

R A Z P R A V E
P A P E R S

Letnik 30

1

Vsebina - Contents		Stran/Page
S. Rink	Prispevek h klimatologiji neviht v Sloveniji A contribution to the climatology of thunderstorms in Slovenia	3
L. Kajfež-Bogataj	Toča in sodra v Sloveniji	
J. Rakovec	Hail and graupel in Slovenia	19
N. Pristov	Some characteristics of bora and its beginings in Slovenia	
Z. Petkovšek	Nekatere značilnosti burje in njenih začetkov v Sloveniji	37
J. Zaveršek		

PRISPEVEK H KLIMATOLOGIJI NEVIHT V
SLOVENIJI

A CONTRIBUTION TO THE CLIMATOLOGY OF
THUNDERSTORMS IN SLOVENIA

Samo RINK
Hidrometeorološki zavod SR Slovenije

551.515.42 (497.12)

SUMMARY

Thunderstorms are in general not great weather phenomena, if compared e.g. with frontal systems or cyclones. So the statistics on thunderstorms depends on observational grid density, or, on the area being studied. The existent observational grid is not sufficient for a detailed study of thunderstorm events also because of the criterion which is used: the thunder to be heard. That implies a distance of approx. 20 km to be covered by a station in flat terrain. So some thunderstorms at greater distance are not observed. Those which are registered are not only thunderstorms at the stations, but also thunderstorms in a certain neighbourhood. So we roughly estimate that more than a half of the days with thunderstorms (e.g. per month or in the year) are in fact thunderstorms in the neighbourhood of the station.

Using the number of days with thunderstorms per month being observed on 57 stations in Slovenia in a period 1951-1986 the geographical distribution of thunderstorm characteristics in Slovenia are discussed: mean and maximum number of days per year, as well as mean and maximum number in the vegetation period May- September, together with some variability estimators.

Slovenia is quite a stormy country. Great frequency of thunderstorms is observed at synoptic situations when in front of a cold front there exists in low levels an advection of the warm and humid air with southwest wind from Mediterranean. At the same time at upper levels the winds have more expressed western component with colder and less humid air. Not only these synoptic conditions of instability, but also orography contributes to thunderstorm activity with enhanced wind shear over the mountains and at the sea-land discontinuity.

Hitherto examinations of the number of days with thunderstorms in Slovenia based on shorter periods of observations show the maximum average in mountainous regions with more than 50 days per year, and more thunderstorm days in western, than in the eastern part of the country.

Our results show that a long term (1951-86) average maximum is 49 days per year and that there are regions with more than 40 days in average at the coast (Portorož), on the mediterranean side of the Alpine-Dinaric mountain ridge (Čepovan, Bovec), at the foothills of Kamnik Alps (Ljubljana, Brnik), and at Pohorje (Šmartno pri Slovenj Gradcu). High value of modus can be found only in mountainous western Slovenia (Bovec - 50, Čepovan - 52, Lesce-Hlebce - 53, and Vojsko - 58 days per year). The months with maximum occurrence of thunderstorms are June or July.

If looking only to the thunderstorms in vegetation period May- September it is worth to mention, that a major part of all thunderstorms occur in the warm part of the year. The highest average number for this period is 43 in Šmartno pri Slovenj Gradcu and 41 in Ljubljana. There are five regions in Slovenia with average value of more than 30 days with thunderstorms, mostly in the mountainous part. The regions with less than 15 days with thunderstorm in a period May-September can be found in eastern, more flat region of Slovenia. Modus varies from 4 (Lendava) to 51 (Brnik). Whole western Slovenia has absolute maxima over 45 days, and the highest maxima were observed at Brnik - 65, and in Šmartno pri Slovenj Gradcu and in Bovec - 62 days in this warm part of the year. In eastern Slovenia there are some regions with maxima being less than 30 days with thunderstorms in a period May-September 1951-1986.

POVZETEK

Obravnavali smo prostorsko porazdelitev števila dni z nevihtami, in sicer povprečno letno število dni z nevihtami na vseh postajah v Sloveniji v obdobju 1951 - 1986, povprečno število dni z nevihtami v vegetacijskem času od maja do septembra, ko je aktivna obramba pred točo, maksimalno letno pojavljanje neviht, maksimalno pojavljanje neviht od maja do septembra in variabilnost tega pojava.

UVOD

Nevihta je vremenski pojav, ki ga v meteorologiji določamo predvsem po grmenju. Navadno spremljajo nevihto intenzivni pojavi, kot so močni nalivi, toča, močna turbulenca, blisk in grom. S klimatologijo neviht se je ukvarjalo že več avtorjev. Prostorsko porazdelitev povprečnega letnega števila dni z nevihtami v Sloveniji so obravnavali Petkovšek (1966), Mezgec (1979), Kranjc (1980), Furlan (1980) in Petkovšek (1987).

Klimatološka mreža

V računalniškem arhivu HMZ SRS so dostopni podatki o številu dni z nevihtami in grmenjem po mesecih za več kot 100 postaj v obdobju 1951-1986. Toda postaje

nimajo niti enako dolgega niti enotnega časovnega niza opazovanj. Pri nadaljnji statistični obravnavi smo upoštevali predvsem postaje, ki imajo vsaj 30-letni niz podatkov. Za postaje, katerih lokacije so se le malo spremenile, smo časovne nize združili. Tako smo postajo Koper (51-75) združili s Portorožem (76-86) v nov niz 51-86, ki ga obravnavamo kot postajo Portorož. Radovljico (54-78) smo združili s postajo Lesce-Hlebce (79-86) v niz 54-86, ki ga obravnavamo kot postajo Lesce-Hlebce. Na ta način smo dobili 57 postaj z vsaj 30 letnim opazovalnim nizom, ki so prostorsko dokaj enakomerno porazdeljene po vsej Sloveniji.

Kvaliteta podatkov

Če opazovalec na meteorološki postaji vsaj enkrat v dnevu sliši grmenje, je to že zadosten pogoj, da ta dan zabeleži kot nevihtni dan za to postajo. V mesečnem številu dni z nevihtami in grmenjem so upoštewane nevihte tako na postaji kot nevihte v okolici. Zato ocenjujemo, da je v tem parametru za posamezno postajo več kot polovica dni v mesecu, ki pripadajo grmenju zaradi neviht v okolici postaje. Na število zabeleženih neviht vpliva poleg vestnosti opazovalca tudi to, ali je lokacija postaje v mirnem ali hrupnem okolju, ko grmenja ne slišimo več dobro ali sploh ne. Glede na ta dejstva lahko trdimo, da so ti podatki in rezultati obdelav nevihtne pogostosti precej nezanesljivi.

PROSTORSKA PORAZDELITEV ŠTEVILA DNI Z NEVIHTAMI

Pri obravnavi prostorske porazdelitve števila dni z nevihtami nas zanima poleg povprečnega letnega števila dni z nevihtami na vseh postajah v obdobju 1951-1986 tudi povprečno število dni z nevihtami od maja do septembra, maksimalno letno pojavljanje neviht, maksimalno pojavljanje neviht od maja do septembra in variabilnost tega pojava.

Prostorska porazdelitev povprečnega letnega števila dni z nevihtami za obdobje 1951-1986

Tabela 1 prikazuje za izbrane postaje v Sloveniji naslednje statistične parametre letnega števila dni z nevihtami: povprečno letno število dni z nevihtami x , ki ima razpon od 10 do 49, najpogostejšo letno vrednost števila dni z nevihtami (Mo), ki ima razpon od 3 do 58, varianco letne pogostosti s^2 , ki ima razpon od 24.84 do 469.41, v procentih izražen koeficient variabilnosti KV , ki se giblje v razponu med 14 in 72, maksimalno letno število dni z nevihtami max , ki je od 20 do 75, minimalno letno število min , ki je med 0 in 34, variacijska širina $V\check{S}$, ki je med vrednostima 18 in 69, ter maksimalno povprečno mesečno število dni z nevihtami ($max.$ mes. pog.), v oklepaju pa je naveden mesec, za katerega smo dobili tako število.

Tabela 1: Povprečna letna pogostnost dni s točo (x), najpogostnejša vrednost - modus (Mo), varianca letne pogostnosti (s^2), koeficient variabilnosti (KV%), maksimalna in minimalna letna pogostnost (max, min) ter variacijska širina (VŠ) v obdobju 1951-1986.

Table 1: Mean annual number of days with hail (x), modus (Mo), coefficient of variability, variance (s^2), maximum and minimum number of days with hail (max, min) and variation interval (VŠ) for the period 1951-1986.

IME POSTAJE	x	Mo	s^2	KV	max	min	VŠ	mes.(mesec)
AMBRUS	32.0	26	85.90	29	52	17	35	7.5(7)
BABNO POLJE	32.4	36	94.48	30	60	16	44	7.8(6)
BIZELJSKO	30.1	33	163.37	43	54	7	47	6.6(6)
BOVEC	48.1	50	160.69	26	75	17	58	10.2(6)
BRNIK	42.5	46	469.41	51	73	4	69	9.2(7)
CELJE	35.2	30	46.69	19	47	20	27	8.1(7)
ČEPOVAN	49.4	52	80.87	18	72	24	48	10.4(7)
ČRNOMELJ	39.4	43	96.89	25	63	25	38	8.1(6)
GODNJE	42.6	45	132.13	27	65	14	51	8.4(7)
GORNJI LENART	16.8	20	48.34	41	32	6	26	4.2(7)
GORNJA RADGONA	26.7	29	51.72	27	46	13	33	6.8(7)
ILIRSKA B.	45.9	49	104.20	22	65	21	44	8.7(6,7)
JAVORJE NAD P.	27.5	33	197.01	51	52	1	51	6.6(6)
JERUZALEM	25.3	36	158.84	50	44	0	44	5.8(7)
JEZERSKO	24.0	22	44.91	28	42	11	31	6.8(7)
KLENIK PRI V.	24.3	24	26.96	21	37	13	24	5.6(7)
KOMEN NA KRASU	34.2	41	184.44	40	63	4	59	6.2(7)
KOČEVJE	28.5	30	73.08	30	44	12	32	6.2(7)
KREDARICA	37.3	41	49.86	19	53	24	29	8.3(7)
KUBED	24.4	26	78.90	36	45	2	43	5.4(7)
LENDAVA	13.7	5	97.92	72	33	1	32	3.4(7)
LESCE-HLEBCE	24.3	53	278.39	69	57	5	52	5.6(7)
LIPOGLAV	25.0	31	75.36	35	43	12	31	6.2(7)
LJUBLJANA	48.8	47	53.65	15	63	30	33	10.5(6)
MARIBOR	35.5	32	53.86	21	52	23	29	8.6(7)
MESTNI VRH	22.8	18	57.85	33	39	9	30	5.4(7)
MOZIRJE	19.4	23	37.82	32	35	6	29	5.0(7)
MURSKA SOBOTA	28.9	23	70.11	29	46	8	38	7.0(6)
NOVO MESTO	44.7	37	82.08	20	62	23	39	10.2(6)
NOVA VAS/BLOKAH	29.7	24	91.83	32	53	11	42	7.0(6)
NOVELO PRI T.	27.6	37	112.78	38	47	10	37	5.5(6)
PLANINA POD G.	27.4	34	177.55	49	55	1	54	5.3(6)
PODGRADJE	24.9	25	50.28	28	41	11	30	6.6(7)
PORTOROŽ	48.7	40	100.02	21	66	19	47	8.7(6)
POSTOJNA	37.2	44	177.95	36	61	5	56	7.6(6)
PRAGERSKO	15.9	13	109.37	66	40	4	36	4.6(7)
RADLJE OB DRAVI	27.1	23	74.86	32	41	6	35	6.9(7)

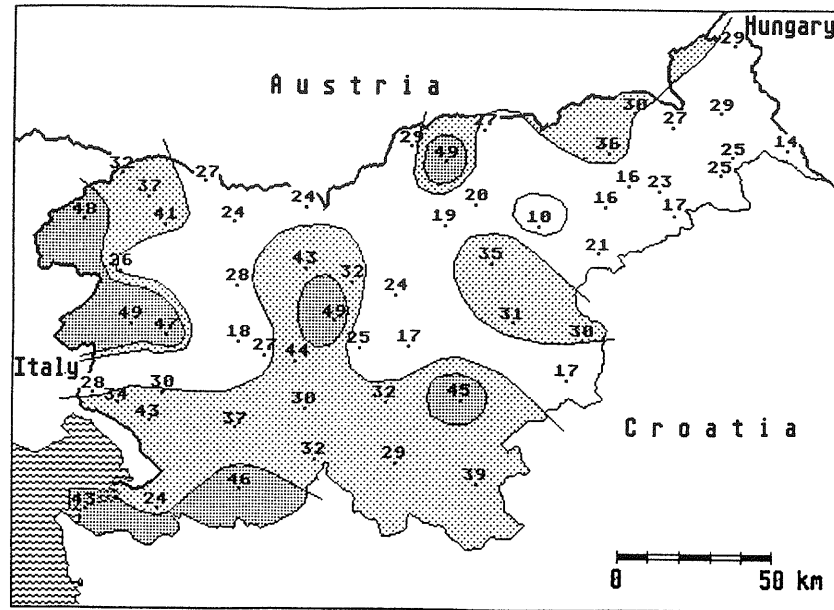
Tabela 1 (nadaljevanje): Povprečna letna pogostnost dni s točo (x), najpogostnejša vrednost - modus (Mo), varianca letne pogostnosti (s^2), koeficient variabilnosti (KV%), maksimalna in minimalna letna pogostnost (max, min) ter variacijska širina (VŠ) v obdobju 1951-1986.

Table 1 (continue): Mean annual number of days with hail (x), modus (Mo), coefficient of variability, variance (s^2), maximum and minimum number of days with hail (max, min) and variation interval (VŠ) for the period 1951-1986.

IME POSTAJE	x	Mo	s^2	KV	max	min	VŠ	mes.(mesec)
RAKITNA	44.4	44	96.06	22	64	16	48	9.5(6)
RATEČE-PLANICA	31.7	30	44.93	21	44	20	24	7.4(7)
RAVNE/KOROŠKEM	29.3	36	55.31	25	47	17	30	7.7(7)
ROGAŠKA SLATINA	21.0	19	69.41	40	45	6	39	4.8(7)
ROVTE	18.4	26	84.91	50	36	0	36	4.8(6)
SELA/PLANINI	30.6	44	91.19	31	48	10	38	7.4(6,7)
SEVNO NA D.	16.7	3	128.22	68	34	1	33	4.5(7)
SLAP PRI VIPAVI	29.8	31	119.03	37	55	12	43	6.1(6,7)
SLOVENSKE K.	10.4	9	24.84	48	20	2	18	3.2(6)
STARA FUŽINA	40.9	43	86.93	23	64	25	39	8.8(7)
STARŠE	16.3	16	58.45	47	35	2	33	4.4(7)
ŠMARTNO/SL.G.	48.5	49	49.20	14	67	34	33	11.0(6,7)
TITOVO VELENJE	20.2	30	71.54	42	41	8	33	5.4(7)
TOLMIN	25.9	28	125.42	43	44	6	38	6.0(7)
TURŠKI VRH	16.9	12	37.40	36	31	9	22	4.2(7)
VELIKI DOLENCI	28.7	43	155.67	44	46	7	39	7.6(7)
VOJSKO	47.1	58	94.69	21	60	22	38	10.4(7)
VOLČJI POTOK	31.9	27	61.57	25	47	19	28	7.2(6)
VRHNIKA	27.4	23	60.43	28	45	11	34	6.2(6)
ZGORNJA ŠČAV.	29.5	37	44.08	23	43	17	26	7.2(7)

Slika 1 prikazuje prostorsko porazdelitev povprečnega letnega števila dni z nevihtami v Sloveniji v obdobju 1951-1986. Največja letna pogostost naviht je zabeležena na postajah Šmartno pri Slovenj Gradcu, v Ljubljani, Čepovanu in Portorožu (49 dni). V zahodni Sloveniji to število ne pade pod 24 dni razen v primeru Rovt (18), medtem ko je na njej najbližji postaji Vrhniki povprečno letno število dni z nevihtami 27. Na sliki 1 vidimo, da so področja z največjo pogostostjo naviht z izopletami nad 45 dni v severozahodni, jugozahodni, jugovzhodni, osrednji ter v severovzhodni Sloveniji okoli Šmartnega pri Slovenj Gradcu. Področja z nad 30 dnevi so še v okolici Bizeljskega, Celja, Šmartnega pri Slovenj Gradcu in v skrajnem severovzhodnem delu Slovenije. Najmanjše povprečje imajo postaje Slovenske Konjice (10), Lendava (14), Starše in Pragersko (16) ter Gornji Lenart in Turški vrh pri Zavrču (17).

Naslednja statistična količina je modus, ki nam pove, kolikšna je najpogostejša vrednost letnega števila dni z nevihtami. Vrednost modusa od 50 navzgor za-



Slika 1: Povprečno letno število dni z nevihtami (1951-1986)

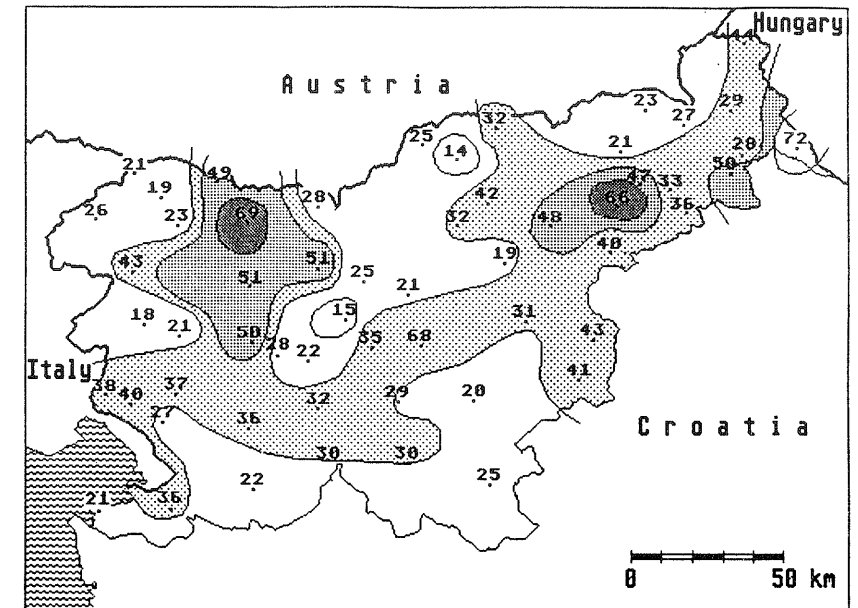
Figure 1: Mean number of days with thunderstorms per year (1951-1986)

sledimo samo v zahodni Sloveniji, in sicer na postajah Bovec (50), Čepovan (52), Lesce - Hlebce (53) in na Vojskem (58). Veliko vrednost modusa imajo še postaje Brnik (46), Črnomelj (43), Godnje (45), Ilirska Bistrica (49), Komen (41), Portorož (40), Kredarica (41), Ljubljana (47), Postojna (44), Rakitna (44), Sela (44), Stara Fužina (43), Šmartno pri Slovenj Gradcu (49) in Veliki Dolenci (43). Najmanjše vrednosti modusa zasledimo na postajah Sevno (3), Lendavi (5) in Slovenskih Konjicah (9).

Varianca je statistična količina, ki jo dobimo, če kvadriramo vrednost standardne deviacije, in nam podaja mero za sipanje podatkov znotraj niza. Za varianco letnega števila dni z nevihtami lahko iz Tabele 1 ugotovimo, da pogosto preseže vrednost 100, ekstremno visoke vrednosti pa so bile dobljene za Brnik (469), Lesce (278), v Javorjah (197), Komnu (184), Postojni (178) in na Planini pod Golico (177). Najmanjše vrednosti variance so bile izračunane v Slovenskih Konjicah (25) in Kleniku (27).

Prostorsko porazdelitev koeficienta variabilnosti KV podaja slika 2. Opazimo štiri področja z nad 60 %, sicer pa sta v zahodni in vzhodni Sloveniji dve večji področji z nad 45 %. Variabilnost letnega števila neviht ni tako velika kot pri toči.

Največje vrednosti KV so dobljene v Lendavi (72), Lescah (69), Sevnem (68),



Slika 2: Koeficient variabilnosti za dneve z nevihtami (1951-1986)

Figure 2: Koeficient of variability for days with thunderstorms (1951-1986)

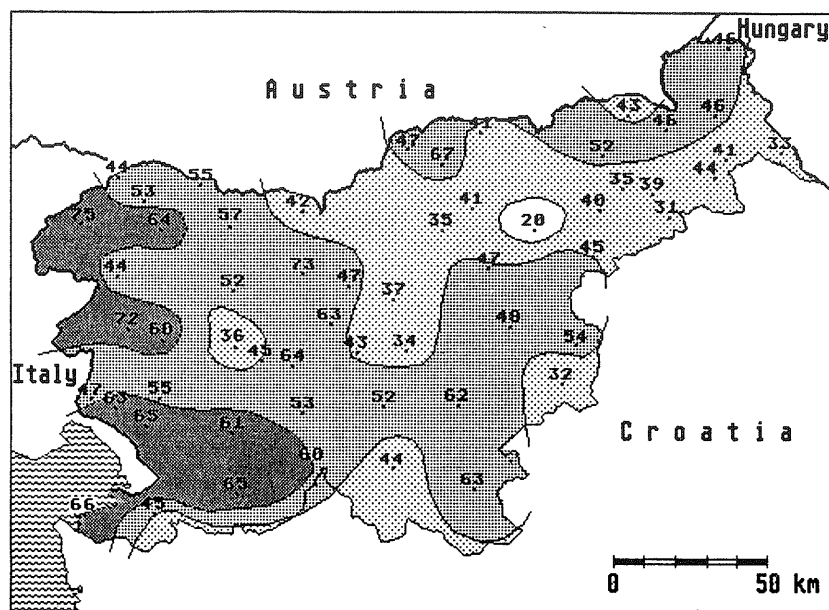
Pragerskem (66). Najmanjše variabilnosti tega pojava so v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (14), Ljubljani (15), Čepovanu (18), ne Kredarici in v Celju (19).

Maksimalna letna števila dni z nevihtami v obdobju 1951-1986 z oznako max v Tabeli 1 so za vse upoštevane postaje v Sloveniji predstavljena na sliki 3. Velike vrednosti izkazujejo postaje Bovec (75), Brnik (73) in Čepovan (72). V zahodnem delu Slovenije to število ni manjše od 42 razen v Rovtah (36). Obstajajo štiri področja z nad 60 dni. V vzhodnem delu Slovenije je nekaj postaj, ki imajo najmanjša maksimalna letna števila dni z nevihtami. To so Slovenske Konjice (20), Turški vrh (31), Gornji Lenart (32) in Lendava (33).

Minimalno letno pojavljanje neviht v Sloveniji je v obravnavanem obdobju med 0 in 34. Tako imata postaji Jeruzalem in Rovte absolutni minimum letnega števila dni z nevihtami 0.

Šmartno pri Slovenj Gradcu ima absolutni minimum 34 dni. Variacijska širina je razlika med maksimalnim in minimalnim letnim pojavljanjem neviht. Največjo variacijsko širino ima postaja Brnik (69), najmanjšo pa postaja Slovenske Konjice (18).

Maksimalne mesečne pogostosti so v juniju ali juliju ali v obeh mesecih hkrati. V juniju se gibljejo v razponu med 3.2 in 11.0, v juliju pa med 3.4 in 11.0. Julij kot



Slika 3: Maksimalno letno število dni z nevihtami (1951-1986)

Figure 3: Maximum number of days with thunderstorms per year (1951-1986)

mesec z največjo pogostostjo neviht se večkrat pojavlja v SV Sloveniji, sicer pa ni opaziti jasne geografske ločnice v največji pogostosti neviht med obema mesecema.

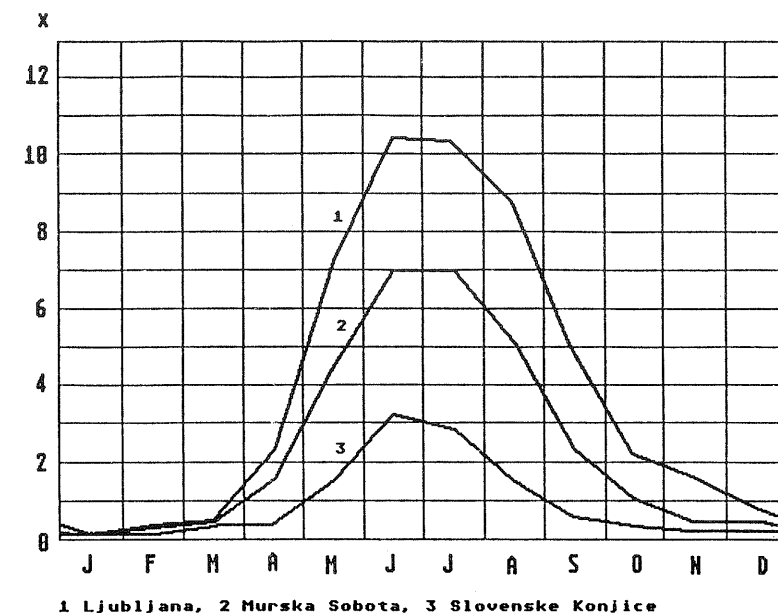
Letni hodi povprečnega mesečnega števila dni z nevihtami

Postaje v Sloveniji imajo maksimalno mesečno pogostost neviht v juniju (18 postaj) ali v juliju (35), nekaj pa jih ima to pogostost enako (4 postaje). Za prikaz letnega hoda povprečnega mesečnega števila dni z nevihtami smo izbrali nekaj postaj. Prednjačijo pozni spomladanski in poletni meseci (slika 4).

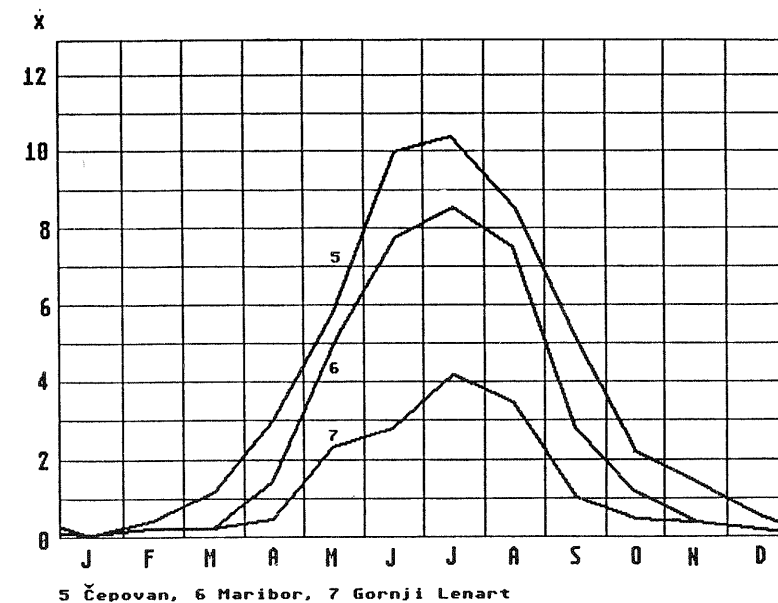
Prostorska porazdelitev povprečnega števila dni z nevihtami v vegetacijskem obdobju od maja do septembra

Tabela 2 prikazuje podobno kot Tabela 1 statistične parametre števila dni z nevihtami v mesecih maj - september, spet za obdobje 1951-1986, razen maksimalne mesečne pogostosti, ki je že navedena v Tabeli 1.

Povprečna števila dni (x) iz Tabele 2 so vnesena na sliko 5, ki prikazuje prostorsko



1 Ljubljana, 2 Murska Sobota, 3 Slovenske Konjice



5 Čepovan, 6 Maribor, 7 Gornji Lenart

Slika 4: Povprečno mesečno število dni z nevihtami za nekatere kraje v Sloveniji (1951-1986)

Figure 4: Mean monthly number of days with thunderstorms for some places in Slovenia (1951-1986)

Tabela 2: Povprečna letna pogostnost dni s točo (x), najpogostnejša vrednost - modus (Mo), varianca letne pogostnosti (s^2), koeficient variabilnosti (KV%), maksimalna in minimalna letna pogostnost (max, min) ter variacijska širina (VŠ) v obdobju 1951-1986.

Table 2: Mean annual number of days with hail (x), modus (Mo), coefficient of variability, variance (s^2), maximum and minimum number of days with hail (max, min) and variation interval (VŠ) for the period 1951-1986.

IME POSTAJE	x	Mo	s^2	KV	max	min	VŠ
AMBRUS	26.2	36	50.03	27	38	12	26
BABNO POLJE	28.1	40	59.53	27	43	13	30
BIZELJSKO	25.4	25	112.31	42	42	4	38
BOVEC	38.0	37	92.77	25	62	10	52
BRNIK	36.1	51	335.14	51	65	3	62
CELJE	31.2	25	44.28	21	43	16	27
ČEPOVAN	39.9	43	43.26	16	54	21	33
ČRNOMELJ	31.4	34	70.43	27	54	18	36
GODNJE PRI TOMAJU	32.8	33	122.62	34	54	11	43
GORNJI LENART	14.6	19	37.95	42	29	5	24
GORNJA RADGONA	24.1	20	50.26	29	45	11	34
ILIRSKA BISTRICA	35.3	39	69.82	24	53	17	36
JAVORJE NAD POLJANAMI	23.4	31	147.33	52	47	1	46
JERUZALEM	21.8	25	125.81	51	40	0	40
JEZERSKO	21.8	24	40.76	29	38	10	28
KLENIK PRI VAČAH	20.3	20	21.79	23	29	10	19
KOMEN NA KRASU	25.7	42	130.74	44	48	0	48
KOČEVJE	22.8	24	52.68	32	36	10	26
KREDARICA	30.2	31	40.37	21	46	20	26
KUBED	20.5	27	67.37	40	39	0	39
LENDAVA	11.5	4	74.49	75	29	0	29
LESCE - HLEBCE	20.7	12	175.14	64	47	5	42
LIPOGLAV	21.7	22	57.26	35	39	11	28
LJUBLJANA BEŽIGRAD	40.9	42	39.87	15	53	26	27
MARIBOR	31.8	34	52.33	23	49	20	29
MESTNI VRH PRI PTUJU	20.0	18	41.52	32	38	8	30
MOZIRJE	17.5	20	32.73	33	32	6	26
MURSKA SOBOTA	25.6	31	58.88	30	42	8	34
NOVA VAS NA BLOKAH	25.2	21	69.00	33	44	10	34
NOVELO PRI TEMNICI	22.0	30	74.03	39	39	2	37
NOVO MESTO	37.8	33	56.49	20	50	18	32
PLANINA POD GOLICO	20.7	29	147.58	59	44	1	43
PODGRADJE	21.7	23	47.43	32	39	10	29
PORTOROŽ	37.6	40	80.65	24	53	13	40
POSTOJNA	30.1	41	131.07	38	52	3	49
PRAGERSKO	15.6	12	104.92	66	36	4	32
RADLJE OB DRAVI	24.6	34	67.16	33	39	6	33

Tabela 2 (nadaljevanje): Povprečna letna pogostnost dni s točo (x), najpogostnejša vrednost - modus (Mo), varianca letne pogostnosti (s^2), koeficient variabilnosti (KV%), maksimalna in minimalna letna pogostnost (max, min) ter variacijska širina (VŠ) v obdobju 1951-1986.

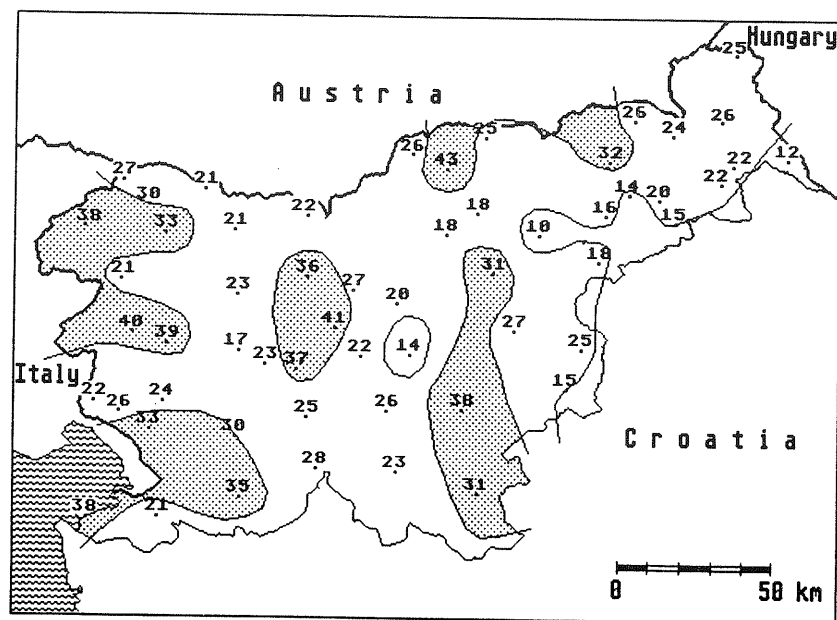
Table 2 (continue): Mean annual number of days with hail (x), modus (Mo), coefficient of variability, variance (s^2), maximum and minimum number of days with hail (max, min) and variation interval (VŠ) for the period 1951-1986.

IME POSTAJE	x	Mo	s^2	KV	max	min	VŠ
RAKITNA	37.1	32	67.48	22	50	13	37
RATEČE-PLANICA	26.9	25	37.14	23	39	17	22
RAVNE NA KOROŠKEM	26.3	30	56.52	29	45	14	31
ROGAŠKA SLATINA	17.6	22	61.91	45	39	0	39
ROVTE	16.6	15	72.65	51	34	0	34
SELA PRI PLANINI/SEVNICO	27.0	18	65.23	30	43	9	34
SEVNO NA DOLENJSKEM	13.8	24	95.93	71	31	1	30
SLAP PRI VIPAVI	24.2	20	104.94	42	46	5	41
SLOVENSKE KONJICE	9.7	17	21.55	48	18	2	16
STARA FUŽINA	33.1	33	58.01	23	53	21	32
STARŠE	14.3	9	47.00	48	31	1	30
ŠMARTNO PRI SLOV.GRADCU	42.5	40	46.09	16	62	28	34
TITOVO VELENJE	18.4	18	55.34	41	37	7	30
TOLMIN	21.4	26	101.87	47	47	5	42
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	15.3	18	39.44	41	30	7	23
VELIKI DOLENCI	25.3	26	109.09	41	41	7	34
VOJSKO	39.3	45	65.08	21	52	19	33
VOLČJI POTOK	26.7	22	54.52	28	43	12	31
VRHNIKA	22.7	20	56.33	33	39	9	30
ZGORNJA ŠČAVNICA	26.2	25	41.17	25	40	14	26

porazdelitev tega števila. Področij z nad 40 dnevi ni, področij z nad 30 dnevi pa je šest.

Najpogostejša vrednost skupnega števila dni z nevihtami v mesecih maj - september se giblje v razponu med 4 in 51 dnevi. Najmanjše vrednosti modusa imajo postaje Lendava (4), Starše (9), Lesce (12), Pragersko (12), Rovte (15), Sl. Konjice (17), Titovo Velenje, Sela, Turški vrh, Mestni vrh (18), Gornji Lenart (19), Gornja Radgona, Vrhnika, Klenik, Mozirje in Slap pri Vipavi (20). Najvišje vrednosti modusa kažejo postaje Brnik (51), Vojsko (45), Čepovan (43), Ljubljana in Komen (42), Postojna (41) ter Šmartno, Portorož in Babno polje (40).

Varianca s^2 ima tudi v Tabeli 2 večkrat vrednosti nad 100, Brnik celo 335. Najnižja vrednost variance je v Slov. Konjicah (21.55) in Kleniku (21.79). Koeficient variabilnosti se giblje v razponu med 15 in 75 %. Na sliki 6 je predstavljena njegova prostorska porazdelitev, ki se precej dobro ujema s prostorsko porazdelitvijo KV letnega števila dni z nevihtami, ki je predstavljena na Sliki 2. Tudi na sliki 6 je



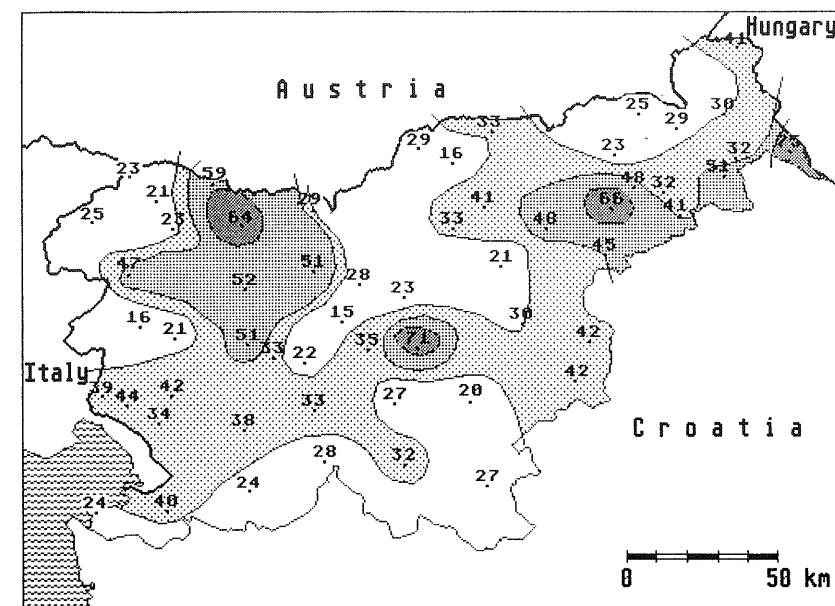
Slika 5: Povprečno letno število dni z nevihtami od maja do septembra (1951-1986)

Figure 5: Mean number of days with thunderstorms per year from May till September (1951-1986)

videti štiri otoke s KV nad 60 %. To so okolica Lesc, Sevnega, Pragerskega in Lendave, kjer je KV celo 75 %.

Na sliki 7 je predstavljena prostorska porazdelitev absolutno maksimalnega števila dni z nevihtami v mesecih maj - september glede na obdobje 1951 - 1986. Nad 60 dni imajo samo tri postaje: Bovec (62), Brnik (65) in Šmartno (62). Skoraj vsa zahodna Slovenija ima absolutno maksimalno število nad 45 dni razen Rovt (34), Vrhnike, Kubeda, Novela, Rateč (39) in Planine pod Golico (44). Majhna področja z nad 45 dnevi so tudi v vzhodni Sloveniji, in sicer okoli Novega mesta in Črnomlja, Raven na Koroškem in Šmartnega pri Slovenj Gradcu, Maribora in Gornje Radgone. V vzhodni Sloveniji je tudi pet majhnih področij s 30 dnevi ali manj. To so okolica Klenika, Gornjega Lenarta, Slovenskih Konjic, Turškega vrha in Lendave.

Absolutno minimalno število dni z nevihtami v obdobju 1951 - 1986 za mesece maj - september je v razponu med 0 in 28. Najmanjša števila dni so bila zabeležena na postajah Jeruzalem, Komen, Kubed, Lendava, Rogaška Slatina in Rovte (0). Največja absolutno minimalna števila v obravnavanem obdobju so v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (28). Variančna širina je med 16 v Slovenskih Konjicah in 62 na Brniku, večinoma pa se nahaja med 30 in 40.



Slika 6: Koefficient variabilnosti za dneve z nevihtami od maja do septembra (1951-1986)

Figure 6: Koefficient of variability for days with thunderstorms from May till September (1951-1986)

SKLEP

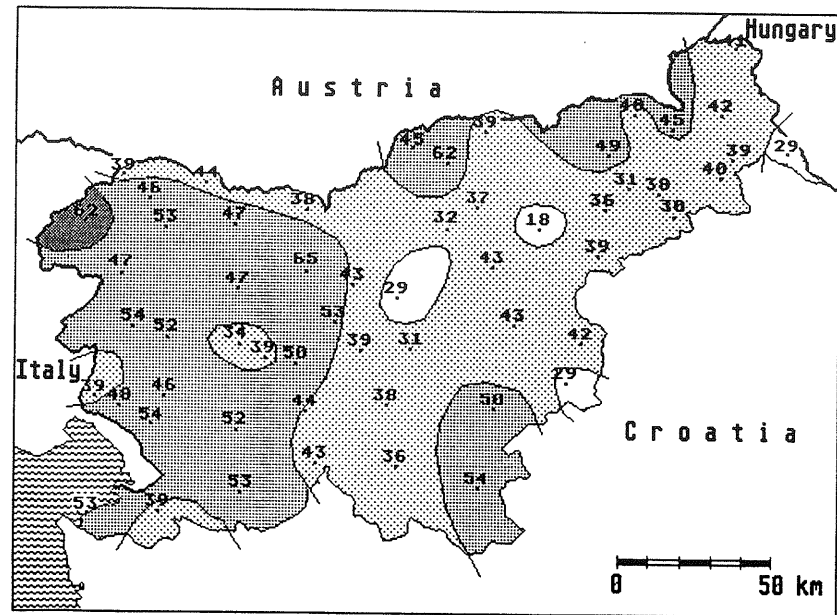
Dosedanja spoznanja o številu nevihtnih dni v Sloveniji na osnovi krajših nizov so pokazala, da je največ nevihtnih dni v gorskem svetu, in sicer v povprečju več kot 50 dni na leto, pri čemer jih ima zahodna Slovenija več kot severovzhodna.

V naši statistični obravnavi ugotavljamo, da ima Čepovan največje povprečno letno število dni z nevihtami (49) v Sloveniji v obdobju 1951 - 1986. Področja z več kot 45 dnevi z nevihtami letno pa so ob morju (Portorož), na primorski strani gorske pregrade (Čepovan, Bovec), v predgorju Kamniških Alp (Ljubljana) in ob Pohorju (Šmartno pri Slovenj Gradcu).

Visoka najpogostejša vrednost (modus) letnega števila dni z nevihtami je samo v zahodni gorati Sloveniji, in sicer v Bovcu(50), Čepovanu(52), v Lescah Hlebcah(53) in na Vojskem(58).

Povprečne mesečne pogostosti neviht so največje v juniju ali juliju ali v obeh mesecih hkrati.

Povprečna števila dni z nevihtami v vegetacijskem obdobju v mesecih maj - septem-



Slika 7: Maksimalno letno število dni z nevihtami od maja do septembra (1951-1986)

Figure 7: Maximum number of days with thunderstorms per year from May till September (1951-1986)

ber v obdobju 1951 - 1986 so največja v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (43) in Ljubljani (41).

Primerjava s povprečnim letnim številom dni z nevihtami kaže, da je večina neviht v Sloveniji prav v topli polovici leta. Sicer pa je v Sloveniji pet področij z nad 30 dnevi, in to predvsem v goratem delu Slovenije, področje z manj kot 15 dnevi pa je v vzhodni, bolj ravninski Sloveniji.

Najpogostejša vrednost skupnega števila dni z nevihtami v mesecih maj - september je med 4 v Lendavi in 51 na Brniku.

V Sloveniji so štiri področja s koeficientom variabilnosti nad 60 % (tako glede letnega števila dni z nevihtami kot glede števila dni z nevihtami za mesece maj - september).

Absolutno maksimalna števila dni z nevihtami v mesecih maj - september glede na obdobje 1951 - 1986 imajo postaje Brnik(65), Šmartno in Bovec (62), sicer pa ima vsa zahodna Slovenija absolutno maksimalno število dni nad 45 v tem obdobju. V vzhodni Sloveniji pa so posamezna območja z manj kot 30 dnevi z nevihtami v vegetacijskem obdobju.

LITERATURA

- Petkovšek, Z., 1966: Nevihtna karta in nevihtna pogostost v Sloveniji za dobo 1951 - 1960, Društvo meteorologov Slovenije, Razprave Papers VII, Ljubljana
- Mezgec, I., 1979: Nevihte na Primorskem, Društvo meteorologov Slovenije, Razprave Papers XXIII, Ljubljana, 3-20.
- Kranjc, A., 1980: Predlog določitve branjenih območij v SR Sloveniji s strokovnimi obrazložitvami, HMZ SRS, Ljubljana, 30 str.
- Furlan, D., 1980: Klimatski prikaz SV Slovenije s posebnim poudarkom na padavinah, HMZ SRS, Ljubljana, 158-165
- Petkovšek, Z., 1987: Topographic influences on Thunderstorms in Slovenia, 2. Mednarodni simpozij o obrambi pred točo, v okviru delovne skupnosti Alpe - Jadran, Ljubljana

TOČA IN SODRA V SLOVENIJI HAIL AND GRAUPEL IN SLOVENIA

Lučka KAJFEŽ-BOGATAJ
Univerza E. Kardelja v Ljubljani
VDO Biotehniška fakulteta, VTOZD za agronomijo
Katedra za tla, prehrano rastlin in ekologijo

Jože RAKOVEC
Univerza E. Kardelja v Ljubljani
Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, VTOZD Fizika
Katedra za meteorologijo

551.578.72 (497.12)

SUMMARY

The occurrence of hail and of graupel, observed on meteorological stations in Slovenia is studied for a long term period 1951-1986.

Hail data for 31 stations (published in *Annales Meteorologiques of Jugoslavia*) are used to compute mean point frequency of the hailfall, as well as some other statistical descriptors (variance, coefficient of variability, modus, maximum); all are presented on a table. Mean values (given also in a figure) show that half of the stations have 1 - 2 days with hail in long term average, for other stations mean values are below 1, and only one of the stations exhibit mean value of 2.6. Variability is great: more than half stations have variance over 1.5. Great variability is evident also from the fact, that two thirds of stations exhibit modal value of 0, and that half of maxima reach 5 or more.

Hail and/or graupel together are studied for the vegetation period from May to September, while in that time they cause damages in agriculture. Here we use the data from 57 stations, which have at least 30 years with observation (selected stations from the data archives of the Hydrometeorological Institute of Slovenia). With such observational density, beside presentation of the results on a table, also some regionalisations of phenomena are presented on geographical charts.

There are some, mostly mountainous regions with mean value over 1.5 days with hail and/or graupel in vegetation period. Modal value show that there is a great region where in most years there was no hail and/or graupel in vegetation period, but also regions where modus is 2 or more. Maxima are rather high: in several regions over 5, and in one region even over 10. Kredarica (2514 m above MSL) is an exception, showing the high mountainous conditions.

Hail and/or graupel are in vegetation period most frequent in June or in July. As regards the number of days with hail and/or graupel in separate years, the

distribution can in most cases be fitted with the Poisson's distribution (falling from modus to the maximum).

As hail and graupel are spatially limited to relatively small belts it is difficult to draw strong conclusions on their climatological characteristics from the point observations. Still we may conclude that in Slovenia there is quite a lot of hail and graupel: in long term average most stations observe the hail more than once per year and the hail and/or graupel more than once in vegetation period. In extreme years, and in some regions (on approx. half of the stations) over 5 days with hail is observed in a single year, and the same holds also for hail and/or graupel together in vegetation period from May to September. Maximum occurrence is observed at the Alpine-Dinaric ridge, separating the Mediterranean part of Slovenia from the more continental one, and high values are observed also in mountainous regions of the northern Slovenia.

POVZETEK

Preučevali smo pogostnost pojavljanja toče, kot jo je zabeležilo 31 meteoroloških postaj v obdobju 1951-1986. Posebej smo preučevali pogostnost toče in/ali sodre skupaj v vegetacijskem obdobju od maja do septembra na 57 postajah v Sloveniji. Rezultati so podani v tabelah in prostorsko na slikah. Na večini postaj je v dolgoletnem povprečju več kot enkrat letno toča oz. več kot enkrat v vegetacijskem obdobju toča in/ali sodra. Modus je največkrat 0, maksimalna pogostnost pa tudi prek 5, kar tudi kaže na veliko spremenljivost pojava. Toča in sodra sta najpogostnejši ob Alpsko-Dinarski gorski pregradi ter v hribih severne Slovenije.

UVOD

Toča nastaja v nevihtnih oblakih, in to v tistih področjih oblakov, kjer je temperatura nižja od 0 °C, in če so ta področja bogata s podhlajeno tekočo vodo v obliki manjših ali večjih kapljic (v premeru od nekaj mikrometrov do nekaj milimetrov). Te kapljice ob trkih primrzujejo na zametke toče ali pa jih oblivajo, če v času trkov ni ugodnih pogojev za hitro zmrzovanje, in zmrznejo kdaj pozneje.

V laboratorijskih pogojih najdemo drobcene (velike okrog enega mikrometra) nezmrznjene kapljice čiste vode tja do temperature okrog -40 °C, v ozračju, kjer vsebujejo vodne kapljice tudi primesi (saj so nastale s kondenzacijo na aerosolu), pa večina kapljic zmrzne pri temperaturi okrog -20 do -25 °C (Prupacher and Klett, 1978).

Ta temperatura je torej že ena od meja za rast toče. Po drugi strani pa se ob zmrzovanju kapljice sprošča talilna toplota, ki bi povzročila ogrevanje te kapljice, če se ne bi porazgubila v njeno okolico. Ta difuzija toplote v okolico je tem učinkovitejša, čim nižja je temperatura okolice kapljice. Zato zmrzovanje ni učinkovito, če je temperatura premalo pod lediščem ali pa če je priletavanje kapljic vode na zrno toče zelo intenzivno. Vendar lahko tedaj kapljice, ki trčijo z zametkom toče, oblijejo ta

zametek in ga povečajo, do zmrzovanja pa pride šele pozneje, ko zrno rastoče toče zaide v drug predel oblaka, kjer je zmrzovanje omogočeno (ali je temperatura dosti nižja ali pa ni več močnega dotoka novih kapljic). Tako je za rast toče najugodnejši tisti predel oblaka med izotermama od nekaj stopinj pod ničlo do približno -25 °C.

Toča pada v pasovih, ki pa so delno prekinjeni. V Alberti v Kanadi so ugotovili (Wojtiw, 1975, cit. v EKT 2), da so v 35% primerov ti pasovi dolgi med 15 in 50 km, v naslednjih 32% so ti pasovi dolgi med 50 in 80 km, itd., daljših od 145 km pa je že manj kot 9% pasov. Zato lahko govorimo o pogostnosti pojava toče na nekem mestu ali pa v neki pokrajini. Če obravnavamo razmerje med točkovo pogostnostjo in pogostnostjo toče na večjem območju, lahko rečemo, da se pojavlja toča na površini 10000km² nakajkrat letno. Npr. za površino 7500km² v okolici Stuttgarta navaja Mueller (1987) za obdobje 1908-1986 v povprečju na letno prek 13 dni s točo (največ v maju in juniju).

Trajanje padanja toče na neki izbrani lokaciji je po svetu dokaj enako: padanje toče traja največkrat med 5 in 15 minut (Morgan v EKT 2, 1982), pri čemer pa so tudi zabeleženi zelo dolgi časi: 90 minut v Franciji (po Sulakvelidzeju, 1967, cit. v EKT 2). Čim dalj časa pada toča, tem bolj je verjetno, da so vmes tudi časovni presledki.

Za Jugoslavijo so v Atlasu klime SFRJ objavljeni podatki o številu dni s točo, zabeleženimi na meteoroloških postajah za obdobje 1951-1970 (Radičević). Spet prednjačijo gorski predeli (Kredarica 12 dni letno, Zavižan in Crkvice 9), mediteranski pas (Dubrovnik in Ulcij 6, Split 5, Šibenik, Mali Lošinj in Pazin 4, Rijeka in Koper 3), sicer pa sta zabeležena v tem dvajsetletnem povprečju v celinskem delu države od 1 do 2 dneva s točo na leto.

V Srbiji so postaje zabeležile v obdobju 1951-1980 (v povprečju za celo Srbijo brez pokrajin) 1.2 dneva s točo letno, vendar z velikimi nihanji: od 0.7 do 1.9, posamezne postaje pa kako leto tudi 5 ali 6 dni s točo na leto (Opra, 1985).

Za severovzhodni del Slovenije je podatke po meteoroloških postajah obdelal Furlan (1980) in dobil skupaj za sodro in točo, da so postaje v tem istem obdobju v povprečju zabeležile od 0.5 do 0.7 dni s točo, sodro ali obojim v okolici Murske Sobote, pa tja do 4 dni nad Pohorjem. Meseci z najpogostnejšim številom toče varirajo od maja do avgusta. Za isto dvajsetletno obdobje (1951-1970) je toča v Sloveniji raziskoval tudi Kranjc (1980); nekaj informacij za izbrane, zlasti sinoptične postaje, pa nudi Atlas klime Jugoslavije (1980). Med objavljenimi deli ne zasledimo statističnih obdelav pojava toče niti študij o časovni porazdelitvi dni s točo. To področje je v primerjavi z objavljenimi deli, ki zadevajo pojav neviht (Petkovšek 1966, Petkovšek 1987 itd.), praktično povsem "novo" in odprto.

POGOSTNOST TOČE IN SODRE V SLOVENIJI

Toča v Sloveniji

Ker so na magnetnih trakovih Hidrometeorološkega zavoda SR Slovenije podatki o toči in sodri združeni, smo podatke samo o toči zajeli iz letnih poročil Zveznega hidrometeorološkega zavoda (ZHMZ, 1949-1983). V tem viru podatkov niso zajete vse klimatološke postaje v Sloveniji, zato bomo kasneje podrobneje obravnavali tudi točo in sodro skupaj.

Za obravnavo pojavljanja toče v Sloveniji upoštevamo podatke tistih opazovalnih postaj, za katere so na voljo vsaj 25-letni nizi. Edina izjema je Brnik, ki ima podatke za 21 let - upoštevamo jo zato, ker je to glavna meteorološka postaja s 24-urnimi kvalitetskimi opazovanji. Zakaj nismo izbrali 30-letnega niza, je razvidno iz tabele 1, ki kaže, da bi imeli ob tako dolgem nizu le podatke iz 21 postaj.

Tabela 1: Porazdelitev števila opazovalnih postaj s podatki o toči glede na dolžino opazovalnega niza

Table 1: The distribution of number of observation stations with data on hail according to the period of observation

število let opazovanj number of observ. years	število postaj number of stations
21 - 25	1
26 - 30	11
31 - 35	10
36	10
	32

Za teh 31 postaj smo izračunali nekatere statistične količine, ki opisujejo letno število dni s točo. Prikazane so v tabeli 2. V tej tabeli pa je podan tudi podatek o razliki (Δ) med dnevi s točo in sodro v času od maja do septembra (kar obravnavamo v naslednjem poglavju) in celoletno pogostnostjo samo toče na omenjenih 31 postajah:

Δ = povprečno število dni s točo in/ali sodro od maja do septembra minus povprečno letno število dni s točo.

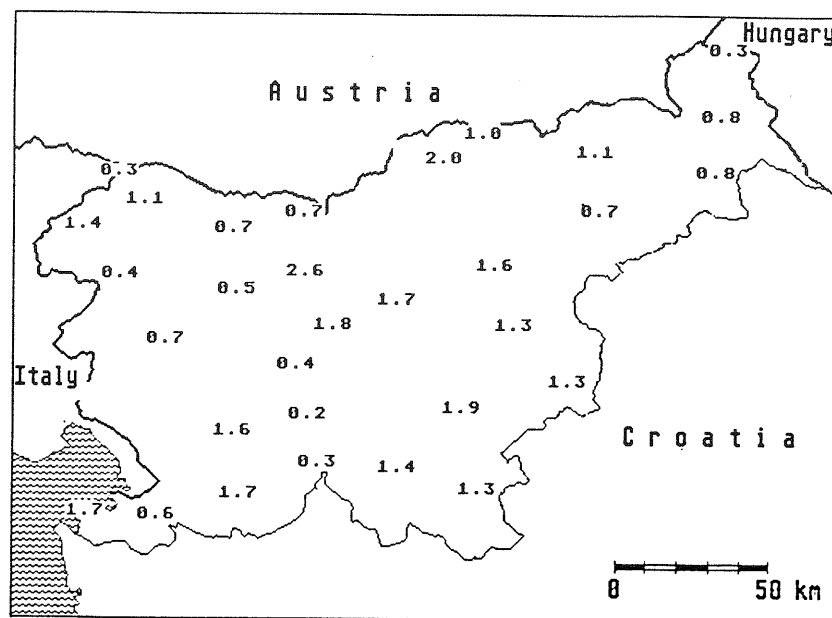
Te razlike so velike na visoko ležečih postajah (Kredarica, Vojsko, Rakitna) pa tudi na Brniku, sorazmerno velike pa še na nekaterih postajah (Tolmin, Javorje, Nova vas na Blokah, Veliki Dolenci). Za omenjene postaje torej velja, da pada toča pogosto tudi pozimi ali pa da sodra pogosto pada tudi poleti.

Povprečna števila dni s točo so vnesena tudi na sliko 1, ki ponazarja geografsko razporeditev pojava. Zaradi sorazmerno redkih podatkov na tej sliki niso izrisane

Tabela 2: Nadmorska višina postaje (h), povprečna letna pogostnost dni s točo (x), razlike (Δ) glede na točo in sodro od maja do septembra, najpogostnejša vrednost - modus (Mo), varianca letne pogostnosti (s^2), koeficient variabilnosti (KV%) in maksimalna letna pogostnost (x_{max}) v obdobju 1951-1986. Primeri, ko je maksimum večji od maksimuma dni s točo in/ali sodro od maja do septembra, so označeni z (*).

Table 2: Height of stations m.s.l., mean annual number of days with hail (x), differences (Δ) to the days with hail and/or graupel for may to september, modus (Mo), coefficient of variability, variance (s^2), and maximal number of days with hail (x_{max}) for the period 1951-1986. Cases with maximum greater than the one for hail and/or graupel from May to September are marked with (*).

ime postaje	h(m)	x	Δ	Mo	s^2	KV%	x_{max}
Babno polje	756	0.3	0.1	0	0.4	186	2
Bovec	425	1.4	-0.2	0	3.7	142	6(*)
Brnik	384	2.6	-0.1	1	4.4	82	7(*)
Celje	244	1.6	-0.2	0	2.8	107	5
Črnomelj	196	1.3	-0.2	0	1.8	106	5(*)
Gornji Lenart	150	1.3	-0.2	0	1.5	99	5(*)
Ilirska Bistrica	414	1.7	0.0	1	1.9	80	6(*)
Javorje nad Poljanami	695	0.5	0.3	0	0.8	158	3
Jeruzalem	345	0.8	0.0	0	1.2	141	5
Jezerško	894	0.7	0.0	0	0.9	143	3
Klenik pri Vačah	550	1.7	-0.3	2	1.8	78	5(*)
Kočevje	461	1.4	-0.1	0	1.6	91	5
Koper/Portorož	33	1.7	-0.3	1	2.4	93	6(*)
Kredarica	2514	1.1	3.1	0	2.5	138	6
Kubed	262	0.6	0.0	0	0.7	126	3
Ljubljana	299	1.8	-0.1	0	2.9	94	6
Maribor	275	1.1	-0.1	1	1.3	99	4
Murska Sobota	184	0.8	-0.1	0	0.9	117	3(*)
Nova vas na Blokah	722	0.2	0.4	0	0.1	239	1
Novo mesto	220	1.9	-0.2	1	1.8	91	8(*)
Pragersko	251	0.7	0.0	0	0.8	134	3
Postojna	533	1.6	0.0	1	1.8	85	5
Radlje ob Dravi	365	1.0	0.0	0	1.2	112	3
Radovljica/Lesce	495	0.7	0.1	0	0.8	125	3
Rakitna	787	0.4	1.0	0	0.3	131	2
Rateče-Planica	864	0.3	0.0	0	0.3	161	2
Sela pri Sevnici	550	1.3	-0.1	1	1.6	98	5
Šmartno pri Slov.Gr.	452	2.0	-0.1	2	2.0	69	7(*)
Tolmin	180	0.4	0.3	0	0.2	125	1
Veliki Dolenci	308	0.3	0.3	0	0.3	197	2
Vojsko	1070	0.7	1.4	0	0.7	129	2



Slika 1: Povprečno letno število dni s točo (1951-86)

Figure 1: Mean number of days with hail per year (1951-86)

izolinije pogostnosti. Povprečno število dni s točo je za Slovenijo kot celoto okrog 1: najmanjše vrednosti so 0.2 ali 0.3, največje pa tja do 2.6 na Brniku in 2.0 v Šmartnem pri Slovenj Gradcu. Šele v povezavi s sliko 2, ki ima več podatkov, bo mogoče podati približno regionalno opredelitev pojava.

Prav Brnik, ki izstopa, ima največjo razliko Δ , zato smo jo posebej preverili: toče v vsem letu je tu v povprečju več kot toče in/ali sodre v času od maja do septembra, kar je nenavadno za nižinsko postajo, kjer sta oba pojava v splošnem omejena na topli del leta. Pokaže pa se, da ima Brnik v povprečju v času od oktobra do aprila res 0.6 dni s točo letno. Kakšne vremenske situacije so vzrok za ta, precej izjemni pojav, nismo preučevali.

Najpogosteje se pojavljajoča vrednost - modus je največkrat nič, doseže pa tudi vrednost 2 (Šmartno, Klenik pri Vačah). Ta karakteristika je pri redko pojavljajočih se dogodkih morda tudi najbolj zanimiva.

Seveda je zanimiv tudi podatek v maksimalnem številu dni s točo v letu: zabeležene so vrednosti 8 v Novem mestu, 7 na Brniku in v Šmartnem, 6 dni s točo letno pa so doživeli v obdobju 1951-86 v Ljubljani, Ilirski Bistrici, v Kopru oz. Portorožu in na višinski Kredarici.

Varianca je mera za razlike iz leta v leto: ta je največja na Brniku, v Bovcu in v Šmartnem. Koeficient variabilnosti pa primerja povprečje z variabilnostjo:

izračunan je kot kvocient med povprečjem in standardno deviacijo (korenom variance), podan pa v odstotkih. Ta koeficient je mera za to, kako dobro povprečje opisuje dejanske razmere.

Majhne vrednosti (torej bolj zanesljivo določena povprečja) imajo Šmartno, Klenik, Ilirska Bistrica in tudi Brnik (kjer je veliko povprečje, a tudi varianca). Največje vrednosti pa imajo Nova vas na Blokah, Veliki Dolenci, Babno polje itd.

Podatki o toči so na splošno med seboj slabo primerljivi. To je sicer v tem primeru z redkimi postajami težko zanesljivo utemeljiti. Vidi pa se, da imajo največje ekstreme zabeležene na splošno glavne postaje z bolj ali manj nepretrganimi opazovanji in s stalnimi opazovalci. Te postaje imajo tudi na splošno manjši koeficient variabilnosti.

TOČA IN/ALI SODRA V SLOVENIJI OD MAJA DO SEPTEMBRA

Točo in/ali sodro od maja do septembra obravnavamo zato, ker oba pojava v tem času povzročata škode v kmetijstvu. Sodra je v splošnem v primerjavi s točo za rastlinstvo manj nevarna, saj imajo njena zrna bistveno manjšo kinetično energijo kot zrna toče, poleg tega pa je pojav sodre vezan predvsem v nižinah praviloma na hladno polovico leta, ko tudi kulturnim rastlinam ni škodljiva. Vendar pa je npr. za intenzivno sadjarstvo tudi sodra, če pada po oploditvi, zelo škodljiva, saj lahko toliko poškoduje sadeže, da je sadje zaradi lepotnih napak uvrščeno v nižji kvalitetni razred.

a) Razpoložljivi podatki

Število postaj v Sloveniji pri katerih imamo večletne nize opazovanj pojava toče in/ali sodre skupaj, in za katere so ti podatki na ustreznem računalniškem mediju, je bilo 105 v letu 1987. Omenjene postaje so razmeroma enakomerno prostorsko porazdeljene po vsej Sloveniji, vendar pa vse nimajo enako dolgega niti enotnega časovnega niza opazovanj. Poseben problem je tudi neenotna kvaliteta oziroma zanesljivost podatkov; to bomo obravnavali ob rezultatih statističnih obdelav v nadaljevanju.

Ker bi želeli obdelati pojav toče in sodre za čimdaljše časovno obdobje in s tem čim natančneje zajeti veliko časovno variabilnost tega pojava, smo pregledali 36-letno obdobje 1951-1986. V tabeli 3 je podana porazdelitev postaj glede dolžine opazovanega obdobja v okviru 36-letnega niza.

Upoštevajoč različnost dolžine opazovalnega obdobja vidimo, da nam za prostorsko primerjavo ostane bistveno manj postaj, saj ima le slaba četrtnina postaj popoln 36-letni niz. Z rezervo lahko vključimo v obravnavo tudi postaje z vsaj 30-letnim nizom, kar pomeni 59 postaj. Nekaterim postajam, katerih lokacija se je le malo spremenila (manj kot 5 km zračne razdalje), lahko časovne nize združimo (s tem

Tabela 3: Porazdelitev števila opazovalnih postaj s podatki o toči in/ali sodri od maja do septembra glede na dolžino opazovalnega niza

Table 3: The distribution of number of observation stations with data on hail and/or graupel from May to September according to the period of observation

število let opazovanj number of observ. years	število postaj number of stations
11 - 15	21
16 - 20	11
21 - 25	12
26 - 30	10
31 - 35	26
36	25
	105

smo v obravnavo vnesli neko napako) in tako dobimo torej 57 postaj, ki jih lahko obravnavamo v prostorski primerjavi.

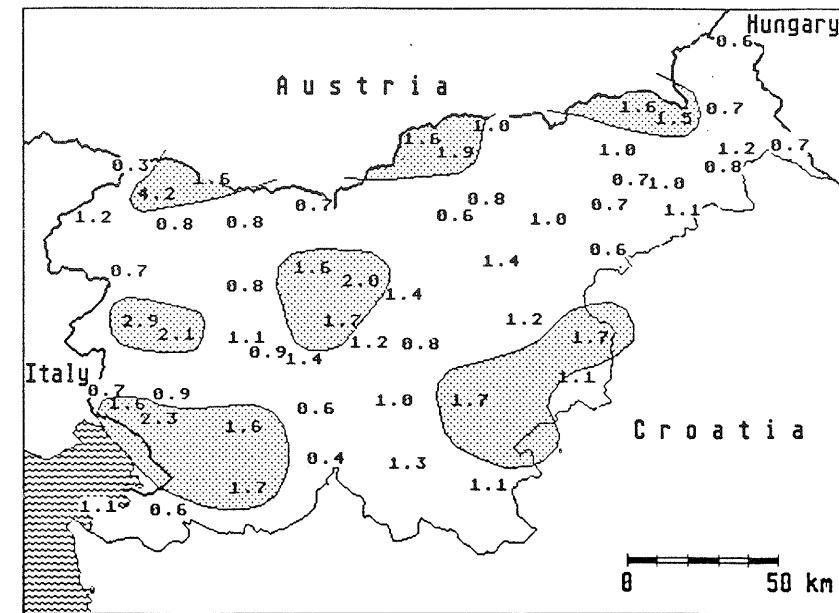
Precej podobno lahko ugotovimo za obravnavanja časovne porazdelitve, kjer zaradi velike časovne variabilnosti ne pridejo v obravnavo postaje z manj kot 30-letnim nizom.

b) Kvaliteta in reprezentativnost podatkov

Toča spada v kategorijo meteoroloških vremenskih pojavov, pri katerih opazovalec ob padanju toče zabeleži "dan s točo", nimamo pa podatka o njeni intenziteti, kar je v navadi pri nekaterih drugih pojavih. Problem pri opazovanjih je dnevni čas pojava toče. Na sinoptičnih postajah s profesionalnimi opazovalci in celodnevni opazovanji lahko predvidevamo, da je zabeležen res vsak posamičen pojav toče, medtem ko to ni mogoče pričakovati na klimatoloških postajah.

Posebna značilnost pojava toče je, da je razporejen zelo neregularno in nezvezno po površini. Površine so lahko ozki 100 m široki in dolgi trakovi ali pa tudi široki (30 km) in dolgi (nekaj 100 km) pasovi. Opazovalci opazujejo pojav toče le na postaji in zato je reprezentativnost teh podatkov za širše območje vprašljiva. S tem v zvezi so tudi praktično nepremostljive težave pri interpolaciji podatkov med postajami.

Poleg tega se opazovalci v toliko letih menjavajo, kar verjetno tudi vpliva na kvaliteto podatkov. V ilustracijo navedenega si oglejmo najočitnejši primer Kredarice, kjer je bilo povprečje letne vsote števila dni s točo ali sodro za obdobje 1956-1967 kar 11.4 dni, v primerjavi z povprečjem obdobja 1968-1986, ko je bilo samo 0.7 dni. Najverjetneje gre za povsem drug način vrednotenja opazovanj, na račun ločevanja zmrznjenega snega in sodre. Podobna situacija je s postajo



Slika 2: Povprečno število dni s točo in/ali sodro v vegetacijskem obdobju od maja do septembra (1951-86)

Figure 2: Mean number of days with hail and/or graupel in vegetation period from May to September (1951-86)

Vojsko, kjer niz prav tako ni homogen. Možno je sicer, da je vsaj del neenotnosti posledica naravne variabilnosti pojava, vendar bi se v tem primeru to moglo pokazati tudi na še kaki od postaj.

Zaključimo lahko, da kvaliteto podatkov, ki jih bomo analizirali za posamezne lokacije, zmanjšujejo naslednji vzroki:

- nekompletni oz. neenotni časovni nizi,
- različna kvaliteta opazovalcev,
- omejena prostorska reprezentativnost podatkov.

c) Prostorska porazdelitev števila dni s točo in sodro od maja do septembra

Povprečna letna pogostnost toče in/ali sodre ima v Sloveniji od maja do septembra razpon od 0.3 do 2.9 dneva. Razmerje med obema ekstremnima pogostnostima je kar 9.7, kar le redko srečamo v klimatologiji raznih meteoroloških pojavov. Absolutni razpon (tabela 4) pa glede na veliko variabilnost toče ni velik in zato je grafična predstavitev z izolinijami precej vprašljiva (slika 2). Predvsem pojav

toče ni "zvezen", saj vemo, da toča pada v pasovih, dolgih nekaj deset km, ki pa so relativno zelo ozki, in zato je sklepanje iz točkovne pogostnosti toče na pogostnost toče na večjem območju zelo subjektivno. Isto velja za interpolacijo med posameznimi točkami, ki jo še dodatno zaplete razgibanost reliefa v Sloveniji.

Kljub temu smo se odločili analizirati karto letnih povprečnih pogostnosti, pri čemer smo zaradi preglednosti vrisali eno samo izolinijo, ki ločuje kraje z več kot 1.5 dneva s točo od tistih, kjer je takih dni manj.

Največjo pogostnost toče zasledimo v Sloveniji na 4 geografsko ločenih območjih. Prvo je območje med Čepovanom in Vojskim, kjer dobimo v dolgoletnem povprečju skoraj 3 dni s točo v letu, drugo območje je Kras z več kot 2 dnevoma s točo, tretje je severni del Ljubljanske kotline z 2 dnevoma in četrto Kozjansko in Bizeljsko z nekaj manj kot 2 dnevoma s točo.

Območja z najmanj toče je nekoliko težje določiti. V severovzhodni Sloveniji sta to območji Prekmurja in vzhodnega Podravja, na Gorenjskem en del ravninskega sveta in v južni Sloveniji del Notranjske, vzhodno od Dinarske gorske pregrade. V navedenih območjih je letna pogostnost manjša kot 0.8 dneva s točo.

Večina preostale Slovenije ima povprečno letno pogostnost med 1 in 2 dnevoma (slika 2). To je območje Julijcev, Savinjskih Alp, zahodni in vzhodni del Ljubljanske kotline, Pohorje in Dravsko polje, Dolenjska in Bela Krajina, Brkini ter Primorje z dolino Soče. Posebno za gorski svet pa so te ocene manj zanesljive.

Druga statistična karakteristika, ki poenostavljeno opiše srednjo vrednost pojavljanja toče, je modus, ki podaja najpogostejšo vrednost letnega števila dni s točo. Obravnavane postaje lahko razdelimo glede na razpon modusa (od 0 do 3) v štiri kategorije. Na več kot pol (58%) postajah največ let toče in/ali sodre ni, na treh desetinah (30%) je bil najpogosteje 1 dan v času od maja do septembra s tema pojavoma, na eni desetini (10%) se toča ali sodra pojavi najpogosteje 2-krat, Godnje pri Tomaju pa imajo edine modus kar 3 dni s točo in/ali sodro v petih toplih mesecih leta.

Geografsko porazdelitev modusa prikazuje slika 3, ki smo jo, podobno kot slika 2, analizirali z le eno izolinijo. Interpretacija je možna seveda le v povezavi s sliko 2 in vidimo, da sta si sliki v podobni. Razlike so le na območju med Čepovanom in Vojskim, ki pri modalnih vrednostih ne kaže izrazitega maksimuma. To pa pomeni, da gre maksimum na tem območju, ki je viden pri povprečnih vrednostih (na sliki 2), pripisati določenim izjemnim letom, ki močno (morda celo neupravičeno?) povečajo povprečno vrednost, medtem ko na modus ne vplivajo. Prav zaradi takih primerov je karta modalnih vrednosti pri pojavih, kot je toča, zelo koristna.

Variabilnost letne pogostnosti toče je ogromna. Primerjavo variabilnosti po posameznih lokacijah podaja koeficient variabilnosti (KV%), ki je izražen v odstotkih. Za obravnavane postaje ima razpon od 54 (Godnje pri Tomaju) do 200 (Rateče-Planica). Na večini postaj presega 100 odstotkov. Zanimiva ugotovitev je, da je toča najmanj variabilna tam, kjer sta povprečje in modus največja. Tam KV% pade pod 85% (Čepovan, Godnje, Ilirska Bistrica, Komen, Postojna, Ravne, in Šmartno pri Slovenj Gradcu). Ravno nasprotno je s kraji, kjer je toče najmanj,

Tabela 4: Nadmorska višina postaje (h), povprečna pogostnost dni s točo in/ali sodro od maja do septembra (x), najpogostnejša vrednost - modus (Mo), koeficient variabilnosti (KV%), varianca pogostnosti (s^2), maksimalna letna pogostnost (x_{max}) in največja mesečna pogostnost (m) v mesecu (M), ko je pojavov največ v obdobju 1951-1986.

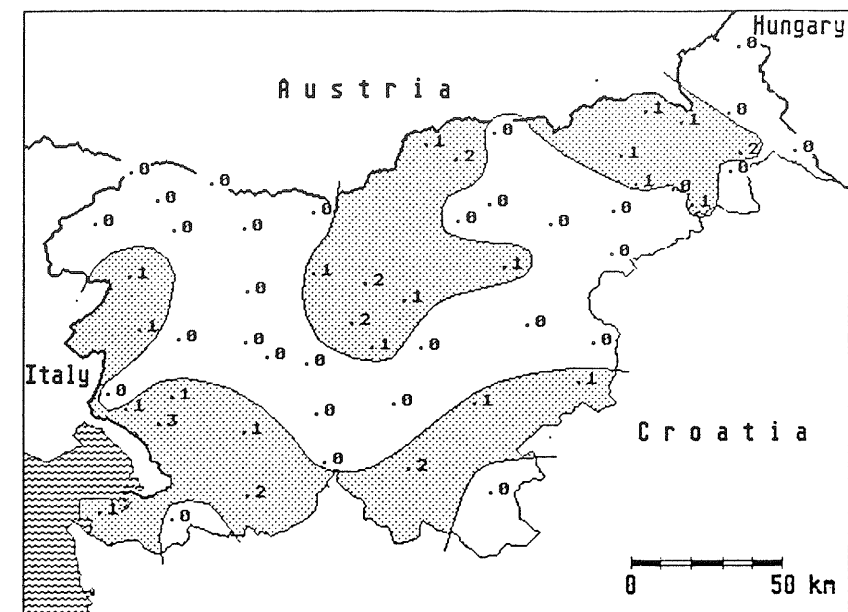
Table 4: Height of stations m.s.l.(h), mean number of days with hail and/or graupel from May to September (x), modus (Mo), coefficient of variability (KV%), variance (s^2), maximal number of days with hail (x_{max}), and maximal monthly occurrence (m) for the month (M) in which hail and/or graupel are most frequent; for the period 1951-1986.

ime postaje	h(m)	x	Mo	s^2	KV%	x_{max}	m(M)
Ambrus	346	1.0	0	1.1	102	3	0.4(5)
Babno polje	756	0.4	0	0.6	174	3	0.2(6)
Bizeljsko	170	1.7	1	2.1	84	7	0.6(7)
Bovec	425	1.2	0	2.0	114	6	0.5(7)
Brnik	384	1.6	1	2.2	91	6	0.5(7)
Celje	244	1.4	0	2.4	113	5	0.4(6,7)
Čepovan	607	2.9	1	5.4	81	10	0.7(6)
Črnomelj	196	1.1	0	1.1	100	3	0.3(6,7)
Godnje pri Tomaju	295	2.3	3	1.5	54	5	0.6(6)
Gornja Radgona	205	1.5	1	1.5	85	5	0.4(6,7)
Gornji Lenart	150	1.1	1	1.2	97	4	0.4(5)
Ilirska Bistrica	414	1.7	2	1.2	63	4	0.5(7)
Javorje nad Poljanami	695	0.8	0	1.2	132	3	0.3(7)
Jeruzalem	345	0.8	0	1.2	133	5	0.3(6)
Jezerško	894	0.7	0	1.0	134	4	0.3(7)
Klenik pri Vačah	550	1.4	1	1.3	78	4	0.5(7)
Kočevje	461	1.3	2	1.5	95	5	0.4(6,7)
Koper/Portorož	33	1.1	1	1.3	101	5	0.3(6,8)
Komen na Krasu	289	1.6	1	1.3	73	4	0.6(7)
Kredarica	2514	4.2	0	38.9	142	21	1.3(6)
Kubed	262	0.6	0	1.0	163	4	0.2(6)
Lendava	195	0.7	0	0.7	123	3	0.2(6,7)
Lipoglav	524	1.2	1	1.9	118	6	0.4(5)
Ljubljana	299	1.7	2	2.6	94	6	0.6(7)
Maribor	275	1.0	1	1.2	105	4	0.3(6,8)
Mestni Vrh pri Ptuj	260	1.0	0	1.5	122	5	0.3(5,7)
Mozirje	347	0.6	0	0.5	116	2	0.2(5,6)
Murska Sobota	184	0.7	0	0.5	103	2	0.2(6,7)
Nova vas na Blokah	722	0.6	0	0.8	148	3	0.3(7)
Novo Mesto	220	1.7	1	1.9	82	6	0.5(7)
Novelo pri Temnici	350	0.7	0	0.5	110	2	0.3(7)
Planina pod Golico	970	1.6	0	2.1	91	5	0.4(5,7)
Pragersko	251	0.7	0	0.9	137	4	0.2(5,8)
Podgradje	217	1.1	2	1.0	89	4	0.4(7)
Postojna	533	1.6	1	1.6	81	5	0.4(6,7)
Radlje ob Dravi	365	1.0	0	1.3	113	4	0.3(6,7)
Radovljica/Lesce	495	0.8	0	0.8	107	3	0.3(7)

Tabela 4 (nadaljevanje): Nadmorska višina postaje (h), povprečna pogostnost dni s točo in/ali sodro od maja do septembra (x), najpogostnejša vrednost - modus (Mo), koeficient variabilnosti (KV%), varianca pogostnosti (s^2), maksimalna letna pogostnost (x_{max}) in največja mesečna pogostnost (m) v mesecu (M), ko je pojav največ v obdobju 1951-1986.

Table 4 (continue): Height of stations m.s.l.(h), mean number of days with hail and/or graupel from May to September (x), modus (Mo), coefficient of variability (KV%), variance (s^2), maximal number of days with hail (x_{max}), and maximal monthly occurrence (m) for the month (M) in which hail and/or graupel are most frequent; for the period 1951-1986.

ime postaje	h(m)	x	Mo	s^2	KV%	x_{max}	m(M)
Rakitna	787	1.4	0	2.8	123	6	0.4(7)
Rateče-Planica	864	0.3	0	0.3	200	2	0.1(7,8)
Ravne na Koroškem	410	1.6	0	1.8	83	4	0.6(7)
Rogaška Slatina	235	0.6	0	0.8	136	3	0.2(6,7)
Rovte	705	1.1	0	1.6	117	4	0.4(6)
Slovenske Konjice	332	1.0	0	1.2	113	4	0.5(7)
Sela pri Sevnici	550	1.2	0	2.0	112	6	0.4(6,7)
Starše	240	1.2	1	1.2	88	3	0.4(7)
Sevno na Dolenjskem	515	0.8	0	1.2	136	4	0.2(6,7)
Slap pri Vipavi	137	0.9	1	0.9	102	3	0.3(7)
Stara Fužina	547	0.8	0	0.9	119	4	0.3(7)
Šmartno pri Slov.G.	452	1.9	2	1.6	67	6	0.6(6)
Titovo Velenje	420	0.8	0	1.0	122	4	0.3(7)
Tolmin	180	0.7	1	0.5	107	3	0.3(7)
Turški vrh pri Z.	280	1.1	1	0.9	81	4	0.4(6,7)
Veliki Dolenci	308	0.6	0	0.8	148	3	0.3(7)
Vojsko	1070	2.1	0	7.9	133	10	0.7(5,7)
Volčji Potok	360	2.0	2	2.9	85	6	0.6(5)
Vrhnika	293	0.9	0	0.9	106	3	0.3(6,7)
Zgornja Ščavnica	358	1.6	1	1.8	86	5	0.5(6)



Slika 3: Najpogostejše število dni (modus) s točo in/ali sodro v vegetacijskem obdobju od maja do septembra (1951-86)

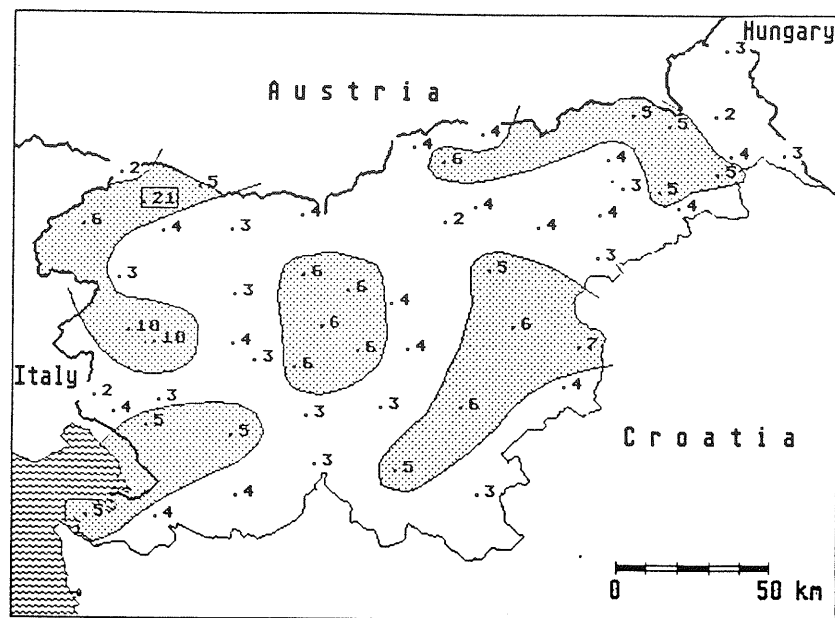
Figure 3: Most frequent number of days (modus) with hail and/or graupel in vegetation period from May to September (1951-86)

njena variabilnost pa je največja.

Na veliko variabilnost kaže tudi variacijska širina pojava, ki jo pri toči lahko brez izjeme enačimo kar z maksimalno pogostnostjo (slika 4). Če izvezemo Kredarico, je variacijska širina od 2 dni (Murska Sobota, Mozirje, Rateče, Novolet) do 10 dni (Čepovan in Vojsko). Karta maksimalne pogostnosti, ki smo jo analizirali tako, da smo Slovenijo razdelili v dve kategoriji (v dele z več in dele z manj kot maksimalno 5 dni s točo v letu), daje skupaj s slikama 1 in 2 še celovitejšo sliko po geografskih značilnostih pojava toče. Še vedno so vidna vsa že v začetku omenjena območja z največjo pogostnostjo toče.

d) Značilnosti časovne porazdelitve

Letni hodi povprečnega mesečnega števila dni s točo so si na obravnavanih postajah podobni, ločijo se le po tem, da nastopi na nekaterih postajah maksimum pogostnosti junija, na drugih julija, na nekaterih pa so največje pogostnosti junija enake julijskim. Razlike niso bistvene, saj je možno, da imamo npr. junijski maksimum konec meseca, julijski pa v začetku. Je pa nekaj postaj, kjer je časovni potek nepravilen. Nekateri primere prikazuje slika 5.



Slika 4: Maksimalno število dni s točo in/ali sodro v vegetacijskem obdobju od maja do septembra (1951-86)

Figure 4: Maximum number of days with hail and/or graupel in vegetation period from May to September (1951-86)

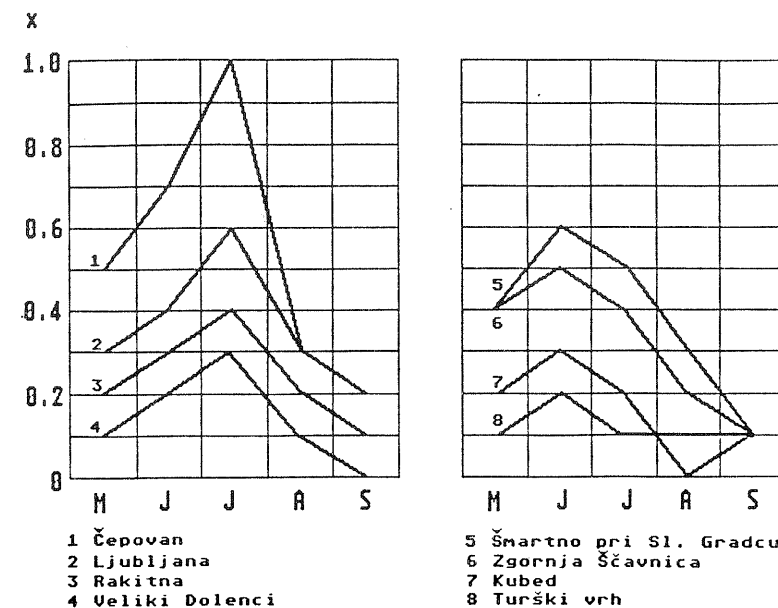
Pri opisani razdelitvi ne gre za kakršno koli geografsko pripadnost, razen delno v zadnji skupini nepravilnih časovnih potekov pogostnosti, kjer prevladujejo postaje iz severovzhodne Slovenije, ki jih v skupini z julijskim maksimum praktično ni.

V tuji literaturi najdemo kar nekaj poskusov opisa časovne analize pojavljanja toče. Gre za problem, kako se statistično gledano porazdeljuje verjetnost nastopa toče na neki lokaciji in se večinoma obravnavajo letne pogostnosti.

Pri prilagajanju teoretičnih porazdelitev opazovanim podatkom moramo razpolagati s čimdaljšimi časovnimi nizi opazovanj, ki so lahko tudi prekinjena, saj lahko imamo pojav toče na neki lokaciji za povsem neodvisen dogodek glede na predhodni ali naslednji pojav toče. Za dogodek "dan s točo" sicer res ne velja zakon velikih števil, vendar večina avtorjev kljub temu uspešno uporablja za izračune verjetnosti nastopa toče prilagojene ustrezne teoretične porazdelitve.

Pri izboru teoretičnih porazdelitev imamo na voljo predvsem razne diskretne porazdelitve (Schoenwiese 1985), s primerno transformacijo podatkov v razrede pa lahko uporabljamo tudi razne zvezne porazdelitve.

Izmed diskretnih porazdelitev sta na prvem mestu Poissonova in negativna binomska, lahko omenimo še eksponentno verjetnostno porazdelitev. Med zveznimi pa



Slika 5: Nekaj povprečnih mesečnih števil (x) dni s točo in/ali sodro (1951-86)

Figure 5: Some of the mean monthly numbers (x) of days with hail and/or graupel (1951-86)

so primerne logaritemsko normalna in gama porazdelitev ter bolj zamotane kapa porazdelitve (Ikeda et al. 1980).

Računsko je daleč najpreprostejša Poissonova teoretična porazdelitev, kjer ima spremenljivka z zalogo vrednosti (0,1,2,...) verjetnostno funkcijo

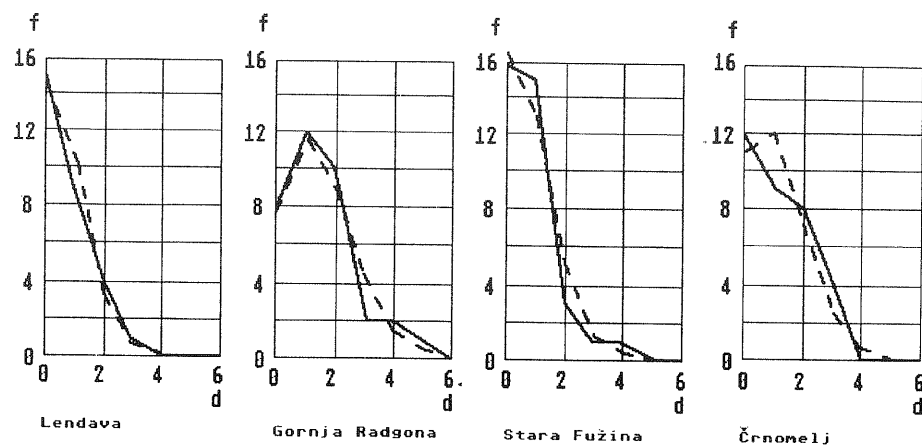
$$P(X; A) = \frac{e^{-A} A^X}{X!} \quad (1)$$

kjer parameter A ($A > 0$) ocenimo s povprečno vrednostjo \bar{x} . Če želimo kar se da dobro opisati dano porazdelitev dni s točo, pa mora biti izpolnjen še en pogoj, in sicer varianca mora biti približno enaka povprečni vrednosti pojava:

$$\bar{x} \approx s^2 \quad (2)$$

V tuji literaturi (Cox and Armstrong, 1980) najdemo, da v ZDA, glede na dolgoletna opazovanja pogostnosti toče, uporabljajo za aproksimacijo večinoma Poissonovo porazdelitev. Nekateri pa uporabljajo še računsko nekoliko zamotanejšo negativno binomsko porazdelitev.

S hi-kvadrat testom, s katerim smo preverjali statistično značilnost ujemanja opazovanih in teoretično dobljenih frekvenc letne pogostnosti, smo izločili lokacije, za katere lahko uporabimo Poissonovo porazdelitev s stopnjo tveganja 0.05. Takih



Slika 6: Nekatere empirične in Poissonove porazdelitve (f) števila dni s točo in/ali sodro (d) v vegetacijskem obdobju od maja do septembra (1951-86)

Figure 6: Some empirical and Poisson's distribution (f) of the number of days with hail and/or graupel (d) in vegetation period from May to September (1951-86)

je kar 48 postaj (86%) v Sloveniji, torej velika večina. Nekaj zelo značilnih porazdelitev pogostnosti toče na lokacijah, kjer sprejmemo hipotezo o ujemanju frekvenc s tveganjem celo manjšim od 0.05, prikazuje slika 6, primer nekaterih izračunov pa tabela 5.

Izjeme, torej postaje, kjer Poissonova porazdelitev ni dovolj dobra za opis pojava toče in/ali sodre od maja do septembra, so naslednje: Celje, Čepovan, Godnje pri Tomaju, Ilirska Bistrica, Kredarica, Ljubljana-Bežigrad, Rakitna in Vojsko. Lahko sicer, da bi pri daljšem časovnem nizu (okrog 50 let) tudi pri teh postajah dobili Poissonovo porazdelitev. Na omenjenih postajah smo preiskovali tudi prilagajanje negativne binomske porazdelitve, vendar tudi v tem primeru χ^2 test ovrže ujemanje frekvenc ipd.

Tabela 5: Nekatere opazovane (f_{op}) in izračunane ($f_{Poisson}$) frekvence letne pogostnosti toče ter izračunani χ^2 .

Table 5: Some observed (f_{op}) and computed ($f_{Poisson}$) frequencies of yearly occurrence of hail and the computed χ^2 value.

št. dni s točo	Postojna		Maribor		Ilirska Bistrica	
	f_{op}	$f_{Poisson}$	f_{op}	$f_{Poisson}$	f_{op}	$f_{Poisson}$
0	8	7.565	13	12.852	5	6.446
1	11	11.801	14	13.238	9	11.088
2	9	9.205	6	6.817	16	9.535
3	6	4.786	1	2.341	3	5.467
4	1	1.867	2	0.603	3	2.351
5	1	0.582	0	0.124	0	0.809
6	0	0.151	0	0.021	0	0.232
χ^2	0.54**		0.13**		6.10	

SKLEP

Če na kratko povzamemo najpomembnejše ugotovitve klimatološke analize pojava toče, so to naslednje:

- Analiza je potekala na osnovi podatkov 31 izbranih postaj samo za točo in 57 postaj za točo in sodro skupaj, ki so imele zadosti dolg časovni niz opazovanj.
- Kvaliteta podatkov je problematična zaradi nekaterih nehomogenosti v nizih (menjava načina opazovanj ali opazovalcev) in ker so v arhivu HMZS združene informacije o sodri in toči.
- Reprezentativnost podatkov s postaj za širšo okolico je zaradi neregularnega in nezveznega pojava toče in sodre zelo majhna in interpolacija v prostoru težko izvedljiva.
- Pojav toče in sodre je izjemno variabilen in zato nam samo povprečna dolgoletna vrednost ne pove veliko. Nujna je zato vzporedna analiza modalnih in maksimalnih vrednosti. Geografska razporeditev pogostnosti toče in sodre v Sloveniji nam pokaže nekaj območij, kjer sta le-ti precej bolj pogosti kot drugod, vendar je točnejša opredelitev teh območij zaradi relativno redke opazovalne mreže in reliefne razgibanosti zelo subjektivna. Prav tako težko je določiti območja, kjer je toče v Sloveniji najmanj, saj so glede na veliko variabilnost tudi časovni nizi prek 30 let še vedno prekratki. Vendar pa podatki nakazujejo, da sta toča in sodra zelo pogosti ob Alpsko-Dinarski pregradi in tudi sicer v hribovskih predelih, predvsem severne Slovenije.
- Letni hodi pogostnosti toče in sodre na večini postaj kažejo logičen maksimum v poletnih mesecih (zlasti junij in julij), ki sovpada tudi z največjo pogost-

nostjo neviht s katerimi je združen pojav toče. Le nekaj postaj kaže specifične oblike letnega hoda, ki so najverjetneje posledica prekratkega niza opazovanj.

- Porazdelitev verjetnosti nastopa toče v Sloveniji na večini lokacij lahko aproksimiramo s Poissonovo porazdelitvijo, kar nam omogoča izračun verjetnosti pojavljanja.

LITERATURA

Arhiv HMZ SRS , Ljubljana

Cox, M. and P.R. Armstrong, 1981 : A statistical model for the incidence of large hailstones on solar collectors, Solar energy 26, 97-111.

EKT 2, 1982 : Kessler, E. (ed.), Thunderstorms: A Social, Scinetific, & Technological Documentary. Boulder, U.S. Dept. of Commerce, NOAA, 603 pp.

Furlan, D., 1980 : Klimatski prikaz SV Slovenije s posebnim poudarkom na padavinah, Ljubljana, HMZ SRS, 158-165.

Ikeda, S. et al.(eds.),1980 : Statistical Climatology. Developments in Atmosph. Sci. 13., Amsterdam, Elsevier, 388 pp.

Kranjc, A., 1980 : Predlog določitve branjenih območij v SR Sloveniji s strokovnimi obrazložitvami, Ljubljana, HMZ SRS, 30 str.

Mueller, W., 1987 : Hail climatology in Stuttgart area. 2nd International Symposium on Hail Suppression, Ljubljana Oct 1-2, 1987, Proceedings 16-24.

Opra, A., 1985 : Prispevek v: Prilozi za stručno-naučno raspravu na okrogлом stolu SFRJ o dostignutom stepenu naučne zasnovanosti protivgradne zaštite u svetu i u nas. Beograd, ZHMZ.

Petkovšek, Z.,1966 : Nevihtna karta in nevihtna pogostnost v Sloveniji, Razprave-Papers 7, 3-20.

Petkovšek, Z., 1987 : Topographic influences on thunderstorms. 2nd International Symposium on Hail Suppression, Ljubljana Oct 1-2, 1987, Proceedings 25-30.

Pruppacher, H. R. and J. D. Klett, 1978 : Microphysics of clouds and precipitation. Dordrecht, D. Reidel, 714 pp.

Radičević, D : Srednji godišnji broj dana sa gradom, period 1951-1970. Karta v Atlasu klime Jugoslavije, Beograd, ZHMZ.

Schoenwiese, C.D., 1985 : Praktische statistik fur Meteorologen und Geowissenschaftler, Berlin, Gebruder Borntraeger, 231 s.

ZHMZ : Meteorološki godišnjak I, letniki 1949-1983. Beograd, ZHMZ.

SOME CHARACTERISTICS OF BORA AND ITS BEGINNINGS IN SLOVENIA

NEKATERE ZNAČILNOSTI BURJE IN NJENIH ZAČETKOV V SLOVENIJI

Neva Pristov, Zdravko Petkovšek, Jasna Zaveršek,
University of Ljubljana, Faculty of Sciences (FNT), Dept. of Physics

551.555.4

SUMMARY

For the year of ALPEX (1981/82), first the data of the direction and speed of the bora are treated from different aspects for seven stations in the region of bora in Slovenia. Beside the frequency and spreading of the bora in the region, some surface and time distributions, speeds and durations of the bora are presented. Separately, the beginnings of the bora are treated with regard to the changes of wind and its speed-increase, which show large fluctuations. For Portorož air temperature and humidity at the bora beginnings are also discussed and presented.

POVZETEK

Za leto ALPEX-a so bile najprej večstransko preučeni podatki o smeri in hitrosti burje na 7 postajah na območju, kjer v Sloveniji piha burja. Poleg pogostnosti in razširjenosti burje nad območjem so podane razne časovne in prostorske razporeditve, povprečne hitrosti in trajanje burje. Posebej so obdelani začetki burij glede sprememb in naraščanja hitrosti, ki kažejo velike fluktuacije. Za Portorož so ob pričetkih burij preučene tudi spremembe temperature in vlage zraka.

Rezultati kažejo, da ima burja na posameznih postajah nekoliko različne smeri in različne hitrosti, kar je predvsem posledica reliefnih značilnosti kraja vsake postaje. Zato je tudi razširjenost burje nad razmeroma majhnim območjem raznolika in le v 45% primerov piha ob istem času čez vse območje. Fluktuacije raznih značilnosti burje so zelo velike ter je celo letni hod slabo izražen.

Začetki burje, ki niso enolično določljivi, kažejo tudi veliko raznolikost, vendar pa omogočajo oceniti značilno širjenje burje prek območja, ki ga moramo glede tega razdeliti v zahodni in vzhodni del. Glede temperature in relativne vlage nastopi vsaj v polovici primerov najprej zvišanje in nato znižanje obeh količin. Pravo znižanje pa se največkrat pojavi šele 2 do 3 ure po začetku burje.

INTRODUCTION

An enlarged number of observations and measurements in the ALPEX period enable exhaustive investigations of the bora peculiarities in the region of Slovenia. Up to date main climatic considerations of bora (e.g. Band 1951, Petkovšek-Paradiž 1976, Yoshino 1976) have given only some general views about bora in the region; recent theoretical and model investigations (e.g. Paradiž 1957, Petkovšek 1984 and 1987, Smith 1985) however, have no possibility of reliable verification. Therefore further and exhaustive investigations of natural bora conditions in single places and in the region are very important. The special problem is bora's beginning; their investigation has given new views in the essential processes in the bora. By finding them is given a contribution to knowledge about bora, and to extended possibility for its better forecast, which is the purpose of these investigations and presentation.

REGION OF THE BORA IN SLOVENIA

In Slovenia the region of bora wind spreads from the Gulf of Trieste toward the NE to the chain of the mountain ridges (between Trnovski gozd and Snežnik), which are higher than 1000 m MSL. Between Trnovski gozd and Nanos is a col Strmec (800 m), between Hrušica and Javorniki is a col Postojna (500 m). Over both cols the cold air comes from NE first and most easily, so this region of bora is divided into a western and an eastern part. Under Trnovski gozd Vipava valley spreads in the W-E direction having the height of only 100 m MSL; between this valley and the Gulf of Trieste there is a some hundred meters higher plateau Kras, which sinks rather suddenly to the Gulf of Trieste.

In the time of ALPEX (i.e. 1.6.1981-31.5.1982), in the presented bora region there were seven stations with anemographs, although of different types. Some data of these stations are presented in Table 1 and Fig.1. In Table 1 there are also some results of previous investigations (Urbančič 1982), and our treatment of the data of this year enables us to determine the range of the bora direction at single places.

The highest frequency of strong winds and usually appearing first too, we find at the col station Strmec, where the channel effect on the wind gives it direction N or S only. From here, i.e. from the main ridge towards the Gulf of Trieste the frequency of strong winds diminish. In the southern part of the region and at the same distance from the ridge (in Ocizla), however, the frequency is greater, probably due to the lower col at Postojna.

FREQUENCY AND EXTENT OF THE BORA

From the here treated period of ALPEX the mean hourly wind speed data with the following conditions were used:

Table 1: The list of stations in the bora region, their height h (MSL), part or percent of hourly values of wind speed (v) regardless of the direction, the range of bora direction (dd) and approximate number of used data (N).

Tabela 1: Seznam postaj na območju burje, nadmorska višina h , delež urnih vrednosti vetra s hitrostjo v - neglede na smer, območje smeri burje dd in približno število tu obdelanih podatkov (N).

	h (m)	$v > 5\text{m/s}$ %	$v > 10\text{m/s}$ %	dd	N
Strmec	960	50	8.4	N - NNE	17.000
Dolga Poljana	180	25	7.2	N - E	19.000
Ajdovščina	110	19	6.7	N - E	49.000
Škrbina	350	13	0.2	NNE - SE	18.000
Šepulje	320	13	0.4	NNE - SE	19.000
Ocizla	440	34	2.6	NNE - SE	19.000
Portorož	92	-	-	N - E	9.000



Figure 1: The map of the treated region of the bora in Slovenia with meteorological stations and assessed field of average bora isochrones (in hours).

Slika 1: Zemljevid obravnavanega območja burje v Sloveniji z meteorološkimi postajami in ocenjenim poljem povprečnih izohron širjenja burje (v v urah).

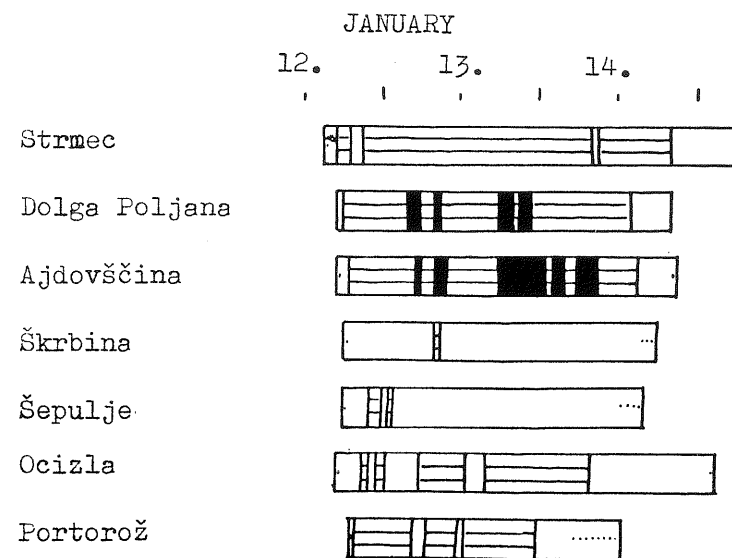


Figure 2: A small part of graphic presentation of time distribution of bora at seven stations; hashed: $10.8 \leq v \leq 17.1 \text{ m/s}$, black: $v > 17.1 \text{ m/s}$

Slika 2: Izsek grafičnega prikaza časovnih potekov burij na sedmih postajah; šrafrano: $10.8 \leq v \leq 17.1 \text{ m/s}$, črno: $v > 17.1 \text{ m/s}$

- wind direction has to be inside the range of bora direction at the treated station
- the mean hourly wind speed (v) has to be strong enough: $v > 3.3 \text{ m/s}$.

The additional condition for the bora is that at least once the speed $v > 5.4 \text{ m/s}$. There remains the problem of separation of two consecutive bora cases at the station. Here we suppose that a new bora exists, when after the previous bora there is a wind blowing from a direction that is not in the range of bora at least for 10 hours or if $v < 3.3 \text{ m/s}$. The time lag of 10 hours includes the supposition that cold fronts or cold air invasions cannot follow one another in shorter periods.

The mean hourly value that was established for the threshold value of bora is rather small, but as the bora is a very gusty wind, the speed in the gusts can be $v_M > 7 \text{ m/s}$.

In such a way chosen data have given a graphical presentation of bora cases in the treated period for seven stations altogether what is partly presented in Fig.2. From the complete graph of all the bora cases found at these stations simultaneously, the following overview can be given:

Table 2: The number of bora cases from June 1, 1981 til May 31, 1982 at the meteorological stations and the number of bora cases recorded at least at 4 stations simultaneously

Tabela 2: Število primerov burje za vsak mesec od 1. junija 1981 do 31. maja 1982 na posameznih postajah in število primerov burje, ki pihajo istočasno vsaj na 4 postajah.

	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	d
Strmec	5	4	6	5	8	5	9	7	4	6	5	5	69
D.Poljana	5	5	7	5	7	6	10	7	6	7	8	6	73
Ajdovščina	5	3	7	5	7	4	9	7	9	7	11	7	81
Škrbina	3	2	5	3	3	2	7	5	6	4	7	5	52
Šepulje	4	4	7	4	5	4	4	6	7	5	11	4	65
Ocizla	7	4	6	5	7	5	9	7	4	9	7	6	76
Portorož	9	3	7	4	7	5	7	6	5	8	11	4	76
4 stations													
4 postaje	5	3	7	5	7	4	9	7	8	6	10	6	77
season													
sezona		15			16			24			22		

number of stations: 7 6 5 4 3 2 1
 število postaj
 simultaneous boras: 45 10 13 9 8 7 8 (%)
 sočasno zabeležene burje

This means, that in most cases bora was flowing above the whole region; but at one station only, was found no more than in 8 %.

It was decided that only those bora cases will be treated further, which were found at least at half, i.e. at 4 stations simultaneously. In the considered one year period 77 such bora cases can be found (Table 2).

It is obvious, that the fluctuations in the number of bora cases from one month to another are large, and that even an annual course is not very expressive.

The number of boras at Kras (Škrbina, Šepulje) is smaller, because there boras are weaker and may be eliminated by the given criteria. At Strmec the number of hours with bora is very high but the number of bora cases is low because they are of long duration and sometimes joined. The given criteria are not the best of course for all purposes. Sometimes it is obvious that there is one case of bora only, but by the given criteria, two will be counted. Rarely the opposite can be true, and two cases are joined into one.

A special comparison of boras at Ajdovščina and Portorož shows 60 simultaneous cases, in 17 cases bora was blowing at Ajdovščina but not at Portorož, in 13 cases the opposite was true. It may happen due to given criteria, that at one station there are two cases but one at the other. Such a case was taken as bora on both stations; a disagreement in the number of cases and their sum is one

Table 3: A comparison of number of bora cases in regard to their speed and duration at Ajdovščina and Portorož

Tabela 3: Primerjava števila burij glede na jakost in trajanje v Ajdovščini ali v Portorožu

	weak šibka	moderate zmerna	strong močna	sum vsota
short kratko trajajoča	14	4	0	18
middle range srednje trajajoča	15	23	5	43
long range dolgo trajajoča	0	10	6	16
sum vsota	29	37	11	77

of the consequence of these problems. Bora cases found at Ajdovščina but not simultaneously at Portorož were weak, 8 of them were of a shorter duration than 12 hours (3 of them 2 hours only). From the bora cases found at Portorož but not at Ajdovščina, only one was moderate. In 6 cases of bora at Ajdovščina, there was a wind from the bora direction at Portorož also, but not strong enough to be counted as bora.

SPEED AND DURATION OF THE BORA

Bora cases can be divided into groups according to different criteria. In regard to the highest hourly mean wind speed we can define bora as:

weak (šibka)	-	5.4 m/s	< v <	10.7 m/s
moderate (zmerna)	-	10.7 m/s	< v <	17.1 m/s
strong (močna)	-	once at least	v >	17.1 m/s

The speed of weak bora corresponds to the numbers of 4 and 5 of the Beaufort scale, the speed of moderate bora corresponds to 6 and 7 Bf, and the speed of strong bora is equal or above 8 Bf. Regarding bora's duration T three classes were formed:

short (kratkotrajna)		T <	12 hours
middle range	12 <	T <	48 hours
long range (dolgotr.)		T >	48 hours

Using these criteria the boras at Ajdovščina and at Portorož were treated, taking in account the values at the station with stronger bora, or of longer duration. In Table 3 these results can be seen.

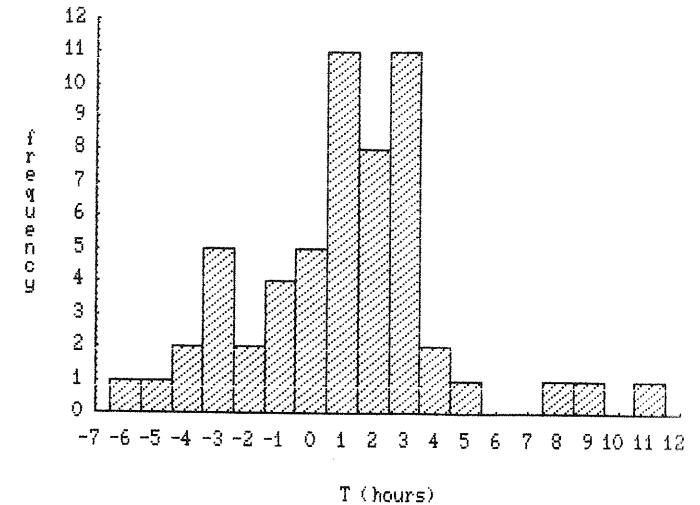


Figure 3: The number of boras with regard to the time differences of bora beginnings at Ajdovščina and Portorož

Slika 3: Število burij glede na časovne razlike začetkov na dveh postajah: Ajdovščina in Portorož

As mentioned already, the number of cases depends on the criteria for bora definition, but the speed also changes continuously and in the gusts can be for a factor of three greater than the mean value.

PECULIARITIES OF THE BORA BEGINNINGS

Especially at the beginning of the bora the wind speed and direction change considerably. Therefore the additional condition for the bora beginning is: until the time of the mean hourly speed of $v > 5.4$ m/s is reached, there are never two or more successive wind directions other than in the bora range, or wind speeds $v < 3.3$ m/s. Using these additional criteria for every bora case, the time of its beginning was established with an hour accuracy.

Place and time distribution of the beginnings

The time difference of the bora beginnings at two station can be obtained if the beginning at both stations is known. This can not be done if at one of the stations the previous bora is still active, if at one station there are no data of the beginning, or if at one station there is no bora at all.

Table 4: The time differences of the bora beginnings at two stations: the number of cases (the upper triangle) and mean time difference (positive for the station in the upper line - the lower triangle - in hours)

Tabela 4: Časovne razlike med nastopom burje na dveh postajah: število primerjav (zgornji trikotnik) in povprečna časovna razlika (pozitivna za burjo prej na postaji v zg. vrsti - spodnji trikotnik, v urah)

	S	DP	A	ŠK	ŠE	O	P
S		46	47	37	35	47	36
DP	1.52		61	48	42	49	44
A	2.38	0.69		49	47	42	49
ŠK	3.08	1.40	0.51		44	38	46
ŠE	2.89	1.62	0.96	0.27		37	39
O	1.30	0.06	-0.14	-1.34	-2.19		44
P	3.14	2.00	1.02	-0.11	0.13	1.71	

For different pairs of stations graphs were drawn, with the time difference of bora beginnings on abscissa (up to ± 12 hours), and the number of cases on the ordinate. An example is presented in Fig.3. Thus in 15 cases the bora began in Portorož before Ajdovščina, but these two stations are not in the same part of the region. However, the bora began in Šepulje 10-times and in Škrbina 12-times, one to four hours before than in Ajdovščina. Obviously in these cases the air was not cold enough to reach the bottom of the valley, and has jumped over Ajdovščina.

The average time differences of bora beginnings were calculated also, but here only the differences up to ± 4 hours were taken into account, because rare high differences spoil the results. Thus for every station the frequencies for 9 hourly values for every mean were taken into account, and the obtained results are presented in Table 4.

A transfer of these data on the map of the bora region has given an approximate picture about a typical propagation of the bora across the treated region - Fig. 1. The figure confirms the above mentioned need for a division of the region in two parts; in the east one, there are two stations only (Ocizla and Portorož) as a col station Postojna unfortunately has no anemograph. Bora was never found at Ajdovščina before it began at the col above it at Strmec. The most frequent opposite time difference is two hours, which is large, regarding the small distance (10 km) between the stations. It means that bora advances much slower than its mean wind speed in the same direction, and warns of unknown processes of its propagation, descent, and internal structure of the flow (e.g. Jurčec 1987, Petkovšek 1988).

For the boras at Ajdovščina and Portorož also the daily distributions of beginnings were drawn. The results are presented in Fig. 4. Obviously they show large fluctuations, and no characteristic daily course can be found.

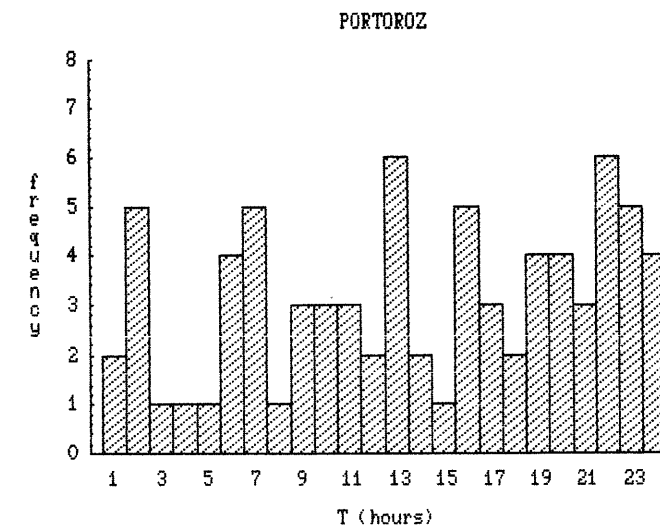
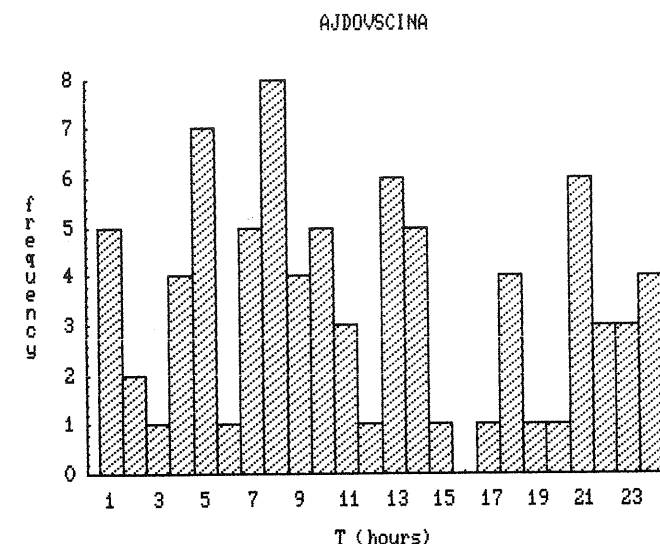


Figure 4: The daily distribution of the bora beginning frequencies for Ajdovščina and Portorož

Slika 4: Število začetkov burij v posameznih urah dneva za Ajdovščino in Portorož

Table 5: The number of bora cases at Ajdovščina and Portorož, regarding different types of speed increase at the beginning

Tabela 5: Število burij v Ajdovščini in Portorožu pri različnih začetnih stopnjah naraščanja hitrosti

	Ajdovščina	Portorož
slow		
počasi	23	36
moderate		
srednje	43	24
quick		
hitro	15	16

Wind changes at the bora beginnings

Let us now consider only a few first hours around the bora beginnings at Adovščina and Portorož. In the first part of these considerations, the mean hourly speeds were considered. In the second part, however, the maximum wind speeds in the gusts using anemograms were treated.

In view of the mean hourly speeds of bora in its first three hours after the beginning, three different manners of wind increase can be distinguished:

slow:	two hours at least	$v < 5.4 \text{ m/s}$
počasi:	najmanj dve uri	
moderate:	two hours at least	$5.4 \text{ m/s} < v < 10.7 \text{ m/s}$
zmeren:	najmanj dve uri	
quick:	once at least	$v > 10.7 \text{ m/s}$
hiter:	vsaj enkrat	

The results of further treatment of these data can be seen in Table 5. In one third of the bora cases only, the beginnings of bora on both stations can be found in the same group; otherwise at Ajdovščina the number with a moderate increase prevails, at Portorož with a slow increase of bora speed at the beginning. The quick increase is more typical for the colder half of the year.

By the investigation of bora speed increase using the maximum wind speed (v_M) i.e. the gusts in anemograms, the period of bora beginning can be divided into three phases:

1. wind before the bora beginning (usually weak)
2. the first gusts can be observed, direction is very changeable
3. direction is fixed in the bora range, the gusts increase

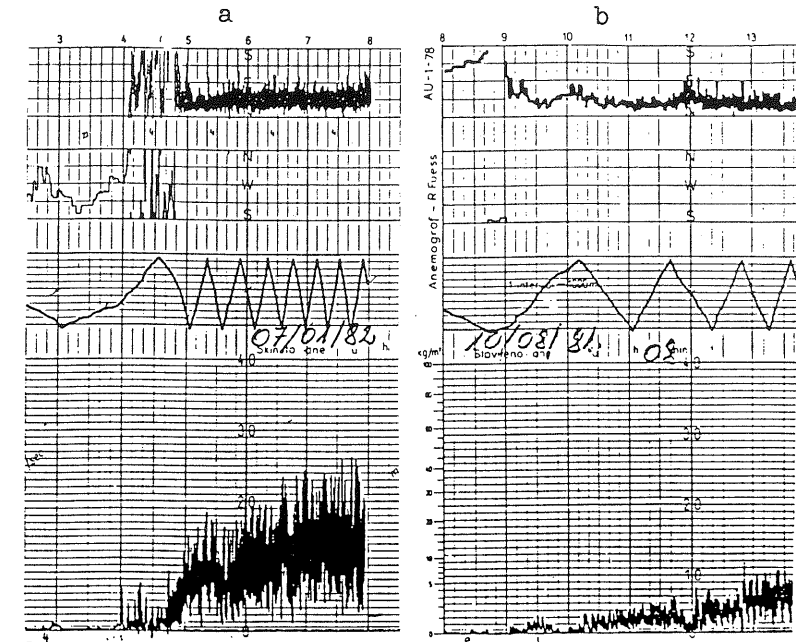


Figure 5: Examples of two different speed increases at bora beginnings in anemograms of Ajdovščina

Slika 5: Primera dveh različnih začetkov burje v Ajdovščini po anemogramih

Examples of these phases can be seen in Fig 5a. At Portorož the second case never can be found, as not shorter than 10-minute wind averages exists. At this station, sometimes before the bora beginning, a strong South wind is observed ($v > 10 \text{ m/s}$).

The duration of the second phase can be only a few minutes but also beyond half an hour. When the first gusts are already from the wind direction of the bora range, the second phase may not appear (Fig. 5b).

In the third phase gusts may increase slow or very rapidly, and in a few minutes can exceed the value of $v_M > 20 \text{ m/s}$. There are large fluctuations in the increase of bora's speed of course, and all possibilities cannot be presented briefly, as they depend on macro- and meso-meteorological processes, including local influences of relief characteristics.

The changes of temperature and humidity

In the region of the bora in Slovenia thermohygrograph can be found only at Portorož, where detailed analyses of temperature and relative humidity changes at bora beginnings are possible. The treatment is for the period of ALPEX-SOP (i.e. March, April 1982). In this period 18 bora cases were found.

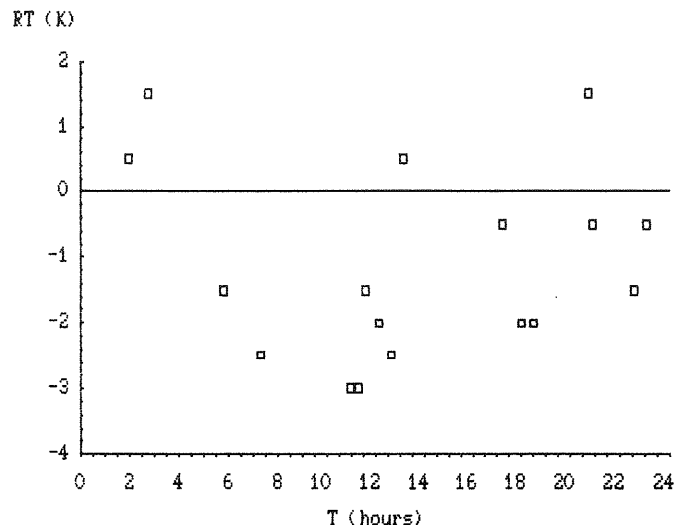


Figure 6: The dependance of the step of maximal cooling (RT) on the daytime of bora beginning

Slika 6: Povezava med stopnjo ohlaiditve (RT) in dnevnim časom začetka burje

A thorough view on the thermohygrograms shows, that in half of the cases in the surface air for a short time, first an increase of temperature (up to 1.5 K) is evident, and afterward it decreases. At the same time a similar short increase of relative humidity is found even in 60% of cases (up to 30% of relative humidity). This paralell increase of both quantities is probably due to the advection of warm and humid maritime air, which is pushed by the bora at its beginning from the part of the Gulf of Trieste. In Portorož the cases in which at bora beginnins already a temperature and relative humidity fall is found, are minor. Looking at thermohygrograms using theoretical knowledge, the change of air mass into the bora mass occurs, when temperature and relative humidity decrease together. This happens in one third of all cases, already an hour before the bora begins i.e. before the wind from the bora direction is strong enough to be counted as bora.

In the thermohygrogram a seen and established temperature decrease, a so-called recorded decrease is between 0.5 and 4.0 K in two hours, the recorded decrease of humidity is however 10 to 60%. In thermohygrogram noted changes are of course not the consequence of air mass changes only, but are also due to cloudiness, insolation, precipitations, time of the day, dissipation of inversion etc., which are all only in indirect connection with bora. Therefore changes recorded in the thermohygrogram without further analyses of other influences can not show the differences due to air mass changes at bora beginnings and direct influences of bora.

The bora air mass is doubtless cooler and usually dryer than the proceeding mass but the mentioned influences can be stronger, because at the bora beginning (at

Table 6: An example of temperatures in hours around bora beginning: BD day with bora beginning (23.4.), MSD most similar day, D other similar days, RT the greatest difference in an hour between MSD and BD. No.1. the hour before the bora beginning, 2. at the beginning, 3. to 6. after the beginning. Left columns: recorded temperatures, right columns: to the value at 2.BD arranged temperatures - all $\cdot 10^{-1} \text{ }^\circ\text{C}$, + the bora beginning, ! precipitations.

Tabela 6: Primer prikaza temperatur po urah okrog začetka burje: BD dan z burjo (23.4.), MSD najbolj podoben dan, D drugi primerjalni dnevi, RT največja temperaturna razlika v kaki uri med MSD in BD. Št. 1 ura pred pričetkom burje, 2. ob pričetku, 3. do 6. ure po pričetku, levi stolpci: absolutna temperatura, desni stolpci: na 2.BD prirejena temperatura - vse $\cdot 10^{-1} \text{ }^\circ\text{C}$, + začetek burje, ! padavine.

Date No. št.	/datum hour ura	23.4. BD	9.3. D	16.3. D	21.3. MSD	1.4. D
1.	12	104	80 101	86 99	100 102	152 111
2.	13 +	105	84 105	92 105	103 105	146 105
3.	14 !	74(103)	98 119	101 114	104 106	154 113
4.	15	101	98 119	98 101	99 101	152 111
5.	16	98	92 113	94 107	96 98	164 123
6.	17	103	88 109	90 103	90 92	160 119

$$RT = -5 \cdot 10^{-1} K$$

a cold front) precipitations are also not an exception. To evade the indirect influences, to every day with the bora beginning (BD), the days without bora but with similar temperature distribution up to the hour of bora beginning in BD were found. From these days the day with the most similar weather (MSD) was established using the observation book. In this way established differences in the temperature and relative humidity should be indirectly a consequence of the bora. The influence of precipitations which is usually of a short duration, was eliminated separately. By the comparison of temperature distributions on the day of the bora beginning and on comparison days, the six hours around the bora beginning were treated (No. 1. to 6. in Table 6) i.e.: the first value is at least one hour before the bora beginning, the second at the beginning, and the other four after it. Then the temperatures in the hour No.2. on the comparison days were equated with the value No.2. in BD, and appropriately arranged for all hours after the bora beginning. Afterwards the temperature differences in all the pairs of days were established, and the greatest difference obtained with a half of degree accuracy (RT in Table 6).

In table 6 the appropriate correction of temperature with regard to precipitations can be seen (No.3. (103)) as well. The maximum temperature difference is -0.3 K, but it is due to greater temperature differences in other comparison days rounded to 0.5 K. Similar tables were made for all the 18 bora cases in ALPEX-SOP. Their main characteristics can be found in table 7.

Very interesting is also a connection of RT with the time of the day of its occurrence, which is shown in Fig.6. Here can be seen that the biggest temperature decreases are found in boras with the beginnings in the morning hours; temperature increases can be found in the night hours only. The time when the greatest RT is found regarding the hour after the bora beginning, is obtained from the tables like Table 6 for all bora cases. An investigation shows that the greatest frequency of RT is in the second and third hour after the bora beginning (i.e. in No.4 and 5.), because in the last of the treated hours the temperature can already be increasing again.

CONCLUSION

The results of the presented investigation of bora in Slovenia show, that at different stations bora has somewhat different ranges of direction and speeds at the same cases, mainly due to peculiar relief characteristics. Therefore and due to established criteria the spreading of bora over the region is not equal and in 45 % only the bora can be defined over the whole region. Fluctuations of bora characteristics are large and even the yearly course is weakly expressed.

The beginnings of bora, which are not simply determinable, show large variability but yet enable an estimate of a typical propagation of the bora across the region, which has to be for this purpose divided in a western and the eastern part. Regarding the temperature and relative humidity changes at the bora beginnings, at least in half of the observed cases first a short increase and then a decrease of both quantities is seen. Their real decrease however, occurs usually not before 2 to 3 hours after the bora beginning.

Table 7: The main characteristics of temperature and relative humidity changes at bora beginnings in ALPEX-SOP. PP increase and soon a decrease. P decrease from the beginning, MIN the minimum relative humidity after the beginning, RT the maximum temperature difference after the beginning, - no data

Tabela 7: Glavne značilnosti sprememb ob začetkih burij v ALPEX-SOP, PP porast in pad, P pad od začetka, MIN minimalna relativna vlaga po začetku, RT maksimalna temperaturna razlika po začetku, - ni podatka

No. št.	BEGINNING ZAČETEK		HUMIDITY VLAŽNOST			TEMPERATURE TEMPERATURA		
	day dan	hour ura	PP	P	MIN	PP	P	RT
1.	2.3.	11.35	+		42	+		-1,5
2.	4.3.	20.55	-	-	42	-	-	-0,5
3.	11.3.	13.50	-	-	37		+	-
4.	13.3.	7.20	+		38	+		-2,5
5.	14.3.	20.45		+	25		+	+1,5
6.	19.3.	17.15		+	42	+		-0,5
7.	20.3.	12.10	+		40	+		-2,0
8.	29.3.	23.05	-	-	-	-	-	-0,5
9.	3.4.	2.45		+	50	+		+1,5
10.	9.4.	11.00	+		44	+		-3,0
11.	12.4.	2.00	+		45	+		+0,5
12.	17.4.	12.40	+		44		+	-2,5
13.	18.4.	18.30	+		52	+		-2,0
14.	22.4.	11.20	+		48		+	-3,0
15.	23.4.	13.10	+		48		+	-0,5
16.	24.4.	22.35	+		35	+		-1,5
17.	27.4.	18.00		+	34		+	-2,0
18.	30.4.	5.50	+		38	+		-1,5

All in the article presented notes and findings should be also a challenge for new theories and models, that should give a more complete description of this phenomena and would increase the possibility of forecasting, and will enable successful nowcasting of the bora.

Acknowledgement: The work was supported by the U.S.-Yugoslav Joint Fund for Scientific and Technological Cooperation, in cooperation with the National Science Foundation under grant JPF 735/NSF

REFERENCES

- Band G., 1951:** Die Bora der Adria. *Geofisica Pura e Applicata*, 19, (3-4), 186-219
- Jurčec V., 1981:** On Mesoscale Characteristics of Bora Conditions in Yugoslavia, *Pure and Applied Geophysics*, Vol.119, No.3, 640-657
- Paradiž B., 1957:** Burja v Sloveniji, 10 let Hidrometeorološke službe, HMZ LR Slovenije, Ljubljana, 147-172
- Petkovšek Z. in Paradiž B., 1976:** Bora in Slovenian Coastal Region, in *Local Wind Bora* (ed. M.M.Yoshino), University of Tokyo press, 135-144
- Petkovšek Z., 1976:** Periodičnost sunkov burje, *Razprave- Papers*, leto 20/2, DMS, Ljubljana, 67-75
- Petkovšek Z., 1984:** Some Characteristics of Bora Gusts, *Zbornik meteoroloških i hidroloških radova*, broj 10, Beograd, 119-122
- Petkovšek Z., 1987:** Main bora gusts - a model explanation, *Geofizika*, vol. 4, Zagreb, 41-50
- Rakovec J. in Petkovšek Z., 1983:** Fina struktura bure u Vipavskoj dolini, *ALPEX-savetovanje*, IOIR Split, 1-8
- Smith R.B., 1985:** On severe downslope winds. *J. Atmos. Sci.*, 42, 2598-2603
- Smith R.B., 1987:** Aerial Observation of the Yugoslavian Bora, *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol.44, No.2, 269-297
- Urbančič J., 1982:** Poročilo o meritvah vetra in opazovanju oblog na Primorskem od decembra 1979 do konca leta 1981, HMZ SR Slovenije, Ljubljana, 69p.
- Urbančič J., 1983:** Poskus simuliranja burje s pomočjo numeričnega modela, *Razprave-Papers*, leto 27/1, DMS, Ljubljana, 31-40
- Yoshino M.M., 1976:** *Local Wind Bora*. University of Tokyo press, 289 p.