

NEURJA V SLOVENIJI V LETU 1989 IN VZROKI NJIHOVEGA NASTANKA

Brane Gregorčič*

Julija, avgusta in septembra 1989 je bilo v Sloveniji precej neurij, ki so predvsem zaradi močnih nalihov povzročila veliko škodo. Najbolj je bila prizadeta vzhodna in severovzhodna Slovenija.

Opisu mehanizma nastanka konvektivnih padavin sledi pregled vremenskih situacij, v katerih je lani prišlo do močnih padavin, kot tudi 24-urna količina padavin, izmerjena ob 8. uri na 14 izbranih postajah v Sloveniji v teh dneh (7 v zahodni in 7 v vzhodni Sloveniji).

Razmerje med standardnim odstopanjem in povprečno količino padavin je izbrano za oceno enakomerne porazdeljenosti padavin. Ob prehodih hladnih front je bilo to razmerje $< 0,5$, ob drugače pogojenih padavinah (pregretost ozračja, višinski ciklon) pa okoli 1 ali tudi precej več. Članek se konča z grobo primerjavo med prognozirano količino padavin s pomočjo numeričnega modela in povprečnimi izmerjenimi vrednostmi; te so bile v izbranih primerih približno trikrat večje od rezultatov readingškega modela za prognozo padavin.

Glavni vir energije za vremenska dogajanja v atmosferi je sončno sevanje. Nekaj se ga, potem ko doseže zemeljsko atmosfero, odbije nazaj v vesolje, majhen del se ga absorbira v ozračju, največ pa se ga spremeni v toploto na zemeljskih tleh ali oceanih. Vremenska dogajanja so omejena na plast ozračja okrog zemeljske površine, ki je na polih tanjša (okrog 8 km), na ekvatorju pa debelejša (16 km). Ta plast atmosfere se imenuje troposfera, zanjo pa je značilno, da temperatura v njej z rastočo višino od površja Zemlje pada. Za dogajanja v troposferi je bistvena pomena prisotnost vodne pare. Čeprav predstavlja H_2O v sestavi troposfere zelo majhen in spremenljiv delež (od nekaj desetink odstotka do nekaj odstotkov), njene fazne spremembe v troposferi v resnici doživljamo kot vreme.

Ob faznih prehodih iz plinastega v kapljevinsko stanje se sproščajo velike količine t. i. »latentne toplote« (2,5 MJ/kg) in količina energije, ki se sprosti ob eni sami nevihti, mimogrede preseže energijo ob eksploziji atomske bombe. Seveda traja nevihta mnogo dlje kot eksplozija, zato je moč, ki se sprošča ob njej, mnogo manjša, a včasih vseeno pušča za sabo hude posledice, največkrat zaradi močnih nalihov, rušilnega vetra, toče in požarov zaradi strele.

Mehanizem nastanka nevihte

Nekako nam je vsem razumljivo, da je topel zrak lažji od hladnega, saj to konec koncev izkoriščajo tudi baloni za svoje polete. Pogoji za nastanek nevihte so grobo rečeno izpolnjeni, kadar je v višjih plasteh troposfere zelo hladen zrak in kadar je hkrati zrak v nižjih plasteh troposfere dovolj vlažen in topel (pravimo, da je stratifikacija troposfere labilna). Toplejši ko je zrak, večjo količino vlage lahko

sprejme, preden pride do kondenzacije. Ko se tak zrak iz kakršnegakoli razloga začne dvigati, se ohlaja in vlaga se začne izločati (pojavi se oblak). Ker se ob spremembi vodne pare iz plinastega v tekoče stanje sprošča toplota, je oblak vseeno toplejši od okolice in zrak v njem se dviga (v nevihtnem oblaku tudi s hitrostmi okrog 100 km/h).

V tem vzponskem toku večje kapljice pobirajo manjše, mimo katerih padajo. Padavinski elementi rastejo tako dolgo, dokler ne postanejo dovolj težki, da izpadejo. Ko oblak doseže višino tropopavze (okrog 11 km v zmernih širinah), se njegova rast ustavi. Ker so v višinah nad ok. 4 km temperature tudi poleti negativne, vodne kapljice ob dviganju zmrzujejo in nastajajo ledena zrna toče, ki se še debelijo, saj nanje primrzujejo vedno nove podhlajene kapljice.

Vlaga, ki se kondenzira nad nullo izotermno, se izloči v obliki ledenih kristalčkov, ki hitro zrastejo v snežinke, saj nanje primrzuje vedno nova količina vlage. Tako so padavine ob poletnih nevihtah v višinah mešanica snega, sodre, toče... Šele pri padanju proti tlu se stalijo ali pa zaradi velikosti in velike hitrosti padanja tudi ne (ledena zrna toče).

Neurja v Sloveniji v letu 1989

V letu 1989 je bilo razmeroma precej dni z močnimi nalivi. V glavnem je šlo za padavine iz oblakov vertikalnega razvoja, glede na posamično vremensko situacijo pa je šlo enkrat bolj za lokalne nalive, drugič pa za intenzivne padavine na večjih območjih (kombinacija ciklonalnih oz. frontalnih dviganj in proženja nestabilnosti).

2. in 3. julija je v Sredozemlju nastal plitev ciklon, izražen na vseh nivojih, ki je vztra-

jal tudi še 4. 7. Tako je ob jugovzhodnih višinskih vetrovih dotekal k nam iznad Balkana topel in zelo vlažen zrak. Nad našimi kraji je nastala frontalna površina tipa tople fronte. Kombinacija ciklonalnih vertikalnih dviganj in v popoldanskem času tudi proženja nestabilnosti na območjih, kjer je sonce čez dan pregrelo ozračje, je povzročila ponekod močne nalive. Zaradi relativno toplega zraka v višinah je bilo zelo malo neviht, a precej nalihov v obliki ploh.

24. 7. ob 14. uri je Slovenija ležala v osi baričnega grebena na višinah. Os termalnega grebena je imela na 850 hPa ploskvi bolj zahodno lego (Zagreb in Udine $18^{\circ}C$), na 500 hPa pa je hladen zrak nekoliko hitreje napredoval proti vzhodu (Zagreb $-8^{\circ}C$, Udine $-11^{\circ}C$). Hladna fronta se je zadrževala severno od Alp. V vlažni in pregreti zračni masi so se v drugi polovici dneva pojavljale krajevne nevihte.

25. 7. je bila situacija podobna, s tem, da se je dolina hladnega zraka na 500 hPa še bolj približala (Zagreb $-10^{\circ}C$, Udine $-13^{\circ}C$). Nevihtne celice, vezane na omejeno dolino in organizirane v večcelično nevihto premera nekaj 100 km, so se prek severne Italije po južnem obrobju Alp pomaknile prek Slovenije.

31. 7. popoldne je Slovenijo od severa dosegla hladna fronta in povzročila nastanek sekundarnega ciklona v severnem Sredozemlju. Padavine in nevihte so zajele vso Slovenijo.

8. 8. v večernih urah je Slovenijo od severa dosegla hladna fronta in povzročila padavine z nevihtami. Posamezne nevihte so se pojavile že tudi pred samo fronto.

18. 8. je nevihtna fronta ležala na Alpah. V popoldanskem času so na njenem južnem obrobju zaradi pregretosti začele rasti nevihtne celice. Ponekod je padala tudi toča.

19. 8. se je območje visokega zračnega pritiska širilo iznad srednje proti vzhodni Evropi. Zračni pritisk nad Slovenijo je bil okrog 1020 hPa. Oslabljen nevihtna fronta se je zadrževala na območju vzhodnih Alp in vzhodne Slovenije. V višinah nad 700 hPa se je na istem območju odcepilo višinsko jedro hladnega zraka velikostnega reda nekaj 100 km. Nad Balkanom se je na 850 hPa zadrževal termični greben. Istočasni vpliv dviganj zaradi višinske ciklonske cirkulacije in popoldanske pregretosti v vlažnem zraku je sprožil v vzhodni Sloveniji lokalne nevihte, ki so jih ponekod spremljali močni nalivi.

28. 8. je Slovenijo v zgodnjih jutranjih

* Dipl. inž. met., Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Vojkova 1 b, Ljubljana.



Visoka voda Dravinje je poškodovala cesto Maribor–Zagreb.

urah dosegla hladna fronta in povzročila nastanek sekundarnega ciklona nad severno Italijo in severnim Jadranom. Poslabšanje s padavinami in nevihtami je zajelo vso Slovenijo.

27. in 28. septembra se je v severnem Sredozemlju poglobilo območje nizkega zračnega pritiska. Nad severozahodnim Balkanom je nastala frontalna cona, ki se je le počasi pomikala proti jugovzhodu. Ob severovzhodnih vetrovih pri tleh in višinskih jugovzhodnih vetrovih je največ padavin padlo v vzhodni in severni Sloveniji.

Prostorska porazdelitev padavin

Čeprav je Slovenija razmeroma majhna, pa njena lega in razgibanost njenega reliefa povzročata velike razlike v količini padavin. Poleti, ko gre predvsem za padavine konvektivnega nastanka, so razlike še večje, včasih tudi na zelo majhnih razdaljah.

Nekakšno merilo za enakomerno porazdeljenost količine padavin je razmerje med standardno deviacijo in povprečno količino padavin na izbranih postajah. Tabela 1 nam prikazuje količino padavin, izmerjeno zjutraj ob 8. uri za preteklih 24 ur za 14 slovenskih krajev, posebej za 7 v zahodni in 7 v vzhodni Sloveniji ter za vseh 14 skupaj ob dneh z močnimi nalivi v letu 1989.

V dneh, ko je vrednost razmerja s/p za izbranih 14 postaj $< 0,5$, je šlo za

frontalne prehode, ki so povzročili padavine po vsej Sloveniji. Večja ko je bila vrednost tega razmerja, za bolj lokalne in težko predvidljive nevihtne procese je šlo.

Zanimivo je, da so imele po tem kriteriju padavine, izmerjene 4. in 5. 7. 1989, v vzhodni Sloveniji karakter frontalnih padavin (in to močne intenzitete), v zahodni Sloveniji pa ne.

Najvišja vrednost tega razmerja je dosežena 20. 8. 1989 (torej padavine med 19. 8. ob 8. uri in 20. 8. 1989 ob 8. uri). Takrat v zahodni in južni Sloveniji sploh ni bilo neviht, na območju Laškega pa je padla ob nalivu ogromna količina dežja, ki ni bila neposredno niti izmerjena, saj je šlo za proces premajhne razsežnosti.

Na območju vzhodno od Laškega ima Hidrometeorološki zavod RS naslednje merilne točke, ki spremljajo razvoj vremena in vsak dan instrumentalno merijo padavine: Laško, Šentjur pri Celju, Žusem, Planina nad Sevnico, Podčetrtek, Vransko Gorco. Gastota postaj ni tako majhna, pa vendar nobena od teh postaj ni izmerila naliva, ki je dne 19. 8. 1989 pustil katastrofalne posledice na vodotokih Lahomnice in Kozarice. Po opažanju in pripovedovanju so bile padavine najintenzivnejše v okolici naselja Breze. Od naštetih merilnih mest je omembe vredna le meritev v Šentjurju pri Celju. Tu je opazovalec v nalivu med 15. in 18. uro izmeril 65 mm padavin, ki niso pustile vidnejših posledic. Glede na čas pojava lahko sklepamo, da je bil Šentjur pri Celju na robu nevihtnega oblaka, ki je pustošil kraje v okolici Breze. Po pregledu padavinskih podatkov vseh okoliških postaj nismo zasledili poti tega nevihtnega oblaka, zato lahko sklepamo, da so se tako intenzivne padavine pojavile le na območju kraja Breze. Tam so se pričele in tam končale.

Količino padavin, ki je padla približno v eni uri in pol v okolici Breze, ocenjujemo na velikostni razred od 100 do 130 mm. Ta ocena je dobljena s pregledom maksimalnih dnevnih padavin v poletnem času na omenjenih merilnih mestih od leta 1926 dalje. V nižinskih predelih je bil ekstrem leta 1980 v Šentjurju pri Celju s količino 113 mm, v višje ležečih predelih pa leta 1954 v Planini nad Sevnico s količino 135 mm. Tudi groba ocena pretoka Lahomnice in trajanje visoke vode kažeta na količino padavin okoli 100 mm.

Drugi primer lokalne spremenljivosti v količini padavin je primerjava padavinskih podatkov za kraja Cirkulane in Žetale v Haložah (tabela 2). Vidimo, da imata kraja v dolgoletnem povprečju skoraj enako mesečno povprečno količino padavin, vendar ekstremne padavine (tako dnevne kot mesečne) kljub oddaljenosti le okrog 17 km praviloma ne nastopajo istočasno.

Tako je bila dnevna količina padavin v Žetalah 4. 7. 1989 največja v obdobju po letu 1951, medtem ko v Cirkulanih ni dosegla niti polovice količine iz leta 1957. Temu primerno so bile tudi posledice nalivov tega dne v zahodnem delu Halož znatno hujše kot v vzhodnem.

Tabela 3 prikazuje, kako se izmerjene količine padavin na izbranih 14 postajah ujemajo z numerično prognozo padavin po readingskem prognostičnem modelu za območje Slovenije. Vidimo, da so bile izmerjene padavine praviloma izdatnejše od numerično predvidenih. V povprečju je razmerje med padlo in prognozirano količino padavin v 11 izbranih dneh 2,81 s precejšnjim odstopanjem od te vrednosti ob posameznih dneh. Tudi prognoza povprečne količine padavin za večje območje je torej negotova, prognoza lokalnih nalivov pa sploh ni možna.

10 Tabela 1. 24-urna količina padavin v 0,1 mm, izmerjena ob 8. uri za izbrane slovenske kraje (015 Ljubljana Bežigrad, 014 letališče Brnik, 112 Postojna, 111 Ilirska Bistrica, 105 Portorož – Beli križ, 106 Nova Gorica, 008 Kredarica, 021 Šmartno pri Slovenj Gradcu, 023 Celje, 025 Maribor Tezno, 031 Murska Sobota, 121 Novo mesto, 120 Črnomelj, 024 Lisca)

Kraj	Datum													
	3. 7.	4. 7.	5. 7.	25. 7.	26. 7.	1. 8.	9. 8.	19. 8.	20. 8.	28. 8.	29. 8.	28. 9.	29. 9.	
015	253	445	175	00	57	372	247	734		769	62	293	202	
014	308	382	411	02	06	662	169	437		668	52	271	124	
112	15	25	58		18	542	327	02		200	35	660	165	
111			67		190	311	261			404	102	467	30	
105	46	132	62	00	48	264	291	03		196	98	92	09	
106	00	08	150		04	376	456	176		253	83	374	19	
008	290	374	494	191	89	932	316	348		380	104	493	746	
pz	130	195	202	28	59	494	295	243	/	410	77	379	185	
sz	145	198	178	72	65	237	88	280	/	228	27	183	259	
sz/pz	1,12	1,02	0,88	2,57	1,10	0,48	0,30	1,15	/	0,56	0,35	0,48	1,40	
021	157	607	458	80	120	509	453	237	29	406	124	493	476	
023	10	647	397	132	44	651	580	26	77	382	164	489	443	
025	96	477	272	172	367	616	309	72	112	263	145	618	416	
031	01	54	266	182	26	588	333	104	402	234	130	196	234	
121	00	395	278	210	64	202	358	00	00	508	181	672	576	
120	12	547	193	00	30	454	240			755	333	373	437	
024	33	656	189	665	83	362	550	182	00	400	200	560	504	
pv	44	483	293	206	105	483	403	89	86	421	182	486	441	
sv	60	211	100	215	120	159	128	92	145	174	72	160	106	
pv/sv	1,36	0,44	0,34	1,04	1,14	0,33	0,32	1,03	1,69	0,41	0,40	0,33	0,24	
p	87	339	248	117	82	489	349	166	44	416	130	432	313	
s	116	247	147	179	96	194	119	215	109	195	76	175	232	
s/p	1,33	0,73	0,59	1,53	1,17	0,40	0,34	1,30	2,48	0,47	0,58	0,41	0,74	

pz – povp. količina padavin za kraje zahodne Slovenije

pv – povp. količina padavin za kraje vzhodne Slovenije

p – povp. količina padavin za kraje zah. in vzh. Slovenije

sz – standardna deviacija kol. pad. za kraje zah. Slovenije

sv – standardna deviacija kol. pad. za kraje vzh. Slovenije

s – standardna deviacija kol. pad. za kraje zah. in vzh. Slovenije

Tabela 2. Dnevne in mesečne količine padavin za Cirkulane in Žetale v Haložah. Primerjava obdobja julij–avgust 1989 z obdobjem 1951–1987. Vrednosti v mm.

	Dnevni maks. julij 1989	Dnevni maks. julij 51–87	Mes. kol. padavin julij 1989	Povp. mes. kol. pad. julij 51–87	Maks. mes. kol. pad. julij 51–87
Cirkulane	49,2 (4. 7.)	123,0 (l. 57)	119,4	124,3	281,0 (l. 57)
Žetale	106,7 (4. 7.)	78,6 (l. 87)	217,9	124,0	288,0 (l. 72)
	Dnevni maks. avgust 1989	Dnevni maks. avgust 51–87	Mes. kol. padavin avgust 89	Povp. mes. kol. pad. avgust 51–87	Maks. mes. kol. pad. avgust 51–87
Cirkulane	46,7 (1. 8.)	86,4 (l. 79)	166,9	111,9	229,8 (l. 63)
Žetale	58,8 (1. 8.)	87,0 (l. 87)	216,4	112,0	233,5 (l. 72)

Tabela 3. Primerjava povprečne izmerjene količine padavin (p) za izbrane slovenske kraje (glej tabelo 1) z vrednostmi, dobljenimi po numerični prognozi (prog) v 0,1 mm.

Opomba: v dneh 20. in 28. 8. ni bilo prognozičnega materiala.

	Datum													
	3. 7.	4. 7.	5. 7.	25. 7.	26. 7.	1. 8.	9. 8.	19. 8.	29. 8.	28. 9.	29. 9.	povp.	sig.	
p	87	339	248	117	82	489	349	166	130	432	313	250	143	
prog	127	153	153	76	87	210	51	21	52	163	187	116	62	
p/prog	0,69	2,22	1,62	1,54	0,94	2,33	6,84	7,90	2,50	2,65	1,67	2,81	2,35	

Brane Gregorčič

Storms in Slovenia in 1989 and Reasons for their Formation

In July, August, and September 1989 many storms occurred in Slovenia, that due mainly to heavy convective rainfall caused damage, particularly in E and NE parts of Slovenia.

A description of the formation of convective rainfall and also an overview of such weather situations as resulted in heavy rainfall in 1989 is given. In addition, a 24-hour accumulated rainfall measured at 0600 UTC for 14 stations (7 in the west in 7 in the east half of Slovenia) is presented. The relation between standard deviation and average rainfall amounts is chosen as an estimation of uniform rainfall distribution. In the cases of frontal passages, the values of this relation was found to be less than 0.5 and for rainfall caused by superheating of the atmosphere or high level cyclones, it was found to be around 1.0 or even much higher.

In conclusion, a rough comparison between forecasted rainfall amounts by a numerical model and average recorded rainfall amounts is given. It was found that in the selected cases mentioned above the average recorded rainfall was about three times higher than that forecasted by the Reading numerical model.

UJMA UJMA