

EKSTREMNE PADAVINE OB POPLAVAH SEPTEMBRA 2010 – PRIMERJAVA S PODOBNIMA DOGODKOMA LETA 1926 IN 1933

Extreme Precipitation During the September 2010 Floods – comparison with similar events in 1926 and 1933

Mojca Dolinar*, Matija Klančar**, Gregor Vertačnik*** UDK 556.166(497.4)"2010:1926/1933"

Povzetek
Prikazana je časovno-prostorska analiza treh padavinskih dogodkov, ki so imeli za posledico obsežne in hude poplave po Sloveniji. Zbrane so bile vse meritve, ki so se za posamezne dogodke ohranile, in so bile analizirane z enotnimi metodami. Analize so pokazale na podoben časovno-prostorski vzorec pri dogodkih iz septembra 1926 in septembra 2010, padavinski dogodek iz septembra 1933 pa je bil daljši in prostorsko bolj raznolik kot druga dva. Po skupni količini padavin v celotnem padavinskem dogodku izstopa dogodek iz septembra 2010, ko je na celotnem ozemlju Slovenije padlo 10 odstotkov več padavin kot ob drugih dveh, kar se je poznalo predvsem na večjih vodotokih (srednja in spodnja Sava) in pri posledicah na teh območjih.

Abstract
The article presents a spatio-temporal analysis of three precipitation events (September 1926, September 1933 and September 2010) that resulted in severe flooding across Slovenia. All available and existent data were collected and for the first time the analysis of all three events was performed with unified methodology. The result showed a similar temporal and spatial pattern in the September 1926 and September 2010 events, while the precipitation event in 1933 was longer and spatially more diverse than the other two mentioned events. Regarding the total amount of precipitation in a precipitation event the September 2010 event stands out. At that time 10 % more precipitation fell than in the two other events. This was seen mainly in larger watercourses (srednja and spodnja Sava river) and in the consequences in this area.

Uvod

Poplave v Sloveniji spadajo med pogostejše naravne nesreče, ki povzročijo precej škode. Številna območja v kotlinah, dolinah in drugih konkavnih reliefnih oblikah so izpostavljena bolj ali manj pogostim poplavam. Poplavna območja v Sloveniji obsegajo 762 km² (Komac in sod., 2008).

O poplavah iz preteklosti je bilo veliko napisanega že v preteklih številkah Ujme (Kolbezen, 1992), sistematični pregled te naravne nesreče najdemo tudi v Trontljevi Kroniki izrednih vremenskih dogodkov XX. stoletja (Trontelj, 1997). O geografskem vidiku te naravne nesreče so med drugim obširno pisali Komac in sod. (2008).

O povodnji v letih 1926 in 1933 so veliko poročali časopisi tistega časa (Jutro, Slovenec, Slovenski narod in drugi). Tema vseh sta bili predvsem posledica poplav in škoda, ki sta ju ti dve naravni nesreči povzročili.

Z meteorološkega stališča je vzroke poplav analiziral Oskar Reya, ki je svoje ugotovitve predstavil v znanstvenih publikacijah (Reya, 1945; Reya, 1947).

* Ministrstvo za okolje in prostor RS, ARSO, Vojkova 1 b, Ljubljana, m.dolinar@gov.si

** Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Jadranska 19, Ljubljana, matija.klancar@gmail.com

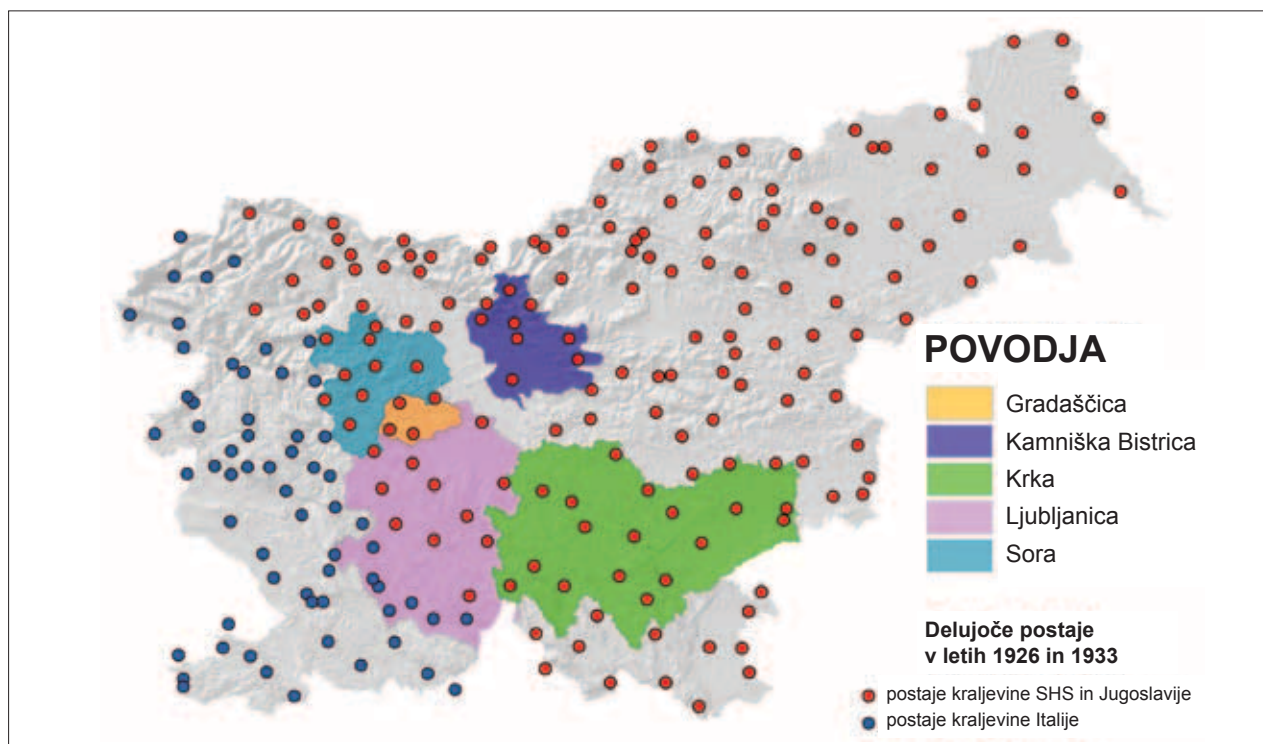
*** Ministrstvo za okolje in prostor RS, ARSO, Vojkova 1 b, Ljubljana, gregor.vertacnik@gov.si

Tema tega članka je meteorološka primerjava obsežnih poplav septembra leta 2010 s podobnima dogodkoma iz let 1926 in 1933. Predstavljen je časovni potek padavin, ki je pridobljen na podlagi vseh razpoložljivih meritev v času dogodkov. S pomočjo dodatnih digitaliziranih meritev padavin z obeh strani rapalske meje za dogodka 1926 in 1933 smo naredili časovno-prostorsko analizo vseh treh padavinskih dogodkov. Za medsebojno primerjavo je zelo pomembno, da je bila ta analiza za vse tri dogodke narejena z enotno metodologijo.

Podatki

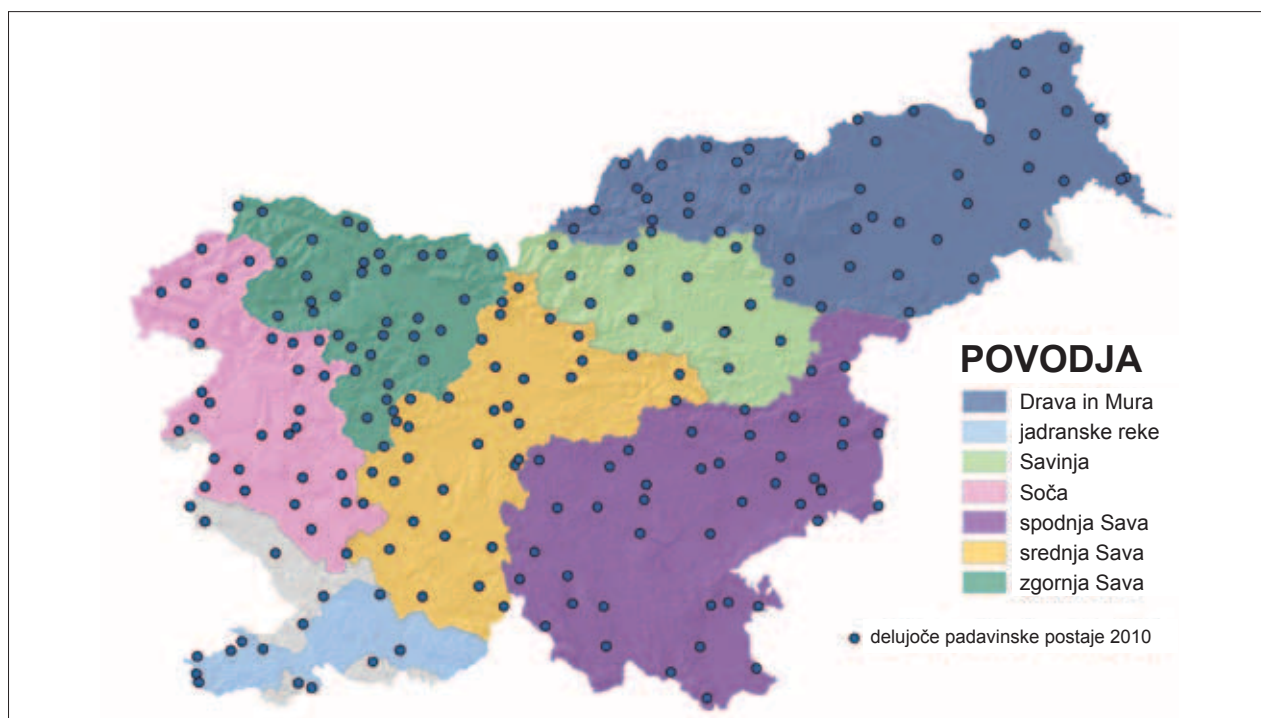
Analiza temelji na dnevni meritev padavin za vse tri padavinske dogodke. Časovno gostejši podatki (petminutne vsote padavin) so bili pred drugo svetovno vojno na voljo le za Ljubljano. Zbiranje podatkov za padavinska dogodka iz let 1926 in 1933 se je izkazalo za ne prav lahko nalogo. V tem obdobju je bilo današnje ozemlje Slovenije razdeljeno med dve državi: Kraljevino SHS (od leta 1929 Kraljevino Jugoslavijo) in Kraljevino Italijo. Vsaka izmed držav je imela drugačen režim meritev: v Kraljevini SHS so dnevne padavine merili ob 7. uri zjutraj, v Kraljevini Italiji pa ob 9. uri zjutraj. Večina padavinskih in klimatoloških postaj v zahodni Sloveniji je bila pod italijanskim okriljem (slika 1). Zaradi zgodovinsko-administrativnih

vzrokov so ti podatki ostali v italijanskih arhivih in jih v arhivu Agencije Republike Slovenije za okolje večinoma ni, zato jih je bilo treba zbrati iz številnih italijanskih arhivov. Na spletni strani Nacionalnega inštituta za raziskave in varstvo okolja so zbrana mesečna in letna poročila vseh takratnih postaj, ki so delovale v Kraljevini Italiji, med njimi tudi s postaj, ki so bile na današnjem slovenskem ozemlju (arhiv ISPRA). Iz poročil je bilo treba zbrati primerne datoteke, ki so vsebovale postaje z današnjega slovenskega ozemlja. Teh postaj je bilo leta 1926 63 in leta 1933 66. Vse podatke smo digitalizirali in jih združili s podatki postaj z ozemlja takratne Kraljevine SHS oziroma Jugoslavije. Digitalizirati je bilo treba tudi te podatke, saj je bila večina podatkov iz tega obdobja le v papirnatem arhivu Agencije RS za okolje. Za analizo padavinskih dogodkov smo uporabili podatke o dnevni višini padavin z 234 postaj za leto 1926, 228 postaj za leto 1933 (slika 1) in 221 postaj za leto 2010 (slika 2). Višinska porazdelitev postaj je v naštetih letih nekoliko različna (slika 3). Predvsem smo imeli v času med obema vojnoma večji delež postaj v pasu nad 1000 m nadmorske višine; danes je zaradi manjše poselitve v tem pasu precej manj postaj. Pred analizo je bilo treba preveriti še kakovost digitaliziranih podatkov. Precej napak se je pojavilo že v prvotnih tiskanih in papirnih arhivih (napačno postavljena decimalna mesta, zamik dnevnih meritev, napačen zapis številke), nekaj pa se jih je pojavilo tudi pri digitalizaciji.



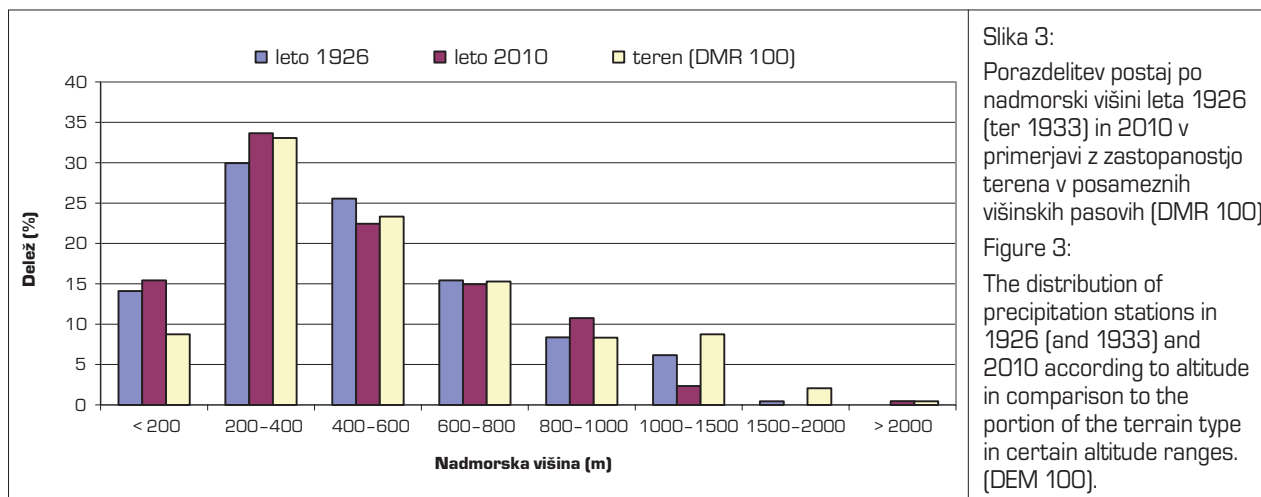
Slika 1: Postaje z meritvami dnevnih padavin leta 1926 in 1933. Z modro so označene postaje v Kraljevini Italiji, z rdečo pa postaje v Kraljevini SHS (od leta 1929 Kraljevini Jugoslaviji). Označena so tudi manjša podpovodja, ki so bila bolj prizadeta zaradi poplav in za katera smo izračunali vsote padavin med padavinskimi dogodki (glej preglednice 1, 2 in 3).

Figure 1: Precipitation measuring stations in 1926 and 1933. Stations from the territory of the Kingdom of Italy are marked with blue and stations from the territory of the Kingdom of Serbs, Croats and Slovenes (later, since 1929, the Kingdom of Yugoslavia) are marked with red. Smaller watersheds which were severely affected by floods and for which we calculated the mean precipitation value based on different precipitation events (see Table 1, 2 and 3) are also presented on the map.



Slika 2: Postaje z meritvami dnevni padavin leta 2010. Označena so večja povodja, za katera smo analizirali vsoto padavin med padavinskimi dogodki (preglednice 1, 2 in 3).

Figure 2: Precipitation measuring stations in 2010. The map presents larger river watersheds, for which the precipitation accumulation during different precipitation events was analysed (Tables 1, 2 and 3).



Slika 3: Porazdelitev postaj po nadmorski višini leta 1926 (ter 1933) in 2010 v primerjavi z zastopanostjo terena v posameznih višinskih pasovih (DMR 100)
Figure 3: The distribution of precipitation stations in 1926 (and 1933) and 2010 according to altitude in comparison to the portion of the terrain type in certain altitude ranges. (DEM 100).

Metodologija prostorske analize

Analizo prostorske porazdelitve padavin smo za vse tri padavinske dogodke naredili na podlagi meritev dnevni padavin. Polje dnevne vsote padavin smo izračunali z metodo geostatistične interpolacije, pri kateri smo za pojasnjevalne spremenljivke uporabili različne geografske spremenljivke (nadmorsko višino, geografsko širino in dolžino) ter njihove izpeljanke (oddaljenost od orografskih ovir v smeri splošnih vetrov). Ker je bila splošna cirkulacija in s tem tudi smer potovanja zračnih mas ob dogodkih različna, smo nabor značilnih pojasnjevalnih spremenljivk določili za vsak dogodek posebej, s pomočjo multivariantne regresije.

Težave pri določanju polj dnevni padavin za dogodka leta 1926 in 1933 so se pojavile zaradi prej omenjenih različnih urnikov meritev dnevni padavin v obeh državah, med kateri je bilo v tistem času razdeljeno ozemlje današnje Slovenije. Ker so bili posamezni nalivi znotraj padavinskih dogodkov večkrat presekani s časom meritve, smo pred interpolacijo dnevni padavin podatke z obeh strani meje ustrezno uskladili.

Časovno gostejše meritve (na pet minut) za padavinska dogodka v letih 1926 in 1933 so na voljo le za meteorološko postajo v Ljubljani. Na podlagi poteka petminutni padavin v Ljubljani smo določili delež padavin, ki je padel v času med meritvama na obeh straneh rapalske meje. Seveda tega deleža nismo mogli uporabiti neposredno

za uskladitev meritev, ker je v njem skrit tudi zamik padavin zaradi potovanja padavinskega sistema. Pomagali smo si še z ugotavljanjem razlik v padavinah na meji. S preprosto metodo (navadni kriging) smo izračunali padavinski polji na obeh straneh meje. Za en kilometer širok pas na rapalski meji smo izračunali porazdelitev razlik v padavinah, izračunanih enkrat z meritvami vzhodno, drugič pa z meritvami zahodno od rapalske meje. Končno smo na podlagi časovne porazdelitve padavin v Ljubljani in porazdelitve razlik v padavinah na meji določili ustrezeni popravek za uskladitev meritev z obeh strani meje. Ker je bilo večje število meritev vzhodno od meje, kjer so merili dnevne padavine ob 7. uri, tako kot danes, smo popravljali meritve zahodno od meje. Popravki navadno niso bili enotni za celotno ozemlje, temveč smo morali pri velikosti popravka upoštevati tudi hitrost in smer potovanja padavinskega sistema. Ti dve količini smo ocenili na podlagi porazdelitve razlik padavinskih polj vzdolž rapalske meje.

Analiza padavinskih dogodkov

September 1926

25. septembra je bilo nad Britanskim otočjem in Severnim morjem območje nizkega zračnega pritiska. Nad Panonsko nižino je nastal plitev ciklon. Od zahoda je nad Slovenijo pritekal z jugozahodnimi in južnimi vetrovi vlažen zrak. Vlažni vetrovi z Jadranskega morja so naslednji dan trčili ob strmo orografijo in povzročili nastanek neviht z močnimi nalivi. Sprva je največ padavin padlo na območju Tržaškega Krasa. 27. septembra 1926 zjutraj so v zahodnem delu Slovenije namerili več kot 60 mm padavin, proti vzhodu in severu se je količina padavin zelo hitro zmanjševala, na severozahodu (Štajerska, Prekmurje) so namerili manj kot 10 mm padavin

(slika 4 a). Padavinski višek je bil omejen na predele dinarske pregrade in Krasa: severni Trnovski gozd, Idrijsko hribovje, zaledje Javornikov in Snežnika ter Kras okoli Dutovelj. Največ padavin je padlo na povodju Ljubljanice, Sore, Soče in Gradaščice (preglednica 1). V dne 27. in 28. septembra se je nad severnim delom Italije razvil sekundarni ciklon, ki je vzdolž severnega Jadrana potoval proti Sloveniji. Močno deževje je zajelo tudi del severne in osrednje Slovenije. Višek padavin, izmerjen 28. septembra ob 7. uri zjutraj (slika 4 b), je bil omejen na podobno območje kot predhodni dan. V 24 urah je na območju Krasa, Trnovske planote, Idrijsko-Cerkljanskega in Polhograjskega hribovja padlo okoli 200 mm dežja. Gledano po povodjih so največ padavin (v povprečju več kot 160 mm) prejela porečja Sore, Soče in Gradaščice (preglednica 1). V naslednjih dneh se je intenziteta padavin postopno umirila (slike 4 c–4 e).

V celotnem padavinskem dogodku (od 26. septembra do 1. oktobra 1926) je več kot 300 mm padlo na območju Krasa, Idrijsko-Cerkljanskega in Polhograjskega hribovja (slika 9). Tako so največ padavin dobila porečja Soče, Sore, Ljubljanice in Gradaščice. Najbolj kritično je bilo na Gradaščici, kjer so povprečne padavine na povodju dosegle skoraj 300 mm, kar pomeni kar 4,6 milijonov m³ padavinske vode. Osrednja Slovenija z Ljubljano pa je do tedaj prejela eno največjih izmerjenih količin dežja v tako kratkem časovnem obdobju.

September 1933

Leta 1933 se je izjemen padavinski dogodek začel 20. septembra, večjo količino padavin pa so zabeležili ob meritvah 21., 22. in 23. septembra 1933 (slika 5). V primerjavi z dogodkom leta 1926, ko je bil padavinski višek precej stacionaren, se je tokrat selil po različnih območjih Slovenije. 20. septembra se je ciklonsko ob-

Povodje	Površina (km ²)	Padavine (mm)					Vsota
		27. 9.	28. 9.	29. 9.	30. 9.	1. 10.	
Drava in Mura	4614	4,7	73,2	20,0	21,3	3,0	122,2
jadranske reke	881	30,3	74,3	25,4	9,7	0,8	140,5
Savinja	1852	15,8	115,8	26,8	16,0	3,4	177,7
Soča	2295	52,7	173,6	26,6	9,1	6,7	268,9
spodnja Sava	4684	27,6	55,1	28,4	23,3	4,8	139,1
srednja Sava	3044	47,2	122,9	34,7	17,6	3,4	225,8
zgornja Sava	2171	33,9	117,1	26,1	14,4	10,2	201,6
Kamniška Bistrica	539	30,1	132,5	31,4	11,4	3,1	208,5
Krka	2239	33,7	52,3	28,0	24,5	5,9	144,4
Ljubljanica	1737	60,5	121,2	37,2	21,8	3,6	244,4
Sora	648	61,4	166,8	29,7	13,6	6,3	277,8
Gradaščica	154	56,1	186,3	34,3	15,3	4,8	296,8

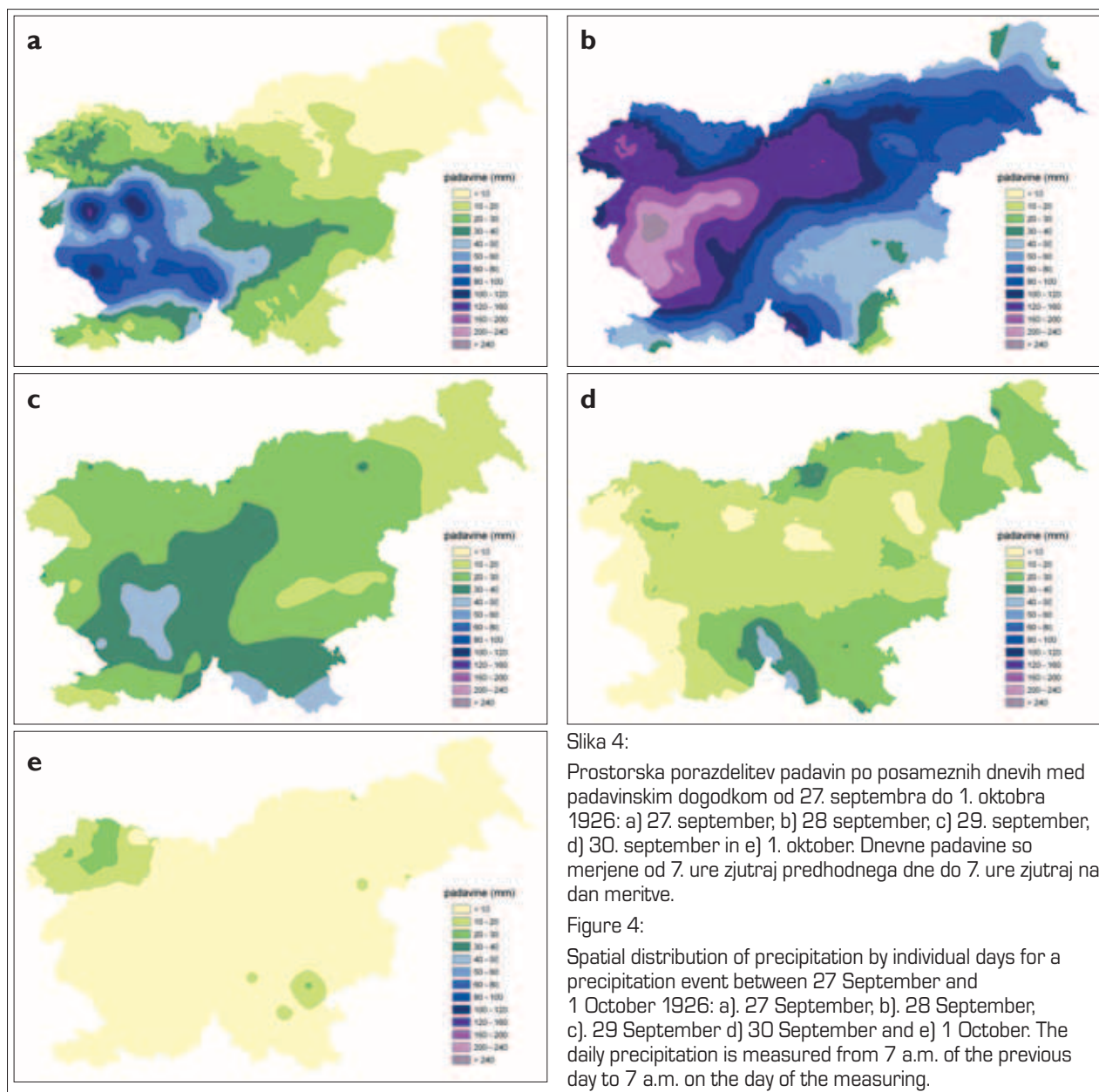
Preglednica 1: Povprečne dnevne padavine na povodju za padavinski dogodek septembra 1926. Povodja večjih vodotokov so označena na sliki 2, manjša podpovodja, ki so bila močnejše prizadeta ob določenih padavinskih dogodkih, pa na sliki 1. Vsa povodja so označena tudi na sliki 8.

Table 1: Mean daily precipitation on the watershed for a precipitation event in September 1926. Larger watersheds are indicated on Figure 2, smaller watershed on Figure 1. All watershed boundaries are also indicated on Figure 8.

Povodje	Površina [km ²]	Padavine (mm)						Vsota
		20. 9.	21. 9.	22. 9.	23. 9.	24. 9.	25. 9.	
Drava in Mura	4614	0,9	10,5	30,0	28,2	15,1	6,1	90,8
jadranske reke	881	1,3	30,9	64,6	35,2	15,9	2,8	150,8
Savinja	1852	1,2	27,2	50,6	102,0	29,0	5,4	215,4
Soča	2295	0,8	52,2	85,3	42,9	21,8	8,7	211,7
spodnja Sava	4684	1,1	37,8	25,9	80,4	23,7	4,9	173,8
srednja Sava	3044	1,8	52,8	61,3	94,4	31,9	5,3	247,4
zgornja Sava	2171	2,4	29,1	90,8	68,2	35,2	4,5	230,2
Kamniška Bistrica	539	1,7	31,3	69,8	120,0	33,5	7,8	264,1
Krka	2239	1,9	47,3	32,9	94,4	28,4	4,2	209,2
Ljubljana	1737	1,9	69,5	63,0	84,2	31,4	4,2	254,1
Sora	648	2,0	35,1	82,5	64,5	33,9	4,0	222,0
Gradaščica	154	2,2	34,3	55,5	79,5	36,8	1,8	210,0

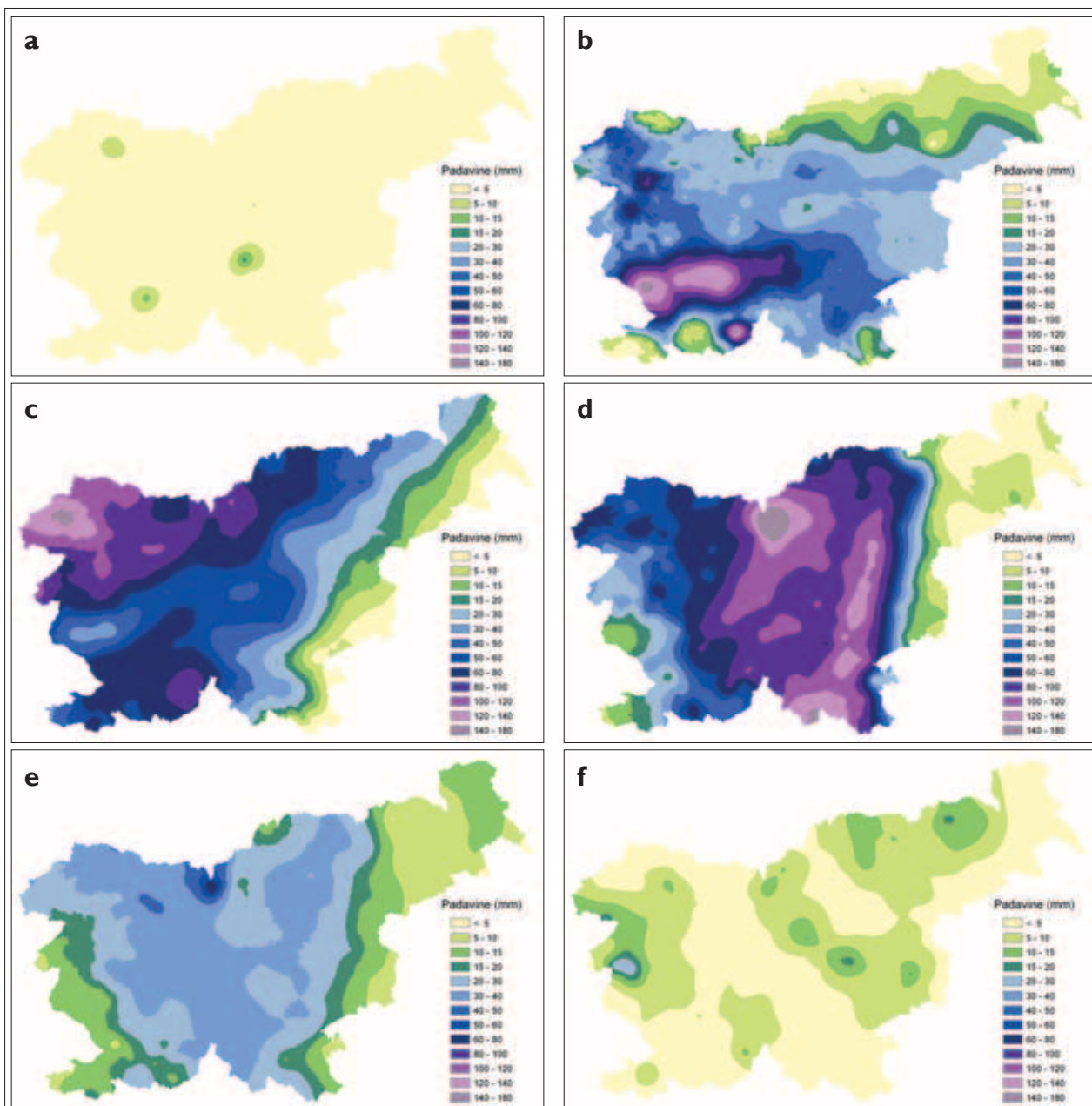
Preglednica 2: Povprečne dnevne padavine na povodju za padavinski dogodek septembra 1933. Povodja večjih vodotokov so označena na sliki 2, manjša podpovodja, ki so bila močnejše prizadeta ob določenih padavinskih dogodkih, pa na sliki 1. Vsa povodja so označena tudi na sliki 9.

Table 2: Mean daily precipitation on a watershed for a precipitation event in September 1933. Larger watersheds are indicated on Figure 2, smaller watershed on Figure 1. All watershed boundaries are also indicated on Figure 9.



močje iznad Britanije pomikalo proti jugovzhodu. Do 21. septembra ob 7. uri zjutraj je več kot 100 mm (lokalno več kot 150 mm) padavin padlo v pasu od Krasa do območja Postojne (slika 5 b). Velika spremenljivost v prostorski porazdelitvi padavin na ta dan kaže, da je šlo za konvektiven proces z močnimi lokalnimi nalivi. Ciklonsko območje se je nato pomikalo prek Alp, padavinski maksimum se je preselil na skrajni severozahodni del Slovenije. Dnevna vsota je tam sicer presegla 100 mm, kar pa za to območje ni nič nenavadnega (slika 5 c). Naslednji dan, 22. septembra, je ciklon prešel Slovenijo in se popoldne umaknil prek Alp proti severu.

Nad Tirenskim morjem se je naredil nov sekundarni ciklon, ki je s seboj prinesel močno deževje. Lokalna cirkulacija se je spremenila, zračne mase, ki so k nam prihajale z juga, so povzročile zelo močne padavine v pasu od Kočevskega hribovja na jugu do Pohorja in Kamniško-Savinjskih Alp na severu (slika 5 d). Zanimiv je izjemno velik horizontalni gradient padavin od omenjenega pasu proti vzhodu. Na razdalji manj kot 30 km je dnevna količina padavin padla s 120 mm na manj kot 15 mm. Deževje se je naslednji dan uneslo in 24. septembra ob 7. uri so več kot 50 mm padavin izmerili le še na območju Kamniško-Savinjskih Alp.



Slika 5: Prostorska porazdelitev padavin po posameznih dnevih med padavinskim dogodkom od 20. do 25. septembra 1933: a) 20. september, b) 21. september, c) 22. september, d) 23. september, e) 24. september in f) 25. september. Dnevne padavine so merjene od 7. ure zjutraj predhodnega dne do 7. ure zjutraj na dan meritve.

Figure 5: Spatial distribution of precipitation by individual days for a precipitation event between 20 and 25 September 1933: a) 20 September, b) 21 September, c) 22 September, d) 23 September, e) 24 September and f) 25 September. The daily precipitation is measured from 7 a.m. of the previous day to 7 a.m. on the day of the measuring.

Ker se je padavinski višek med padavinskim dogodkom selil, so bila zaradi velike količine padavin prizadeta številna povodja (preglednica 2). Najbolj med njimi Ljubljana 21. septembra in Kamniška Bistrica ter Savinja 23. septembra.

September 2010

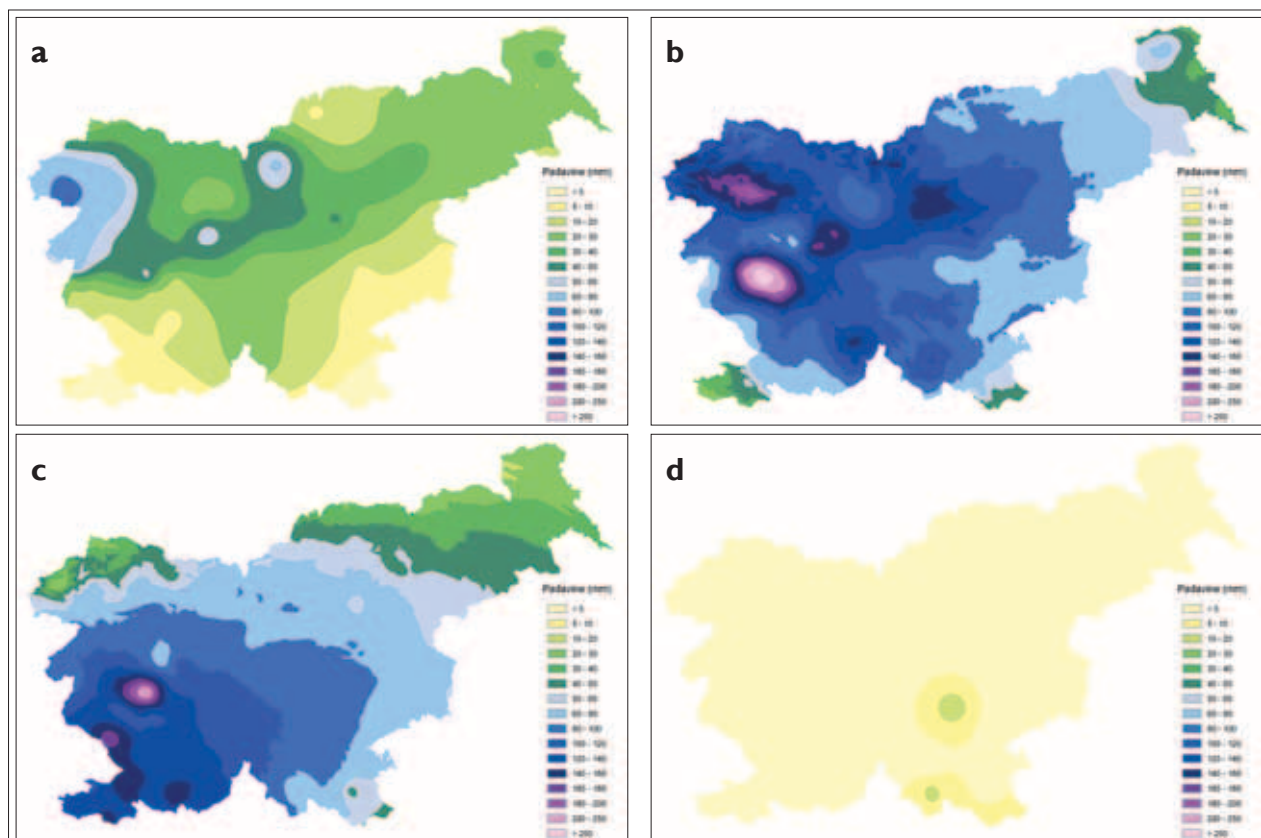
15. septembra je bilo nad severno Evropo obsežno in globoko območje nizkega zračnega pritiska, ki je segalo tudi nad severni del srednje Evrope. Hladna fronta se je od severozahoda počasi bližala Alpam. V višinah je bilo na omenjenem območju obsežno jedro hladnega zraka. Hkrati je zahodno od Pirenejskega polotoka nastalo plitvo ciklonsko območje z manjšim jedrom hladnega in vlažnega zraka, ki se je pomikalo proti Pirenejskemu polotoku. Ta dan je bilo pri nas še sončno in toplo, čez dan je bilo na nebu precej srednje in visoke oblačnosti – prvi znaki bližajoče se vremenske fronte. Zapihal je jugozahodni veter.

Naslednji dan, v četrtek, 16. septembra, območje nizkega zračnega pritiska svoje lege nad severno Evropo ni bistveno spremenilo. Oblačnost hladne fronte je dosegla Slovenijo. Ponekod v severni in osrednji Sloveniji je občasno že deževalo. Ob morju je pihal jugo. V naslednji noči se je dež okrepil in razširil nad vso Slovenijo (sli-

ka 8 a). Do 7. ure zjutraj 17. septembra je v severni polovici Slovenije padlo več kot 20 mm padavin, največ v Posočju (slika 6 a).

Medtem se je drugo ciklonsko območje nad Pirenejskim polotokom nekoliko poglobilo in se v petek, 17. septembra, pomikalo proti severni Italiji. Nad Slovenijo in okolico se je vzpostavila praktično nepremična frontalna cona (slika 7 a). Od severa je v nižjih plasteh ozračja proti nam prodiral hladnejši zrak, na sprednji strani sredozemskega ciklona pa je proti Alpam narivalo toplo in z vlago nasičeno zračno maso. Čez dan je bilo nad Slovenijo oblačno s padavinami, deloma v obliki nalivov (slika 8 b). Največ dežja je padlo v zahodni in osrednji Sloveniji. V noči na 18. september se je dež večinoma še okrepil, v zahodni polovici Slovenije so bile tudi krajevne nevihte (sliki 6 b in 8 c).

V soboto, 18. septembra, se je območje nizkega zračnega pritiska nad severno Evropo že nekoliko izpolnilo, svoje lege pa ni bistveno spremenilo. Plitev sredozemski ciklon je na svoji poti proti vzhodu dosegel severno Sredozemlje. Pri nas je bilo čez dan oblačno in deževno, čeprav se je intenziteta padavin nekoliko zmanjšala. Predvsem v severovzhodni Sloveniji je dež tudi za krajši čas ponehal. Popoldne in zvečer se je dež na zahodu spet okrepil, na Primorskem so bile zvečer nevihte (slika 8 d).



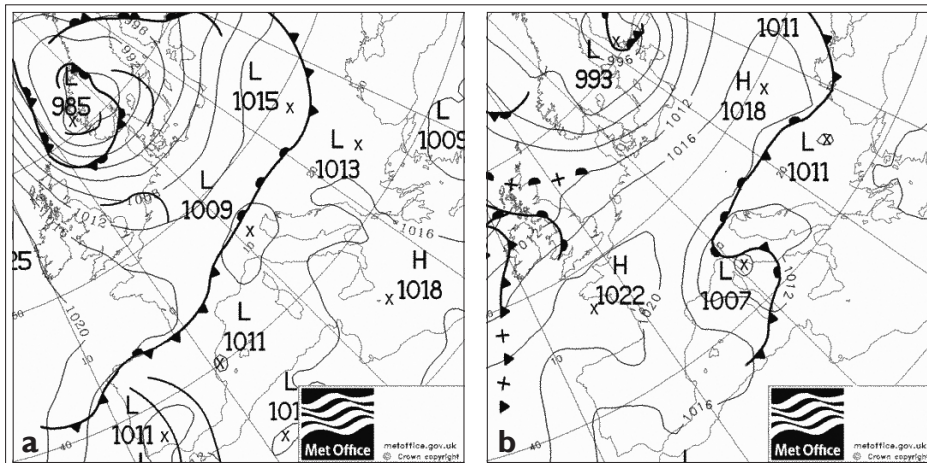
Slika 6: Prostorska porazdelitev padavin po posameznih dnevih med padavinskim dogodkom od 17. do 20. septembra 2010: a) 17. september; b) 18. september; c) 19. september in d) 20. september. Dnevne padavine so merjene od 7. ure zjutraj predhodnega dne do 7. ure zjutraj na dan meritve.

Figure 6: Spatial distribution of precipitation by individual days for a precipitation event between 17 and 20 September 2010: a). 17 September, b). 18 September, c). 19 September and d) 20 September. The daily precipitation is measured from 7 a.m. of the previous day to 7 a.m. on the day of the measuring.

V noči na 19. september se je ciklon pomikal južno od nas proti srednjemu Jadranu in s seboj »potegnili« tudi vremensko fronto (slika 7 b). Dež je zajel vso državo, padavine so bile najbolj obilne v jugozahodnem delu Slovenije (slika 6 c). Od nedeljskega jutra je dež slabel in od severozahoda ponehal, najpozneje sredi dneva v jugovzhodnem delu Slovenije (slika 6 d). Od severozahoda

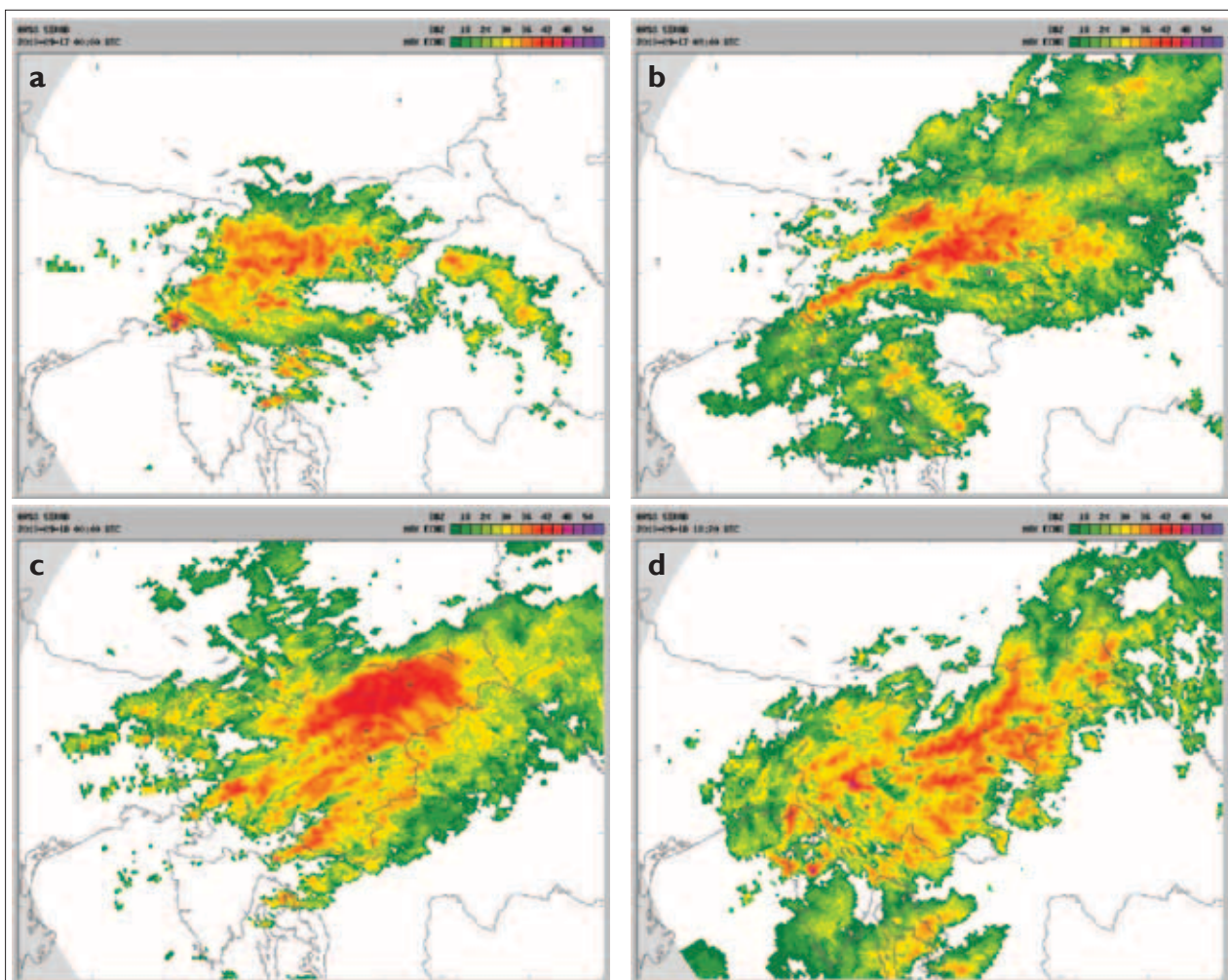
se je začelo jasni. Na Primorskem je pihala zmerna do močna burja. Slovenijo je čez dan prešla os višinske doline, veter v višinah se je obrnil v severozahodno smer.

Največ padavin je od četrтка popoldne oziroma zvečer do nedelje zjutraj padlo na območju med Ajdovščino in Idrijo, lokalno več kot 500 mm (slika 11). Marsikje v



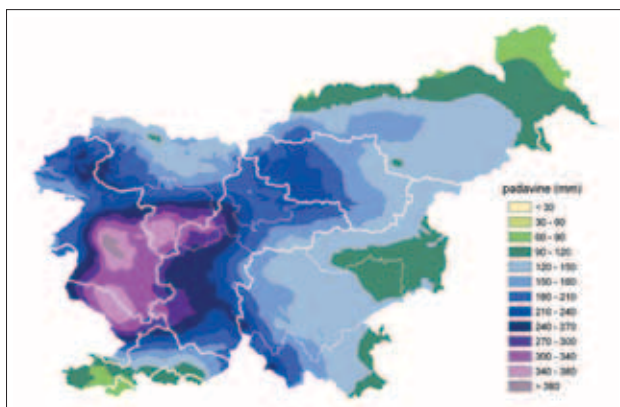
Slika 7:
Sinoptično stanje nad Evropo:
a) 17. septembra 2010
in b) 19. septembra 2010
(vir: Met Office)

Figure 7:
Synoptic situation over
Europe on a), 17 September
2010 and b), 19 September
2010 (Source: Met Office)



Slika 8: Radarska slika padavin meteorološkega radarja na Lisci nad Sevnico: a) 17. septembra ob 2.00 po srednjeevropskem času, b) 17. septembra ob 11.40, c) 18. septembra ob 2.40 in d) 18. septembra ob 20.20

Figure 8: Radar precipitation image taken from a meteorological radar at Lisca above Sevnica: a) 17 September at 2.00 Central European Time, b) 17 September at 11.40, c) 18 September at 2.40 and d) 18 September at 20.20



Slika 9: Prostorska porazdelitev petdnevne vsote padavin, ki so padle med 7. uro 26. septembra in 7. uro 1. oktobra 1926. Z debelejšo svetlo črto so označene meje večjih povodij (glej sliko 2), s tanjšo pa meje manjših podpovodij (glej sliko 1).

Figure 9: Spatial distribution of a 5 day sum of precipitation between 7 a.m. on 26 September and 7 a.m. on 1 October 1926. The thick line indicates borders between larger watersheds (Figure 2), while a thin line indicates borders between smaller sub-watersheds (Figure 1).

osrednji in zahodni Sloveniji je padavinska vsota presegla 200 mm, na številnih postajah je glavina padavin padla v 24-urnem obdobju. Zlasti na Primorskem so se pojavljali tudi močnejši nalivi.

Na ozemlju Slovenije je v 48 urah, od petka do nedelje zjutraj, v povprečju padlo od 170 do 180 mm padavin, kar je največja količina v takem časovnem obdobju, vsaj v zadnjih 60 letih. Številne postaje so dosegle ali presegle 100-letno povratno dobo za dvodnevno vsoto padavin (preglednica 4), zlasti v južni, osrednji in zahodni Sloveniji. Na severovzhodu, severozahodu in ponekod v zahodni

Sloveniji deževje ni bilo izjemno, povratna doba večinoma ni preseglala petih let.

Tudi tokrat so bila zaradi izjemne količine padavin prizadeta številna povodja. Do 18. septembra zjutraj se je največ dežja izlilo v povodje Gradaščiice, naslednji dan pa v povodje Ljublanice (preglednica 3). Skozi ves padavinski dogodek je prav tako izstopalo povodje Gradaščiice, kjer je v povprečju padlo skoraj 300 mm padavin, prav toliko kot med poplavnim dogodkom leta 1926. Le nekoliko manj padavin so dobila povodja Soče (z maksimumom na Vipavi), Ljublanice, Sore in Kamniške Bistrice. Če gledamo širše območje, močno izstopa povodje srednje Save s prostorskim povprečjem padavin okoli 250 mm.

Primerjava padavinskih dogodkov

Glede na splošno cirkulacijo v ozračju ter časovno in prostorsko porazdelitev padavin sta si precej podobna padavinska dogodka iz leta 1926 in 2010. Oba sta bila razmeroma kratka z lokalno zelo intenzivnimi padavinami (slika 13). Predvsem sta si dogodka podobna po prostorskem vzorcu višine padavin. V obeh primerih je na severnem delu Trnovske planote padlo tudi več kot 380 mm padavin, območje obilnejših padavin pa je bilo omejeno na Dinarsko-Alpsko pregrado in se je prek Ljubljanske kotline razširilo na območje južnih Kamniško-Savinjskih Alp in severozahodnega Posavskega hribovja. Zanimiv je lokalni minimum v zavetrju Trnovske planote, v povodju Sore ob dogodku leta 2010, ki kaže na nekoliko drugačne vremenske razmere kot leta 1926. Tudi porazdelitev padavin po povodjih je bila ob dogodkih leta 1926 in 2010 podobna, z viški na Gradaščiici, Soči (maksimum na Vipavi), Ljublanici in Sori (slika 12). V primerjavi z dogodkom leta 1926 je ob padavinskem dogodku leta 2010 padlo bistveno več dežja na povodjih Savinje,

Povodje	Površina (km ²)	Padavine (mm)				Vsota
		17. 9.	18. 9.	19. 9.	20. 9.	
Drava in Mura	4614	23,8	67,9	40,0	0,8	132,5
jadranske reke	881	7,8	68,5	134,2	1,4	211,9
Savinja	1852	34,2	108,7	66,5	0,7	210,1
Soča	2295	51,6	134,2	97,9	0,0	283,7
spodnja Sava	4684	14,2	83,8	80,0	4,0	182,0
srednja Sava	3044	31,1	119,2	101,2	1,1	252,6
zgornja Sava	2171	38,6	119,7	66,9	0,3	225,6
Kamniška Bistrica	539	41,8	122,8	77,0	0,3	241,7
Krka	2239	15,9	89,6	90,3	4,4	200,1
Ljublanica	1737	25,3	118,9	115,7	1,2	261,2
Sora	648	37,2	117,6	86,6	0,6	242,0
Gradaščiica	154	46,2	150,8	98,5	0,7	296,3

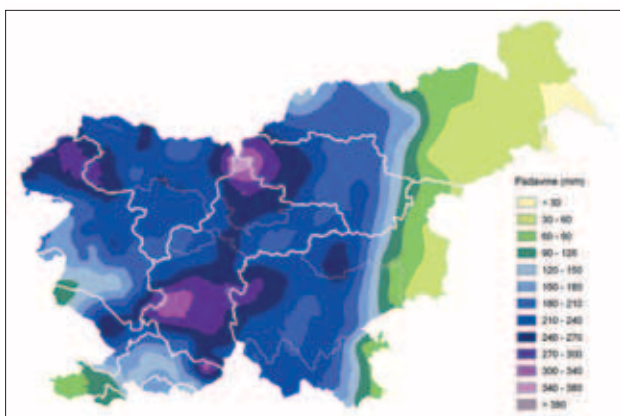
Preglednica 3: Povprečne dnevne padavine na povodju za padavinski dogodek septembra 2010. Povodja večjih vodotokov so označena na sliki 2, manjša podpovodja, ki so bila močnejše prizadeta ob določenih padavinskih dogodkih, pa na sliki 1. Vsa povodja so označena tudi na sliki 10.

Table 3: Mean daily precipitation on a watershed for a precipitation event in September 2010. Larger watersheds are indicated on Figure 2, smaller watershed on Figure 1. All watershed boundaries are also indicated on Figure 10.

Postaja	Dvodnevna vsota (mm)	Povratna doba (leto)	Prejšnji rekord	Datum
Otlica	498	> 100	265	13. 6. 1982
Hotedršica	279	> 100	229	12. 12. 2008
Ajdovščina	271	> 100	265	28. 9. 1926
Ljubljana Bežigrad	227	> 100	200	28. 9. 1926
Dobrnič	201	> 100	116	27. 11. 2005
Celje	183	> 100	162	23. 9. 1933
Zgornje Loke pri Blagovici	220	> 100	186	28. 9. 1926
Laško	186	> 100	160	24. 9. 1933
Topol pri Medvodah	259	100	326	28. 9. 1926
Postojna	228	100	253	28. 9. 1926
Kočevje	191	100	182	1. 8. 1941
Novo mesto	148	100	125	29. 9. 1989
Škofja Loka	213	100	231	28. 9. 1926
Godnje	252	100	384	28. 9. 1926
Logatec	267	100	243	16. 8. 1963
Zalošče	246	100	191	19. 10. 1961
Letališče Portorož	152	25	147	23. 9. 1996
Letališče ER Maribor	103	10	141	5. 8. 2009
Mrzla Rupa	261	5	357	7. 2. 1951
Nova Gorica	153	5	319	7. 10. 1987
Kredarica	166	5	240	14. 11. 1969
Murska Sobota	72	5	138	15. 7. 1972
Žiri	132	5	338	28. 9. 1926
Bovec	157	skoraj vsako leto	584	14. 11. 1969

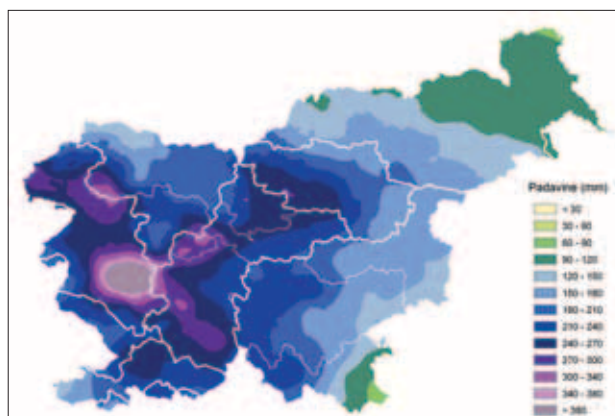
Preglednica 4: Dvodnevna vsota padavin (mm), od 8. ure 17. septembra do 8. ure 19. septembra na nekaterih meteoroloških postajah. Dodana je ocenjena povratna doba v letih in za rekord do avgusta 2010 (za nekatere postaje smo upoštevali tudi podatke bližnjih postaj v preteklosti). Nove rekordne vrednosti so označene s krepkim rdečim tiskom.

Table 4: A 2-day precipitation sum (mm) (from 8 a.m. on 17 September to 8 a.m. on 19 September) with a corresponding return period (years) for selected meteorological stations and a record value by August 2010. Measurements for some meteorological stations were taken from former neighbouring measuring stations. New record values are marked in bold red text.



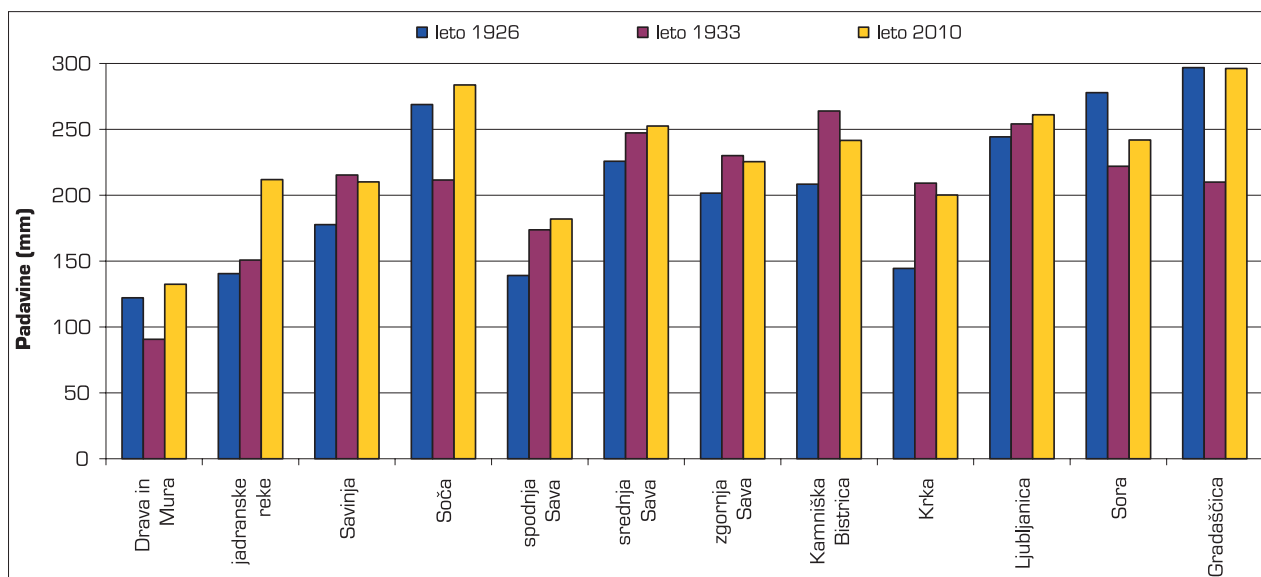
Slika 10: Prostorska porazdelitev šestdnevne vsote padavin, ki so padle med 7. uro 19. in 7. uro 25. septembra 1933. Z debelejšo svetlo črto so označene meje večjih povodij (glej sliko 2), s tanjšo pa meje manjših podpovodij (glej sliko 1).

Figure 10: Spatial distribution of a 6 day sum of precipitation between 7 a.m. on 19 September and 7 a.m. 25 September 1933. The thick line indicates borders between larger watersheds (Figure 2), while a thin line indicates borders between smaller sub-watersheds (Figure 1).



Slika 11: Prostorska porazdelitev štiridnevne vsote padavin, ki so padle med 8. uro 16. in 8. uro 20. septembra 2010. Z debelejšo svetlo črto so označene meje večjih povodij (glej sliko 2), s tanjšo pa meje manjših podpovodij (glej sliko 1).

Figure 11: Spatial distribution of a 4 day amount of precipitation between 8 a.m. on 16 September and 8 a.m. on 20 September. The thick line indicates borders between larger watersheds (Figure 2), while a thin line indicates borders between smaller sub-watersheds (Figure 1).



Slika 12: Prostorsko povprečje padavin na povodju za posamezen dogodek, ki je povzročil poplave (septembra 1926, septembra 1933 in septembra 2010). Večja povodja so označena na sliki 2, manjša na sliki 1. Za posamezen dogodek je prikazana vsota padavin, ki je padla med celotnim dogodkom: leta 1926 je to petdnevna vsota padavin, ki je padla med 7. uro 26. septembra in 7. uro 1. oktobra 1926, leta 1933 šestdnevna vsota padavin, ki je padla med 7. uro 19. in 7. uro 25. septembra in leta 2010 dvodnevna vsota padavin, ki je padla med 7. uro 17. in 7. uro 19. septembra.

Figure 12: Spatial mean of precipitation in a watershed area for an individual event resulting in floods (September 1926, September 1933 and September 2010). Larger watersheds are indicated on Figure 2, smaller on Figure 1. For every event a precipitation sum is calculated for the entire event: a 5 day precipitation sum for a precipitation event in 1926 (between 7 a.m. on 26 September and 7 a.m. 1 October), a 6 day precipitation sum for a precipitation event in 1933 (between 7 a.m. on 19 September and 7 a.m. 25 September) and 4 day precipitation sum for a precipitation event in 2010 (between 8 a.m. on 16 September and 8 a.m. on 20 September).

Kamniške Bistrice, Krke in jadranskih rek, kar je imelo za posledico obširnejše poplave. Precej drugačen od omejenih dveh je bil padavinski dogodek leta 1933. Območje najboljnejših padavin je bilo večje in pomaknjeno vzhodnej, vendar dnevni ekstremi razen redkih izjem niso presegli 150 mm. Dotok zračnih mas se je med dogodkom bistveno spreminjal, padavinski maksimum pa se je zato premikal po državi. V tem dogodku po prejeti količini padavin izstopajo povodja Kamniške Bistrice, Savinje, Krke in Ljubljane.

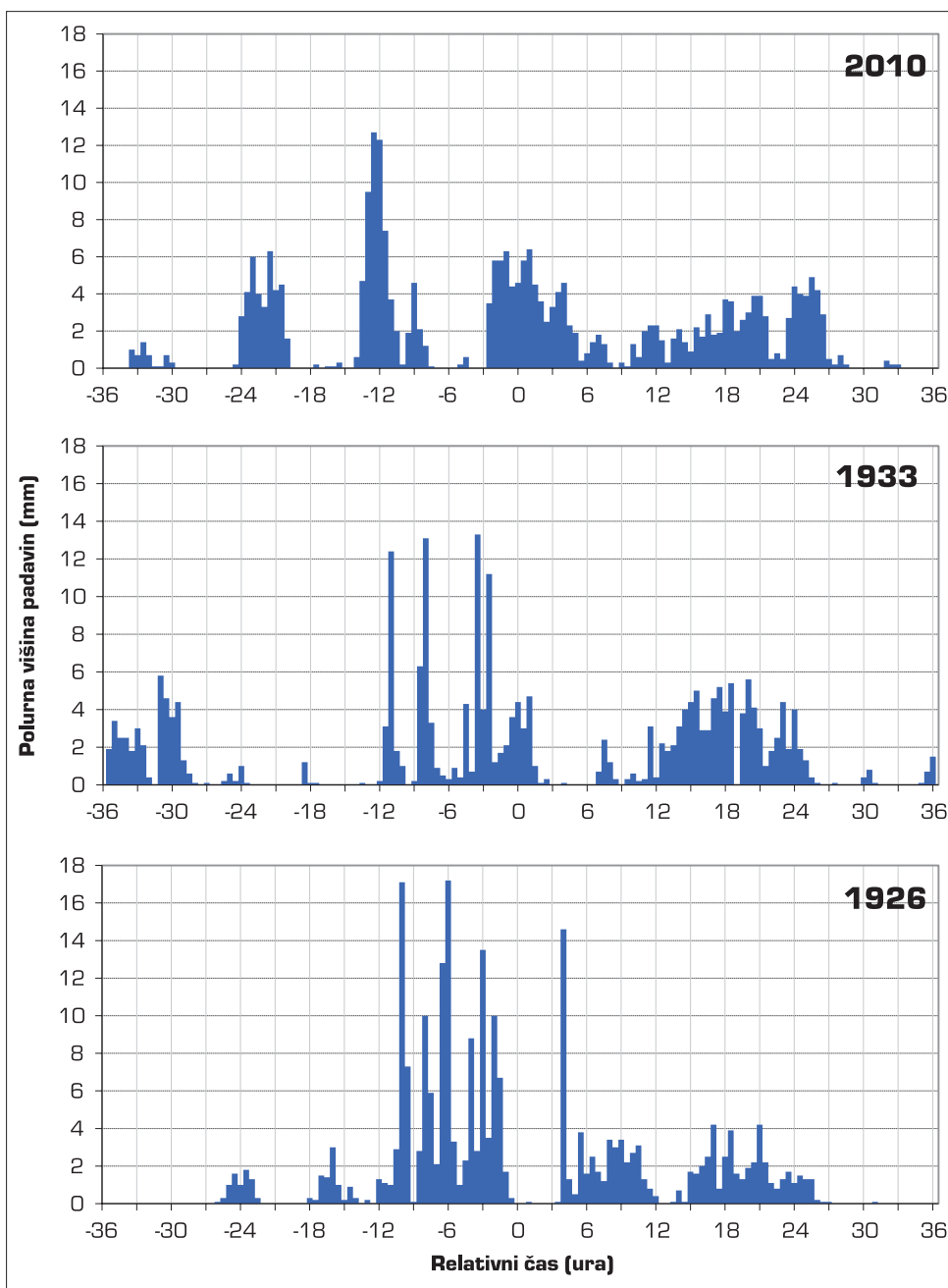
Nekoliko drugačno stanje se pokaže, če pogledamo, koliko padavin je ob določenem padavinskem dogodku padlo na območju celotne Slovenije (preglednica 5). Ploskovno povprečje za Slovenijo je bilo v letih 1926 in 1933 skoraj enako (175 oziroma 179 mm), ob zadnjih septembrskih poplavah pa je bilo precej višje (202 mm).

Leto	Povprečne padavine (mm)
1926	175
1933	179
2010	202

Preglednica 5: Povprečne padavine na območju vse Slovenije za posamezen padavinski dogodek
Table 5: Mean precipitation amount for the entire Slovenian territory for an individual precipitation event.

Sklepne misli

V prispevku smo se omejili le na meteorološko analizo teh padavinskih dogodkov. Vsem obravnavanim dogodkom so sledile zelo obsežne poplave. Prvič doslej je bila narejena popolna časovno-prostorska analiza dogodkov na podlagi vseh dostopnih meritev višine padavin. Pokazala je podobnosti in razlike med dogodki. Po časovno-prostorskem vzorcu (in hkrati tudi sinoptičnem stanju) sta si bolj podobna padavinska dogodka iz let 1926 in 2010, ko je največ padavin v obliki intenzivnih nalivov padlo na povodjih Gradašnice, Ljubljane, Sore in Vipave. Ob padavinskem dogodku leta 1933 padavinski maksimum ni bil tako stacionaren kot pri drugih dveh, temveč se je iz dneva v dan selil po državi. Glede na skupno količino padavin pa izstopa zadnji dogodek, iz septembra 2010. Poleg omenjenih maksimumov na povodju Gradašnice, Ljubljane, Sore in Vipave je tedaj padlo zelo veliko padavin na celotnem povodju srednjega toka Save. Posledično je Sava dosegla rekordno visoke pretoke, povzročala je poplave v srednjem in spodnjem toku. Zaježila je tudi Krka, na povodju katere je prav tako padlo sicer ne rekordno, vendar kljub temu izjemno veliko padavin. Na podlagi opisane meteorološke analize je narejena tudi podrobna hidrološka primerjava vseh treh poplavnih dogodkov (Kobold, Primerljivost poplave septembra 2010 z zabeleženimi zgodovinskimi poplavnimi dogodki, ta številka Ujme).



Slika 13:
 Časovni potek (polurna višina padavin) močnega deževja v Ljubljani od 26. 9. 1926 popoldne do 28. 9. 1926 popoldne (spodaj), od noči 20./21. 9. 1933 do 24. 9. 1933 zjutraj (na sredini) in od 16. 9. 2010 popoldne do 19. 9. 2010 dopoldne (zgoraj). Čas je centriran okoli sredine dogodka.

Figure 13:
 A time course of the precipitation amount in 30 minutes during heavy rain in Ljubljana recorded between the afternoon of 26 September 1926 until the afternoon of 28 September 1926 (lower graph), between the evening of 21 September 1933 and the morning of 24 September 1933 (middle graph) and between the afternoon of 16 September 2010 and the morning of 19 September 2010 (upper graph). The time is centered around the middle of the event.

Viri in literatura

1. Arhiv ISPRA, Annali Idrologici, na spletu. <http://www.annali.apat.it/site/it-IT/>.
2. Arhiv ponovnih analiz Državnih središč za okoljske napovedi (NCEP): <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaeur.html>.
3. Arhiv radarskih slik ARSO.
4. Arhiv sinoptičnih vremenskih kart: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxsem.html>.
5. ARSO, 2010. Izjemno obilne padavine od 16. do 19. septembra 2010. Dosegljivo na: <http://www.meteo.si/met/sl/climate/natural-hazards/>.
6. Digitalna knjižnica Slovenije: časniki Jutro, Slovenec, Slovenski narod. Dosegljivo na <http://www.dlib.si>.
7. Reya, O., 1945. Najvišje dnevne padavine v Sloveniji. Ljubljana, Zavod za meteorologijo in geodinamiko Univerze v Ljubljani, 17 str.
8. Reya, O., 1947. Močna in dolga deževja v Ljubljani. Ljubljana, 14 str.
9. Kolbezen, M., 1992. Velike poplave in povodnji na Slovenskem – II. Ujma, 214–219.
10. Komac, B., Natek, K., Zorn, M., 2008. Geografski vidiki poplav v Sloveniji. Geografija Slovenije 20, 183 str.
11. Meteorološki arhiv ARSO.
12. Trontelj, M., 1997. Kronika izrednih vremenskih dogodkov XX. stoletja. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, 138 str.