov, katerih relativna pogostost je bila v tistem letnem času vsaj 3%. Zato smo za zimo računali regresije za šest, za pomlad za pet in za poletje ter jesen za po tri razrede podatkov z enakimi stanji tal. S skupno sedemnajstimi regresijami je tako upoštevano več kot 99% vseh dni v opazovanem obdobju.

REGRESIJE ZA RAZREDE Z ENAKIMI STANJI TAL

Regresijski koeficienti za regresijo (1) za sedemnajst razredov z enakimi stanji tal in za vse štiri letne čase so zbrani v tabeli 2. Tam so tudi standardne napake ocen in korelacijski koeficienti za te regresije.

Za toplejše tri letne čase so korelacijski koeficienti večinoma višji od 0,90. Zelo nizki so korelacijski koeficienti za nekatera stanja tal pozimi, ko so nižji celo od 0,60 (zmrznjena ali poledenela tla in s pršičem pokrita tla). Vendar pa tudi v teh primerih standardne napake ocen, razen za zmrznjena ali poledenela tla, niso visoke. Za vse štiri letne čase velja, da so standardne napake ocen nižje ali enake tistim v tabeli 1, kjer stanja tal

nismo upoštevali. Izjemi sta le dve - spet zmrznjena ali poledenela tla pozimi in vlažna tla jeseni, ko je pa standardna napaka ocene višja le za $0,1^{\circ}\text{C}$.

Standardna napaka ocene je poleti za 87% dni, jeseni za 43% dni, spomladi pa za 39% dni nižja od 2°C . Absolutno najnižja je standardna napaka ocene pri suhih tleh, in to za vse tri toplejše letne čase. Znaša le 1,2 oziroma $1,3^{\circ}\text{C}$.

Poprečni vpliv oblačnosti, kot prediktorja v regresiji (1), kažejo po letnih časih in stanjih tal regresijski koeficienti b_4 . V vseh štirih letnih časih je vpliv tega prediktorja na temperaturo zraka ob 14. uri najmočnejši pri mokrih in najšibkejši pri suhih tleh. Pri mokrih tleh pa je najmočnejši poleti (tabela 2). Temperatura bi bila takrat v poprečju različna kar za $16,8^{\circ}\text{C}$, če bi bilo pri sicer enakih pogojih enkrat popolnoma oblačno, drugič pa popolnoma jasno. Za primerjavo: za enako temperaturno razliko zraka pri tleh bi pa pri sicer enakih pogojih morali biti temperaturi na 850 mb ploskvi kar za približno 25°C različni. Rezultat ni presenetljiv niti ni v nasprotju s fizikalnimi zakoni segrevanja tal. Pri mokrih tleh, to je ob padavinah ali tik po njih, namreč spremlja oblačnost pojave, ki na temperaturo zraka pri tleh močnejše vplivajo kot oblačnost sama. Tu mislimo na zamenjavo zračnih mas ob prehodih front ter na ohladitve ob poletnih popoldanskih plohah in nevihtah.

SKLEP

Računali smo regresijske in korelacijske koeficiente ter standardne napake ocen za regresijsko funkcijo (1). Po pričakovanju so zaradi upoštevanja oblačnosti in stanja tal korelacijski koeficienti v splošnem višji, standardne napake ocen pa nižje od tistih za regresije, pri katerih oblačnosti in stanja tal nismo upoštevali. Standardne napake ocen so za 42% dni v letu nižje od 2°C , za nadaljnih 55% dni v letu nižje od $2,5^{\circ}\text{C}$ in za preostale 3% dni nižje od $3,2^{\circ}\text{C}$. Zato menimo, da bi veljalo opisane regresijske funkcije preizkusiti še v prognostični praksi, torej na prognoziranih podatkih za temperaturo na 850 mb ploskvi ter za oblačnost in za stanje tal.

LITERATURA

- /1/ Logar, B.: Časovne in prostorske korelacije med temperaturami zraka v Ljubljani in nad njo. Razprave-Papers, v tisku.
- /2/ Rakovec, J.: Numerična napoved temperature tal in zraka pri tleh. Razprave-Papers, 23, 1979, 5-18.
- /3/ Klein, W.H. and G.A. Hammons: Maximum/minimum temperature forecasts based on model output statistics. Mon.Wea.Rev., 103, 1975, 796-806.

Tabela 1 Regresijski koeficienti (b_i) v izrazu (1), korelacijski koeficienti (r) in standardne napake ocen (SE). N pomeni velikost vzorca (število primerov).

Table 1 Regression coefficients (b_i) in equation (1), correlation coefficients (r) and standard errors (SE). N means the number of cases.

	zima winter	pomlad spring	poletje summer	jesen autumn
N	415	460	397	364
b_0	7.11	12.28	15.47	10.53
b_1	-4.73	-2.31	-1.63	-4.34
b_2	0.61	0.22	0.09	0.29
b_3	0.23	0.71	0.73	0.51
b_4	-1.88	-6.06	-7.20	-3.99
r	0.77	0.92	0.89	0.93
SE	2.5	2.4	2.1	2.4

Tabela 2 Število primerov (N), poprečne temperature zraka ob 14. uri (\bar{T}_{14}), standardne napake ocen (SE) ter korelacijski (r) in regresijski koeficienti (b_i) za regresijo (1) pri različnih stanjih tal (st).

Table 2 The number of cases (N), the average temperature of the air at 14.00 h. (\bar{T}_{14}), the standard error (SE) and correlation (r) and regression coefficients (b_i) for regression (1) under different ground states (st).

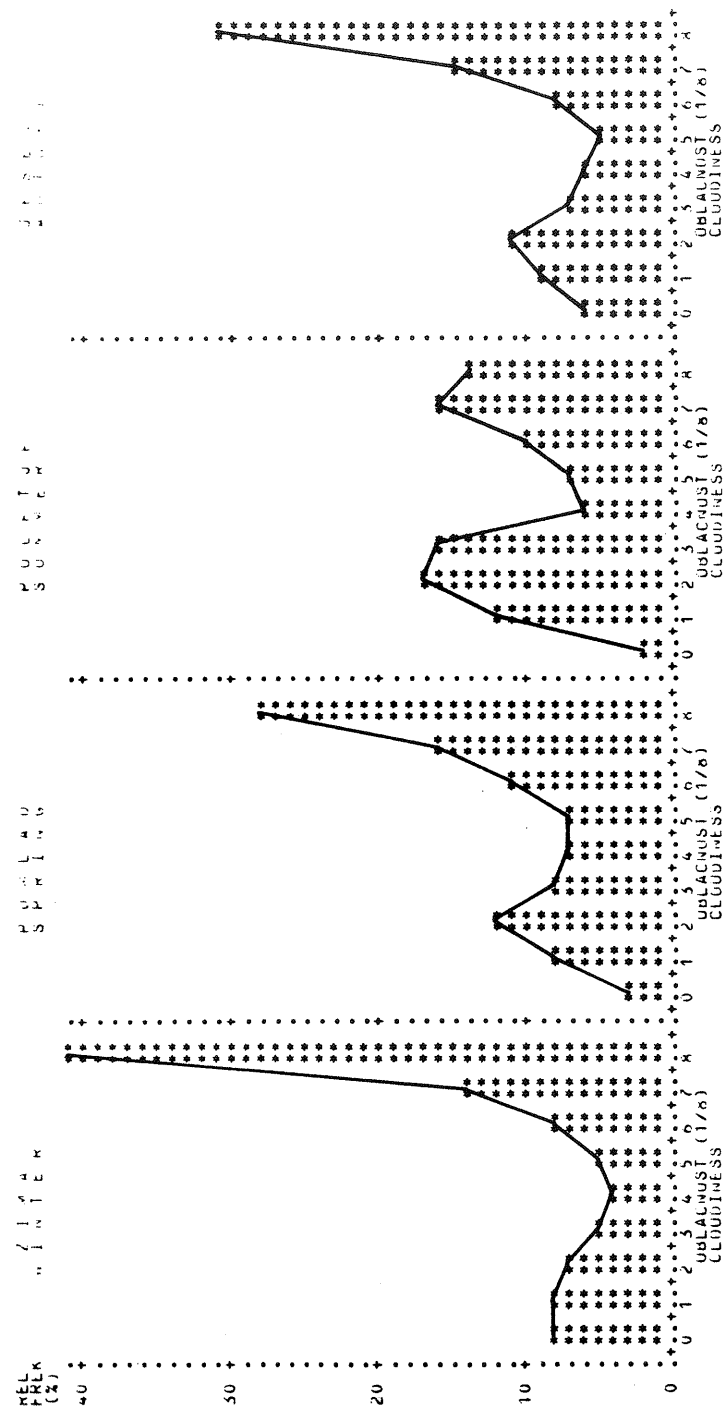
	zima		winter			
st	3/4	1	2	5/6	7	8/9
N	43	167	45	18	113	22
\bar{T}_{14}	1.5	6.0	5.7	3.3	1.8	-2.0

b ₀	-10.00	9.36	11.24	12.46	7.77	2.36
b ₁	12.72	-5.70	-4.39	-9.39	-6.55	-2.50
b ₂	0.46	0.51	0.45	0.32	0.32	0.29
b ₃	0.04	0.26	0.47	0.29	0.14	0.17
b ₄	-2.59	-2.06	-5.47	-2.35	-0.81	-1.51
r	0.58	0.72	0.81	0.81	0.62	0.47
SE	3.2	2.4	2.0	2.5	2.2	2.2

		pomlad		spring	
st	0	1	2	5/6	7
N	144	214	65	15	19
$\bar{T}14$	18.9	14.4	9.6	5.7	4.4
b ₀	13.56	14.08	16.14	9.01	9.59
b ₁	-2.80	-2.49	-0.44	-1.03	-1.46
b ₂	0.07	0.08	0.05	0.10	0.21
b ₃	0.83	0.70	0.83	0.59	0.70
b ₄	-3.27	-5.12	-9.86	-3.50	-7.02
r	0.96	0.90	0.86	0.94	0.90
SE	1.3	2.1	2.4	1.6	1.8

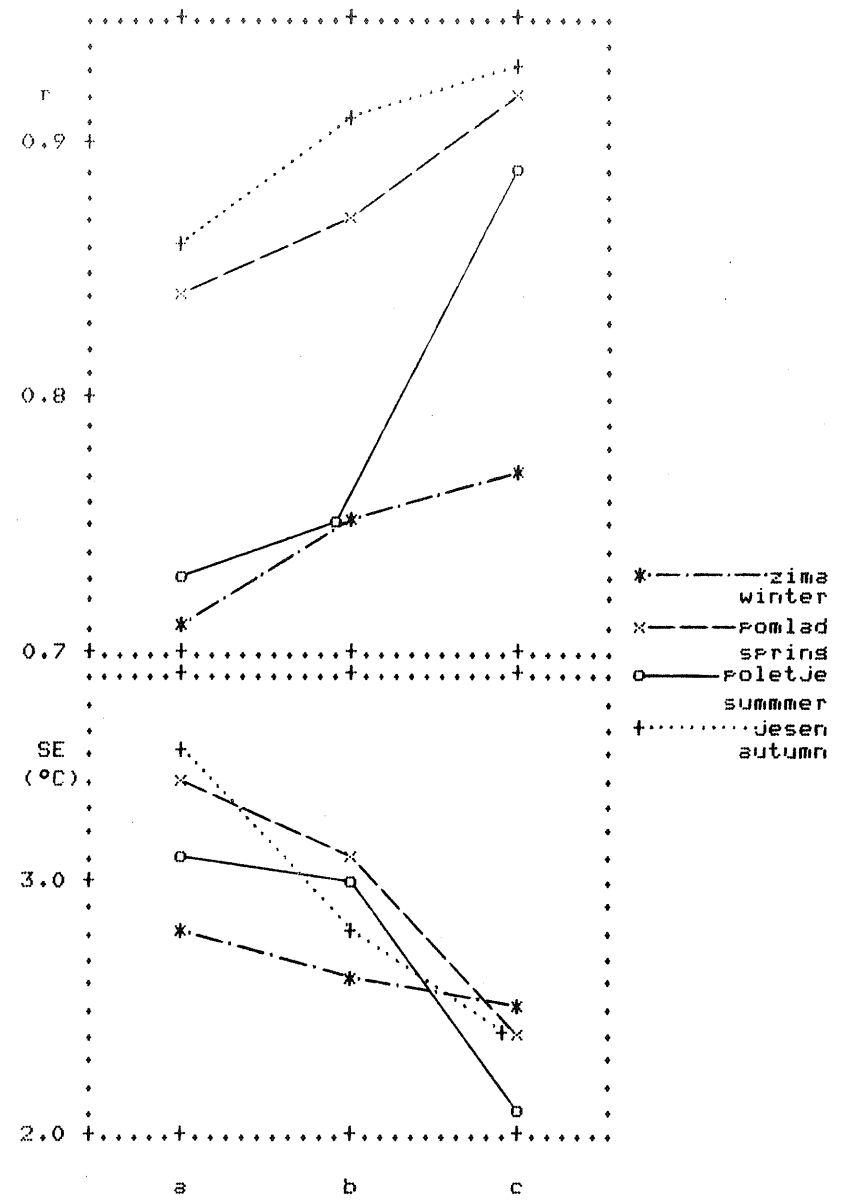
poletje summer			
st	0	1	2
N	183	163	51
$\bar{T}14$	25.8	22.0	16.4
b ₀	14.01	16.68	24.01
b ₁	-2.28	-0.42	-0.75
b ₂	0.14	0.04	0.05
b ₃	0.64	0.73	0.67
b ₄	-3.97	-5.41	-16.76
r	0.92	0.85	0.77
SE	1.3	1.7	2.1

		jesen		autumn	
st	0	1	2		
N	85	203	70		
$\bar{T}14$	21.2	12.5	10.1		
b ₀	12.14	11.20	15.72		
b ₁	-5.50	-5.36	-1.46		
b ₂	0.20	0.26	0.22		
b ₃	0.50	0.43	0.60		
b ₄	-1.53	-2.98	-11.24		
r	0.96	0.91	0.91		
SE	1.2	2.5	1.8		



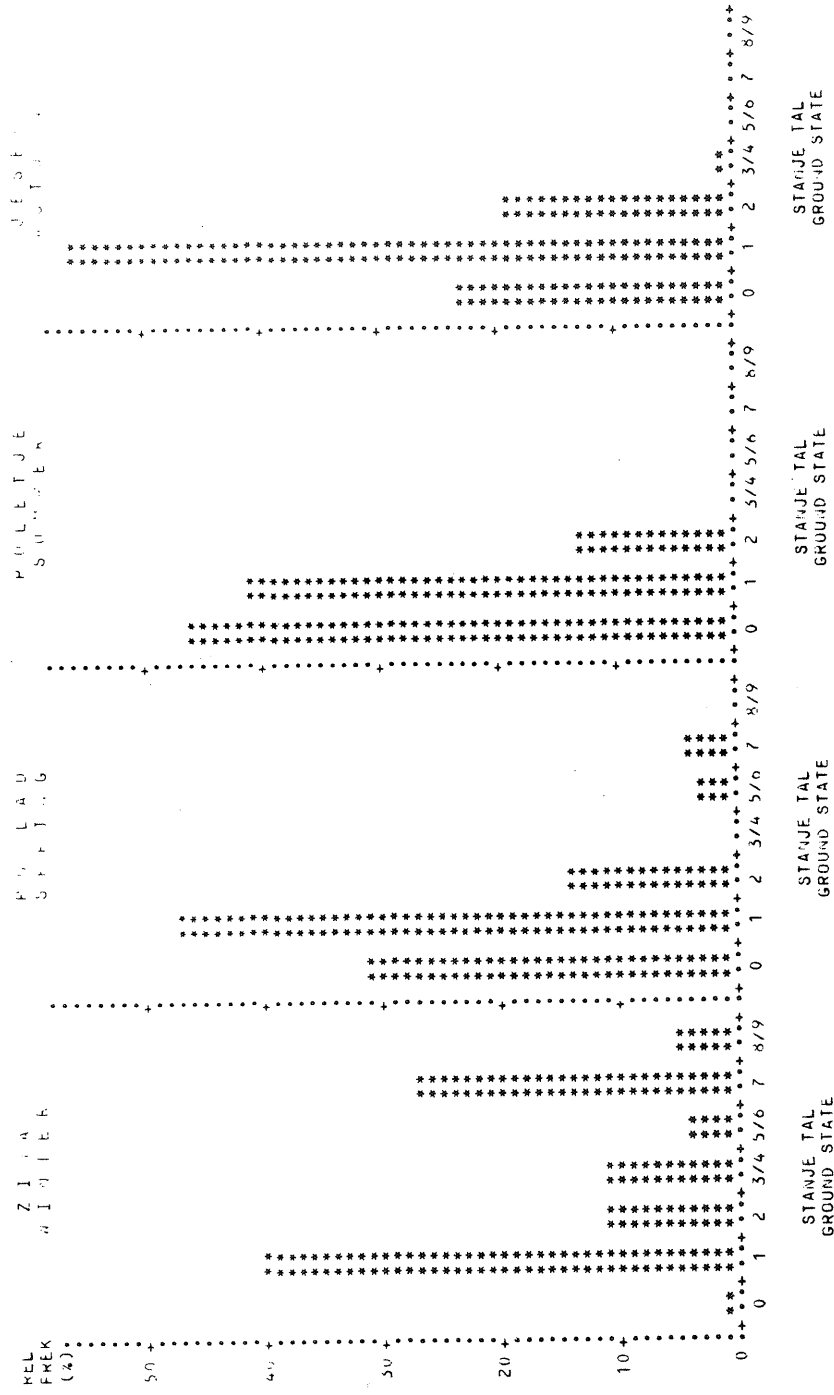
Slika 1 Frekvenčna porazdelitev oblačnosti v Ljubljani ob 14. uri.

Fig. 1 The frequency distribution of cloudiness in Ljubljana at 14.00 h.



Slika 2 Korelacijski koeficienti (r) in standardne napake ocen (SE) za regresije a, b in c po letnih časih. Prediktorji za a: T14' (zima, jesen) oziroma T850 (pomlad, poletje); za b: $\cos(2\pi d/365)$, T14' in T850; za c: $\cos(2\pi d/365)$, T14', T850 in CL14

Fig. 2 Correlation coefficients (r) and standard errors (SE) for regressions a, b and c according to season. Predictors for a: T14' (winter, autumn), or T850 (spring, summer); for b: $\cos(2\pi d/365)$, T14' and T850; for c: $\cos(2\pi d/365)$, T14', T850 and CL14



Slika 3 Frekvenčne porazdelitve stanj v Ijubljani ob 14. uri za 3.6 letno obdobje

Fig. 3 Frequency distribution of ground states in Ljubljana at 14.00 h for a 3.6 year period