

PRIMERJAVA NEKATERIH ZIMSKIH KLIMATSKIH KOLIIN
V VZHODNEM DELU LJUBLJANSKE KOTLINE
COMPARATION OF SOME WINTER CLIMATIC PARAMETERS
IN THE EASTERN PART OF THE LJUBLJANA BASIN

Tomaž VRHOVEC
Univerza E.Kardelja v Ljubljani
Katedra za meteorologijo FNT, VTOZD Fizika

551.578.46
551.582

SUMMARY

A statistical study of some climatic differences between three stations in the Ljubljana basin is presented. All three stations are situated in climatically homogenous territory but differences between winter climatic characteristics were found. Long term means of the number of days with snowfall, number of day with snow cover and maximal snow height slightly differ and by use of the median and T test it was proved, that some differences are significant.

Parameters MSN -maximal monthly height of snow cover, DSN -number of days with snowfall and SNG -number of days with snow cover were studied and the following results were obtained: station Brnik (362m a.s.l.) has significantly more snow (SNG and MSN) than station Volčji potok (360 m a.s.l.) but there is only 14 km of level territory between them. The same is valid also for pair Brnik-Lipe na Barju. Data sets of DSN are mostly similar, but station Brnik has more days with snowfall too. The significances of differences are especially great if data sets are normalised by a synchronous space average.

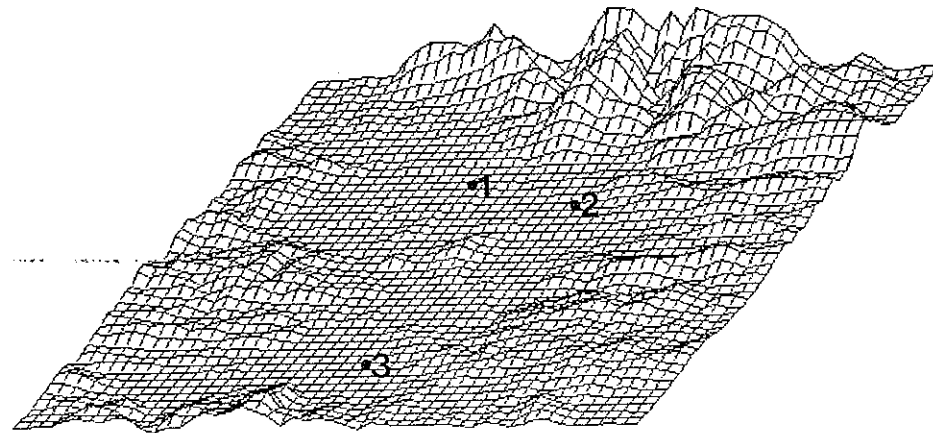
POVZETEK

Predstavljena je statistična študija razlik klimatskih količin med tremi postajami v Ljubljanski kotlini. Postaje leže v klimatsko homogenem območju, vendar so bile med njihovimi zimskimi klimatskimi značilnostmi opažene značilne razlike. Dolgoletna povprečja treh klimatskih parametrov: MSN -maksimalna višina snežne odeje v mesecu, DSN - število dni s sneženjem in

SNG - število dni s snežno odejo se malo razlikujejo, z uporabo median in T testa pa smo pokazali, da so nekatere teh razlik značilne. Dobili smo te rezultate: postaja Brnik ima značilno več snega (MSN in SNG) kot postaja Volčji potok. Isto lahko opazimo pri paru Brnik-Lipe, le da je tu značilnost razlik nekoliko manjša. Nizi za parameter DSN se med seboj večinoma ne razlikujejo, vendar ima Brnik tudi več dni s sneženjem kot preostali dve postaji. Posebno velike značilnosti dobimo, če nize normaliziramo s sinhronim prostorskim povprečjem.

UVOD

Namen te obdelave je preveriti hipotezo, da ima pozimi severovzhodni del ljubljanske kotline-okolica Domžal in Kamnika - ugodnejšo klimo kot zahodni in južni del te kotline. To hipoteza naj bi se predvsem kazala v krajšem trajanju snežne odeje, v njeni manjši višini in v višjih temperaturah. V vhodnem in osrednjem delu ljubljanske kotline so štiri klimatske meteorološke postaje: Ljubljana-Bežigrad (299 m), Brnik (362 m), Volčji potok (360 m) in Lipe na Barju (290 m). Prve tri postaje imajo od leta 1950 dalje večinoma kontinuirane nize opazovanj, medtem ko je postaja Lipe delovala le med letoma 1956 in 1977. Razdalje med postajami so majhne: od Brnika do Volčjega potoka 12 km, od Volčjega potoka do Lipe 26 km in od Brnika do Lipe 24 km.



Slika 1 Lega treh postaj v Ljubljanski kotlini. Osnova je izometrična projekcija reliefa s pogledom z jugovzhoda v kilometrski mreži. Vertikalne razdalje so glede na horizontalne pretirane trikrat. (1-Brnik, 2-Volčji Potok, 3-Lipe na Barju)

Figure 1 The locations of three climatic stations in the Ljubljana basin. The background is an isometric projection of the topography as seen from the south-east. The grid distance is 1 km. The heights are three times magnified. (1-Brnik, 2-Volčji Potok, 3-Lipe na Barju)

Za ugotavljanje klimatskih značilnosti zime na teh postajah smo si izbrali naslednje parametre, shranjene v arhivu HMZ SRS:

1. število dni s snežno odejo v mesecu
2. število dni s snežnimi padavinami v mesecu
3. maksimalna višina snežne odeje v mesecu
4. povprečna mesečna minimalna temperatura
5. povprečna mesečna maksimalna temperatura
6. število dni z minimalno temperaturo pod 0 st. C v mesecu
7. število dni s padavinami v mesecu
8. povprečna mesečna temperatura
9. mesečna količina padavin

Tabela 1 Povprečja, minimumi, maksimumi in standardne deviacije izbranih klimatskih parametrov za december (obdobje 1950-1985) za tri postaje v ljubljanski kotlini

SNG-število dni s snežno odejo v mesecu
 DSN-število dni s snežnimi padavinami v mesecu
 MSN-maksimalna višina snežne odeje v mesecu (cm)
 TMI-povprečna mesečna minimalna temperatura (0.1 st. C)
 TMA-povprečna mesečna maksimalna temperatura (0.1 st. C)
 DPO - število dni z minimalno temperaturo pod 0 C v mesecu
 DRR-število dni s padavinami v mesecu
 POT-povprečna mesečna temperatura (0.1 st. C)
 MRR-mesečna količina padavin (kg/m²)

Table 1 Means, minima, maxima and standard deviations of selected parameters for december (1950-1985) for three stations in the Ljubljana basin

SNG-number of days with snow cover
 DSN-number of days with snowfall
 MSN-maximal snow height in month (cm)
 TMI-monthly mean minimal temperature (0.1 C)
 TMA-monthly mean maximal temperature (0.1 C)
 DPO-number of days with minimal temp. below 0 C
 DRR-number of days with precipitation
 POT-monthly mean temperature (0.1 C)
 MRR-monthly amount of precipitation (kg/m²)

	Volčji potok				Brnik				Lipe na Barju			
	X	Xm	XM	S. d.	X	Xm	XM	S. d.	X	Xm	XM	S. d.
SNG	9	0	31	9	13	0	31	10	11	0	1	10
DSN	5	0	14	3	6	0	17	4	5	0	11	3
MSN	12	0	35	11	16	0	45	12	18	0	38	14
TMI	-32	-75	06	23	-41	-94	2	25	-33	-81	09	21
TMA	24	-13	66	23	26	-16	61	22	23	-15	67	24
DPO	23	11	31	5	25	15	31	4	23	11	31	5
DRR	12	3	22	5	13	6	23	5	12	5	19	4
POT	-05	-39	29	20	-08	-51	26	21	-03	-49	29	21
MRR	106	240	29	57	111	11	301	69	107	30	262	67

Postaja Ljubljana je sredi urbaniziranega okolja, tako da z ostalimi tremi postajami kar se snega in zimskih temperatur tiče ni primerljiva.

Za omenjenih devet parametrov smo za preostale tri postaje izračunali povprečja, ekstreme in standardne deviacije. Tabela 1 prikazuje rezultate te obdelave za december.

Iz tabele 1 in iz tabel za januar, februar in marec lahko ugotovimo, da je povprečno trajanje snežne odeje (SNG) najkrajše ob Volčjem potoku, najdaljše pa na Brniku. Količina padavin (MRR) je na vseh treh postajah približno enaka, isto velja za število dni s padavinami (DRR) in za število dni s sneženjem (DSN). Glede temperatur je najhladnejši Brnik, Volčji potok je nekoliko toplejši, sledi pa mu postaja Lipe.

Iz pregleda povprečij je razvidno, da hipotezi približno ustrezata postaji Volčji potok in Brnik, saj ima zahodnejša postaja, to je Brnik, daljše trajanje snežne odeje, višjo maksimalno višino snega, nižje minimalne in srednje temperature, večje število dni s padavinami in s sneženjem, nekoliko večjo količino padavin, hkrati pa so na Brniku višje maksimalne temperature. V nadaljni obdelavi smo se zadržali pri parih postaj Brnik - Volčji potok, Volčji potok-Lipe in Brnik-Lipe.

S statističnimi testi želimo preveriti, če so dobljene razlike med klimatskimi parametri med pari postaj značilne. Testirali smo samo tri klimatske parametre: povprečno trajanje snežne odeje (SNG), maksimalno višino snežne odeje (MSN) in število dni s sneženjem (DSN). Za izhodišče smo si postavili naslednje delovne hipoteze:

a) na Brniku leži sneg dlje kot ob Volčjem potoku, b) na Brniku je višja maksimalna višina snežne odeje, c) na Brniku je več dni s sneženjem, d) na Brniku je nižja povprečna minimalna temperatura,

ter analogne hipoteze za para Lipe-Volčji potok in Brnik- Lipe na Barju.

Hipoteze smo dokazovali z zanikanjem njihovih nasprotij in z oceno tveganja z metodama T in median testa za dva neodvisna niza. Za testiranje smo si izbrali sinhrono nize iz obdobja 1950-1985. Zaradi kratkotrajnosti opazovanj na postaji Lipe na Barju so sinhroni nizi te postaje s preostalima dvema dolgi od 21 do 16 let. Pred izvedbo samega testa za vsak mesec in za vsak parameter posebej, smo poskrbeli za sinhronizacijo obeh nizov, tako da smo izločili vse tiste podatke, ki niso imeli para v nasprotnem nizu.

REZULTATI MEDIAN TESTA

Za vse štiri pare nizov za vsak mesec posebej smo naredili median test za neodvisne pare. Pri vsaki obdelavi smo ocenili tveganje, s katerim lahko zavrnilo postavljene hipoteze o enakosti povprečij nizov. Rezultate te obdelave kaže tabela 2.

Tabela 2 Rezultati median testa za par Brnik-Volčji potok, vrednosti χ^2 za parametre SNG, MSN in DSN (oznake pomenijo isto kot v tabeli 1) pri parametrih s tveganjem pod 50% je dopisan odstotek zanesljivosti

Table 2 Results of median test for stations Brnik - Volčji potok, χ^2 values for parameters SNG, MSN and DSN (the meaning of abbreviations same as in Table 1). For significances greater than 50%, the exact significance is added

	SNG		MSN		DSN	
dec	0.62	50%	1.73	75%	0.06	
jan	0.07		1.14	60%	1.07	60%
feb	0.27		1.14	60%	1.07	60%
mar	0.00		2.57	85%	1.73	80%

Vidimo, da lahko z največjo zanesljivostjo trdimo, da so različni pari nizov maksimalne višine snežne odeje (MSN), za niza čas trajanja snežne odeje (SNG) pa lahko le za december s tveganjem 50% trdimo, da sta niza različna, za druge mesece so so tveganja večja. Enak test smo naredili tudi za nize para Lipe Volčji potok.

Tabela 3 Kot tabela 2, le za par Lipe-Volčji potok

Table 3 As Table 2, but for stations Lipe-Volčji potok

	SNG		MSN		DSN	
dec	0.42		0.42		0.10	
jan	1.00	55%	1.13	60%	0.42	
feb	0.01		0.01		3.79	93%
mar	0.47	50%	0.13		0.11	

Pri paru Lipe-Volčji potok lahko vidimo, da so le v redkih primerih tveganja manjša od 50%, pri večini parametrov lahko torej trdimo, da mediana nizov nista različna. Izjemo predstavlja le število dni s sneženjem (DSN) v februarju, kjer je zanesljivost za trditev o različnosti medianov kar 93%. V tem primeru ima postaja Volčji potok pogosto več dni s sneženjem kot Lipe, vendar se pogostejše sneženje ne odrazi na daljšem trajanju snežne odeje niti ne na njeni maksimalni višini.

Tudi za pare nizov Brnik-Lipe na Barju smo naredili enak test. Rezultate prikazuje tabela 4.

Tabela 4 Kot tabela 2, le za par Brnik - Lipe na Barju
Table 4 As Table 2, but for stations Brnik - Lipe na Barju

	SNG		MSN		DSN	
dec	0.10		0.10		2.56	85%
jan	0.42	50%	0.11		0.95	60%
feb	0.38		0.38		0.25	
mar	1.68	80%	0.03		0.02	

Za nize SNG-trajanje snežne odeje se pokaže, da ni značilnih razlik med nizoma postaj, saj so vrednosti χ^2 povsod daleč pod 50%. Za nize DSN-število dni s sneženjem, se pokaže, da je na Brniku v začetku zime značilno (60-85%) več dni s sneženjem, marca pa je na Brniku 80% značilno višja snežna odeja kot pri Lipah.

T-TEST

Nize parov postaj smo obdelali tudi z metodo parov (T test). Pri obdelavah smo ocenili zanesljivost, s katero lahko trdimo, da obstajajo značilne razlike med nizoma, tj. da je trajanje snežne odeje na Brniku res daljše kot pri Volčjem potoku, da je maksimalna višina snega na Brniku večja kot pri Volčjem potoku in analogno za preostala para nizov.

Tabela 5 Rezultati metode parov za postaji Brnik in Volčji potok (t-test) (oznake pomenijo isto kot pri tabeli 1). K vrednosti testne količine T je pripisana značilnost razlik
Table 5 Results of Students (t) test for stations Brnik and Volčji potok, abbreviations have the same meaning as in Table 1. Significance is added to t values if they are greater than 50%

	SNG		MSN		DSN	
dec	1.062	70%	1.288	80%	1.687	90%
jan	0.842	55%	1.627	90%	1.904	94%
feb	1.213	75%	2.025	95%	0.799	53%
mar	1.305	83%	1.855	93%	0.917	65%

Zanesljivosti smo določili s primerjavo izračunanih koeficientov iz prvih stolpcev tabele 5 z tabelarnimi vrednostmi količine t.

V parih nizov je bilo od 52 do 60 podatkov. Iz tabele 5 lahko vidimo, da je zanesljivost največja pri nizih maksimalne višine snežne odeje (MSN), pri drugih pa je manjša, vendar povsod večja od 50%. Kot je bilo pričakovati, je zanesljivost najmanjša-razlike so torej najmanjše - pri številu dni s sneženjem, posebno majhne pa so zanesljivosti za trditve o različnosti nizov v zadnjih dveh mesecih zime. Po posameznih mesecih je skupna zanesljivost za vse parametre skupaj največja v marcu, takoj za tem pa v decembru, medtem ko je v januarju in februarju manjša. To dejstvo lahko pojasnimo s tem, da je zima na obeh postajah v januarju in februarju precej podobna, večje razlike pa nastopajo ob začetku in ob koncu zime.

Naredili smo enako obdelavo tudi za pare nizov za postaji Lipe in Volčji potok.

Tabela 6 Kot tabbela 5, le za par Lipe - Volčji potok
Table 6 As Table 5, but for stations Lipe - Volčji potok

	SNG		MSN		DSN	
dec	1.310	80%	1.293	80%	0.435	
jan	0.031		1.464	85%	0.507	
feb	0.100		0.541		0.630	
mar	1.310	80%	1.293	80%	0.435	

Vidimo lahko, da so v primerjavi s parom Brnik-Volčji potok zanesljivosti v tej tabeli dosti manjše, da so torej razlike med pari nizov za te dve postaji večinoma majhne. še posebno velja to za nize DSN-število dni s sneženjem, saj so vse zanesljivosti pod 50%. Tudi naslednjo delavno hipotezo: na Brniku značilno dlje leži sneg, značilno več dni sneži in značilno več je snega kot pri Lipah na Barju smo preverili s T testom. Rezultate prikazuje tabela 7.

Tabela 7 Kor tabela 5, le za par Brnik - Lipe na Barju
Table 7 As table 5, but for stations Brnik - Lipe na Barju

	SNG		MSN		DSN	
dec	0.725	50%	1.125	75%	0.240	
jan	0.986	65%	1.295	80%	0.217	
feb	1.024	70%	1.234	80%	0.329	
mar	1.147	75%	0.928	65%	0.696	

Za ti dve postaji lahko vidimo, da so z zanesljivostjo od 65 do 80% različne maksimalne višine snega (MSN) med postajama Brnik in Lipe. Za števila dni s

sneženjem (DSN) tega ne moremo zanesljivo trditi, pač pa z značilnostjo od 50 do 75% velja, da je na Brniku več snega (SNG) kot pri Lipah.

Pri podrobnejšem pregledu nizov za čas trajanja snežne odeje in za število dni s sneženjem smo ugotovili, da so v obeh nizih velika nihanja, na kar kažeta tudi veliki standardni deviaciji in razmaha med maksimumoma in minimumoma. Hkrati smo ugotovili, da je korelacija med istosmiselnimi nizi z različnih postaj velika. Vse to pomeni, da se značilnosti zime iz leta v leto na vseh postajah zelo, vendar podobno spreminjajo.

V metodi za izračun testne količine T je odvisnost od varibilnosti niza zelo velika. Zato smo se odločili, da z normalizacijo zmanjšamo variabilnost nizov. Transformacijsko formulo smo zapisali takole:

$$X1i' = X1i/Si$$

$$X2i' = X2i/Si$$

(X1, X2-podatka v nizu para postaj, i-števec leta), kjer je $Si = (X1i+X2i)/2$, torej povprečna vrednost parametra v nekem letu.

V primeru, da je $Si = 0$, (v nekem mesecu nekega leta nobena od postaj ni imela dneva s snežno odejo ali dneva s sneženjem ali je maksimalna višina snega povsod enaka 0), priredimo $X1i' = X2i' = 1$.

S tako zmanjšano varianco smo ponovno naredili postopek T testiranja. Rezultate tega testa kažeta tabela 8 (za par Brnik - Volčji potok) in tabela 10 za par Volčji potok-Lipe.

Tabela 8 Rezultati T testa za pare nizov z zmanjšano varianco za par Brnik - Volčji potok

(pomen oznak je enak kot v tabeli 1)
Zanesljivosti: # 95%, ** 99%, *** 99,9%

Table 8 Results of Students (T) test for pairs of normalised datasets for stations Brnik-Volčji potok (the meaning of abbreviations is same as in Table 1)
Significances: # 95%, ** 99%, *** 99,9%

	SNG		MSN		DSN	
dec	4.740	***	8.505	***	3.312	**
jan	2.719	**	5.397	***	4.607	***
feb	4.743	***	8.435	***	2.123	*
mar	2.195	#	4.137	***	4.007	***

S tako normaliziranimi nizi se pokaže dosti večja značilnost razlik kot pa z nizi brez normiranja. Za maksimalno višino snežne odeje (MSN) lahko z 99,9% zanesljivosti trdimo, da je na Brniku večja v vseh zimskih mesecih, za čas trajanja snežne odeje (SNG) je tako velika zanesljivost dosežena le decembra in februarja, vendar je v vseh mesecih tveganje za trditev o različnosti manjše od 5%.

Tabela 10 Kot tabela 8, le za par Lipe - Volčji potok
Table 10 As table 8, but for stations Lipe - Volčji potok

	SNG		MSN		DSN	
dec	2.138	#	2.755	**	0.115	
jan	0.515		4.359	***	2.254	**
feb	0.406		1.532	85%	0.450	
mar	1.742	90%	1.714	90%	1.421	75%

Vidimo, da le pri redkih parametrih lahko opazimo veliko zanesljivost, četudi je varianca zmanjšana z normalizacijo.

Tudi za par postaj Brnik-Lipe na Barju so sinhrona niza normalizirali in izvedli T test za parametre MSN, DSN in SNG. Rezultate te obdelave kaže tabela 10.

Tabela 10 Kot tabela 8, le za par Brnik - Lipe na Barju
Table 10 As table 8, but for stations Brnik - Lipe na Barju

	SNG		MSN		DSN	
dec	1.830	90%	0.316		4.294	***
jan	2.275	#	0.207		3.631	***
feb	2.733	**	2.046	*	1.325	80%
mar	2.863	**	2.833	**	3.733	**

Pri normiranih nizih lahko opazimo, da so zanesljivosti za potrditev hipoteze o različnosti parov nizov veliko večje, izjemo predstavljata le parameter MSN-maksimalna višina snežne odeje v decembru in v januarju, saj pri teh dveh parih ni dokazano, da sta povprečji nizov različni.

ZAKLJUČEK

Na podlagi opravljenih testov lahko sklepamo naslednje:

SNG-čas trajanja snežne odeje: pari nizov za postaji Lipe in Volčji potok si niso tuji, razlike med njimi niso značilne. Pari nizov za postaji Brnik-Lipe in Brnik-Volčji potok so si tuji, s precejšnjo zanesljivostjo lahko trdimo, da se povprečja nizov razlikujejo, posebno dobro so hipoteze (na Brniku dlje leži sneg kot pri Lipah, na Brniku dlje leži sneg kot v Volčjem potoku) potrjene, če primerjamo normirane nize.

MSN-maksimalna višina snežne odeje v mesecu: Hipoteza, da je na Brniku več snega kot v Volčjem potoku, je dobro potrjena s T testom, z median testom in še posebno dobro s T testom za normirane nize (zanesljivost 99.9% za vse zimske mesece). Za preostala para zanesljivost pri testih ni tako velika, vendar lahko z dokajšnjo zanesljivostjo (85-99%) trdimo, da sta si niza Lipe-Volčji potok tuja in da je pri Lipah več snega kot v Volčjem potoku. Za par Lipe-Brnik velja, da so si pari nizov v prvi polovici zime precej podobni, v drugi polovici zime pa Brnik prevlada.

DSN-število dni s sneženjem: Hipoteza o tem, da na Brniku pogosteje pada sneg, je posebno dobro potrjena v primerjavi z Volčjim potokom (za normirane nize T test zanesljivost od 95 do 99.9%), podobno velja, če primerjamo Brnik z Lipami, za par Lipe-Volčji potok pa velja, da so razlike med nizoma majhne.

LITERATURA

Tompson C.M., 1941: Table of percentage points of χ^2 distribution,
Biometrika, vol 32., 318-327 pp.