

# Hidrološka analiza poplav za porečje Savinje

Urban Jakop\*, Mira Kobold\*\*, Mojca Šraj\*

## Povzetek

Porečje Savinje je eno najbolj poplavno ogroženih območij v Sloveniji. Njeno porečje se razprostira od Savinjskih Alp in Karavank preko Celjske kotline do izliva v Savo. Savinja je po naravi hudourniška reka, hudourniški značaj pa ima tudi pretežna večina njenih pritokov. Za Savinjo in pritoke so značilna velika nihanja v pretokih. Močnejše padavine povzročijo izredno hitre poraste pretokov. Do razlivanja vodotokov lahko pride v zelo kratkem času od nastopa padavin skoraj na celotnem porečju. Najbolj poplavno ogroženi sta mesti Celje in Laško ter manjši kraji v zgornjem delu porečja, kjer poplavlja manjši hudourniški vodotoki. S hidrološko analizo poplav za porečje Savinje smo ugotovili, da poplave povzročijo predvsem močne in intenzivne jesenske padavine. Velik vpliv na obseg poplav ima tudi predhodna namočenost, ki močno zmanjša sposobnost zadrževanja padavin na porečju in s tem poveča površinski odtok. Trajanje poplavnih valov je kratko. Poplavna konica je običajno dosežena znotraj enega dneva, lahko pa se zgodi samo v nekaj urah. Z analizami mesečnih ekstremov smo ugotovili, da lahko največ poplavnih dogodkov pričakujemo novembra in oktobra.

**Ključne besede:** poplave, padavine, odtok, porečje Savinje, hidrološka analiza

**Key words:** floods, precipitation, runoff, Savinja River basin, hydrological analysis

## Uvod

Porečje Savinje je eno najbolj poplavno ogroženih območij v Sloveniji in spada v okvir 61 območij pomembnega vpliva poplav, ki jih je razglasila država (MOP, 2015). Poplave Savinje niso novost, saj je Savinja poplavljalna že v daljni preteklosti (Trontelj, 1997). Manjše poplave ob Savinji se dogajajo skoraj vsako leto (MOP, 2013). Pogoste pa so tudi velike poplave, ki povzročajo ogromno materialno škodo in ogrožajo človeška življenja. Intenziteta večjih poplav se je po letu 1990 precej povečala (Kobold, 2011). Zaradi širitve urbanizacije na poplavna območja, pa tudi zaradi sprememb podnebnih razmer škoda ob poplavah narašča (MOP, 2015).

Porečje Savinje ima zelo razvito rečno mrežo, ki pa je brez naravnih površinskih zadrževalnikov voda, z izjemo poplavnih območij dolin, na katerih se za krajši čas zadržijo visokovodni valovi (MOP, 2015). Po naravi je Savinja hudourniška reka, hudourniški značaj pa ima tudi pretežna večina njenih pritokov. Hudourniške poplave so kratkotrajne in izjemno silovite, povzročajo pa jih razmeroma kratkotrajne in intenzivne padavine, bodisi ob poletnih neurjih bodisi ob jesenskih deževjih (Komac in ostali, 2008). Zaradi hitrega odtoka je hidrogram pri hudourniških poplavah kratek, konica pa zelo izrazita in lahko nastopi zelo hitro. Zaradi teh značilnosti hudourniške poplave izmed vseh prinašajo največ nevarnosti.

Z analizo poplavnih dogodkov in mesečnih ekstremov pretokov na porečju Savinje smo želeli ugotoviti, kakšen tip padavin in vremenske situacije povzroči poplave na porečju Savinje, kakšen je odnos med padavinami in odtokom in v kakšni meri na poplavo vplivajo

---

\* Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

\*\* Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

različni predhodni pogoji. Z analizo največjih mesečnih pretokov skozi celotno obdobje opazovanj smo poizkušali ugotoviti tudi sezonskost poplavljanja oz. mesece najverjetnejših poplav.

### **Poplavna ogroženost na porečju Savinje**

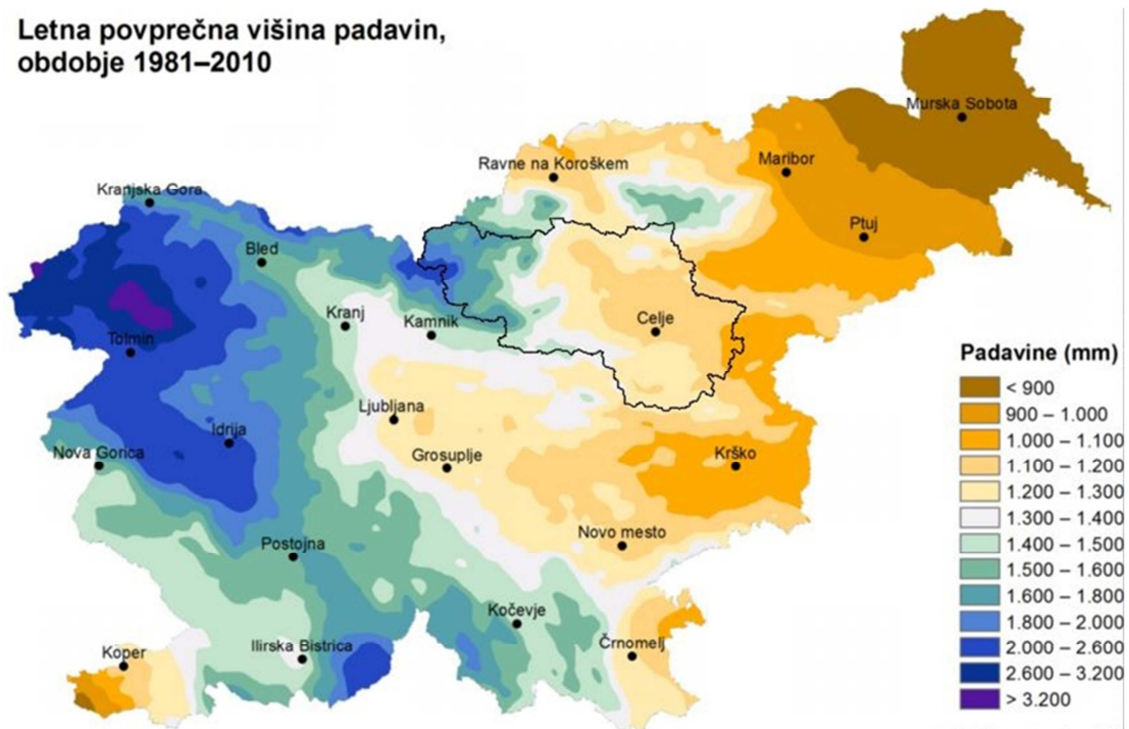
Savinja je najmočnejši pritok reke Save v Sloveniji s povirjem v goratem svetu. Njeno porečje se razprostira od Savinjskih Alp, preko predalpskega in gričevnatega sveta prehaja v ravninski svet, pa vse do Posavskega hribovja. Njen tok je dolg 101,75 km in obsega 1847,7 km<sup>2</sup> prispevne površine, kar predstavlja 17 % vodnega območja Save (Kolbezen in Pristov, 1998). V zgornjem toku Savinje do Nazarij je porečje gorato z nadmorskimi višinami preko 2000 metrov. Zgradba površja je iz karbonatnih kamnin, apnenca in dolomita. Srednji, pretežno ravninski del pa leži med 200 in 400 metri nadmorske višine, grajen iz skrilavcev, tufov, peščenjakov in glin. Tla so povečini plitva na apnenčasti podlagi ali zelo prepustne aluvialne prodne formacije. Zaradi ponikanja padavinske vode skozi prodnato podlago v podzemlje ima Savinja več izvirov. Ob nastopu visokih voda Savinja bistveno prispeva k visokovodni konici spodnjega toka reke Save, tudi preko 40 % pretoka (Kobold, 2007).

Več kot 90 % porečja je prekrita z naravnimi (gozd, močvirje, vode) oz. s kmetijskimi površinami. V rečnih dolinah in na ravninah, predvsem v srednjem in spodnjem toku Savinje, pa se pojavi nekoliko več umetnih oziroma urbaniziranih površin. Ta območja so tudi najbolj izpostavljena poplavam.

Velika poplavna ogroženost Savinjske doline, ki v Sloveniji sodi v sam vrh poplavno ogroženih območij, izhaja v veliki meri iz dejstva, da ima Savinja izjemno velik delež poplavnih površin, ki segajo v urbana področja in je po tem kriteriju med slovenskimi rekami na prvem mestu (MOP, 2013). Na porečju Savinje je poplavno ogroženih 52 km<sup>2</sup> urbanih površin, kar je sicer precej manj kot ob Savi, Muri ali Dravi, vendar pa na tem območju živi več kot 20.000 ljudi, ki poseljujejo 15 % vseh poplavnih površin v Savinjski dolini. Mesti Celje in Laško, ki ležita ob Savinji, sta od večjih slovenskih mest največkrat ogroženi in zato tudi prizadeti zaradi visokih voda Savinje. Ob poplavi leta 1990, ki je bila ocenjena kot dogodek s 100-letno verjetno povratno dobo, je bilo poplavljenih kar 95 % površine mesta Celje in 66 % površine Laškega (MOP, 2013). V zadnjih 20-30 letih se je urbanizacija in gradnja stanovanjskih in drugih objektov razširila tudi na zelo poplavno izpostavljena območja, kar povzroča velik problem pri zagotavljanju protipoplavne varnosti.

Topografija porečja Savinje ima močan vpliv na meteorološko dogajanje v porečju. Vzdlž porečja se zaradi spreminjajočega se reliefa in terena padavine bistveno razlikujejo. V zgornjem goratem delu znašajo povprečne letne padavine okrog 2000 mm, v srednjem in spodnjem delu pa precej manj, do okrog 1300 mm letno (slika 1). Velik prispevek pa imajo tudi snežne padavine v visokogorju.

## Letna povprečna višina padavin, obdobje 1981–2010



Slika 1: Padavinska karta Slovenije z označenim porečjem Savinje (vir karte: ARSO, 2017a).

Za porečje Savinje sta značilna dva tipa kritičnih vremenskih situacij (Marinček, 1992): jesensko-zimski tip in poletni tip. Za jesensko-zimske situacije so značilne frontalne padavine, ki so intenzivirane z orografskimi padavinami. Relativno široko padavinsko območje in obilne padavine, ki trajajo tudi več dni, povzročijo visokovodne situacije, ki lahko ob intenzivnejših padavinah proti koncu dogodka vodijo v poplave. Za poletne padavinske situacije so značilne konvekcijske padavine, kjer je intenziteta padavin neenakomerno porazdeljena. Te padavine zajamejo manjša območja, na katerih je intenzivnost padavin običajno velika, trajanje pa kratko, zato so poplave lokalnega značaja. Za nastop stoletnih visokih voda je na večjem delu porečja Savinje merodajna jesensko-zimska padavinska situacija.

### Večje poplave na porečju Savinje

Zapisi pričajo, da je reka Savinja s svojimi pritoki poplavljala že v daljni preteklosti, že vse od rimskih časov (MOP, 2013). So pa starejši zapisi predvsem in samo informativne narave. Poplavni dogodki so bili zabeleženi zgolj opisno, brez kakršnihkoli konkretnih podatkov, ki bi nam omogočali kasnejše analize. Z vse večjo urbanizacijo in naseljevanjem ob rekah se je zaradi nevarnosti poplav pojavila tudi potreba po natančnejšem spremljanju hidroloških razmer. Z začetkom spremljanja in merjenja ter s postopno vzpostavitvijo hidrološke mreže na površinskih vodah lahko poplavne dogodke bistveno bolje analiziramo. Vedenje o poplavnih dogodkih nam preko merjenih padavin, odtoka in pretoka v strugi zelo pomaga pri napovedovanju ekstremnih dogodkov, kot so poplave, pri ravnanju pred njimi in po njih ter določanju poplavnih območij. Natančno analizirani pretekli poplavni dogodki predstavljajo preventivo pri zagotavljanju protipoplavne varnosti in čim večjem omejevanju poplavne škode. V preglednici 1 je podan pregled večjih poplav na porečju Savinje, tudi zgodovinskih izpred obdobja meritev, ko obstajajo le pisni viri (Trontelj, 1997).

Preglednica 1: Večje in obsežnejše poplave reke Savinje in njenih pritokov (do 1997 povzeto po: Trontelj, 1997; naprej po: MOP, 2013; Kobold, 2013; ARSO, 2010).

LETO	KRATEK OPIS
1550	Narasla Savinja odnesla žito, živino, vse brvi in mostove.
1772	/
1824	/
1850	Uničene poljščine. Poplavljen je bilo Celje.
1852	Velikanska škoda. Zabeleženih tudi več smrtnih žrtev.
1901	Poplavljanje reke Savinje s pritoki v oktobru in novembru. Najbolj ponovno prizadeto Celje z okolico.
1923	Veliki povodnji ob koncu novembra.
1926	Obilne padavine povzročile poplave v avgustu. Savinja skupaj z Voglajno ponovno povzročila največ škode v Celju. Veliko mrtve živine in uničenih poljskih pridelkov. Povodenj zahtevala tudi več človeških življenj.
1927	Poplave v Savinjski dolini.
1933	Poplavljen Celje – voda ponekod segala tudi 2m visoko.
1938	Poplave Savinje meseca maja.
1954	Poplavljanje 5. in 6. junija, predvsem zaradi velike predhodne namočenosti. Največ težav povzročil pritok Hudinja. Velikanska škoda predvsem na industriji in infrastrukturi. Vodna ujma zahtevala kar 22 življenj.
1964	Poplave na porečju predvsem na območju Celja, Mozirja, Nazarij med 24. in 25. oktobrom.
1969	Med 21. in 22. avgustom poplavljal predvsem pritok Bolska.
1972	Poplavljal v zgornjem toku (Solčava). Mesec maj.
1980	Poplavljeni Zg. Savinjska in Zadrecka dolina. Poplavljala tudi Bolska.
1990	V mesecu novembru največje poplave v tem stoletju. V zgornjem delu poplavljanje Savinje in Lučnice.
1992	Večkratne poplave Savinje. Najhujše v Laškem.
1994	17. junija poplave na območju Laškega ter Žalca. 22. avgusta Celje in Laško. Avgusta poplava Velunje v Šoštanju.
1996	Poplave v Laškem med 1. in 3. julijem.
1997	Poplavljanje manjših pritokov Rečice, Mozirnice in Lučnice meseca avgusta.
1998	14. - 15. julij poplave Savinje s pritoki (Dreta, Voglajna, Paka, Ložnica, Hudinja). 4. - 6. november največja naravna nesreča leta 1998. Najhujše prav na porečju Savinje – primerljivo z letom 1990. Najhujše v Celju in Laškem.
2007	Močne in izdatne padavine povzročile poplave v septembru, predvsem v srednjem in spodnjem toku. Poplave terjale človeška življenja.
2010	Poplave med 17. in 19. septembrom.
2012	4. in 5. november poplavljanje Savinje s pritoki v zgornjem toku.

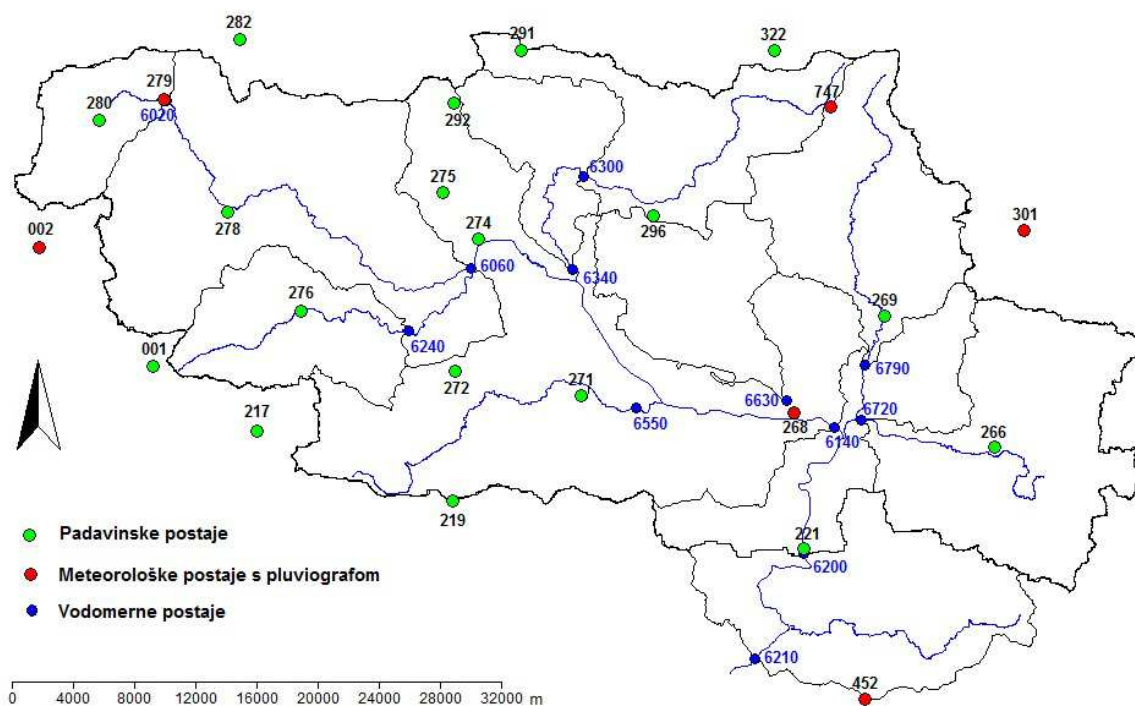
### Hidrološki in meteorološki monitoring na porečju Savinje

Podatki hidrološkega monitoringa površinskih voda omogočajo ocenjevanje količinskega stanja voda, ugotavljanje hidroloških značilnosti vodnih območij in vodnih teles, vodno bilanciranje in ocenjevanje dolgoročnih sprememb, na katere vpliva podnebna spremenljivost. Samodejni podatki z merilnih mrež so osnova za sprotno spremljanje, napovedovanje in obveščanje o hidroloških razmerah ter opozarjanje pred izrednimi hidrološkimi pojavi (ARSO, 2016). Razvoj mreže merilnih mest v Sloveniji poteka po priporočilih Svetovne meteorološke organizacije Guide to hydrological practices (WMO, No. 168). Že v preteklosti je bila načrtovana tako, da omogoča skladen in izčrpen pregled

količinskega stanja površinskih voda in ostalih hidroloških parametrov (vodostaja in temperature vode ter vsebnosti suspendiranega materiala).

Na porečju Savinje je vzpostavljena zadovoljivo gosta opazovalna mreža vodomernih postaj. Nekatere so bile vzpostavljene že konec 18. in v začetku 19. stoletja, ko se je začelo spremljanje hidroloških parametrov površinskih voda na ozemlju Slovenije (Bat, 2008), spet druge so bile postavljene šele v zadnjih letih. Skozi čas so se nadgrajevale in posodabljale, tako da je trenutno na porečju Savinje 20 samodejnih postaj (avtomatske merilne postaje – AMP), ki omogočajo, da so podatki, ki jih postaje samodejno beležijo in pošiljajo v podatkovne zbirke na Agenciji RS za okolje, preko spleta ves čas dostopni javnosti (ARSO, 2017b). Na sliki 2 so prikazane vodomerne postaje, ki smo jih upoštevali v hidrološki analizi poplav na porečju Savinje.

Za izračun padavin na porečju in podporečjih smo upoštevali meteorološke postaje na porečju Savinje in v bližnji okolici (slika 2). Večina je navadnih padavinskih postaj s podatki o 24-urnih količinah padavin. Šest postaj je opremljenih s pluviografom, ki zapisujejo podatke o padavinah v 5-minutnih intervalih. Ploskovne padavine smo računali z metodo Thiessenovih poligonov (Jakop, 2017).

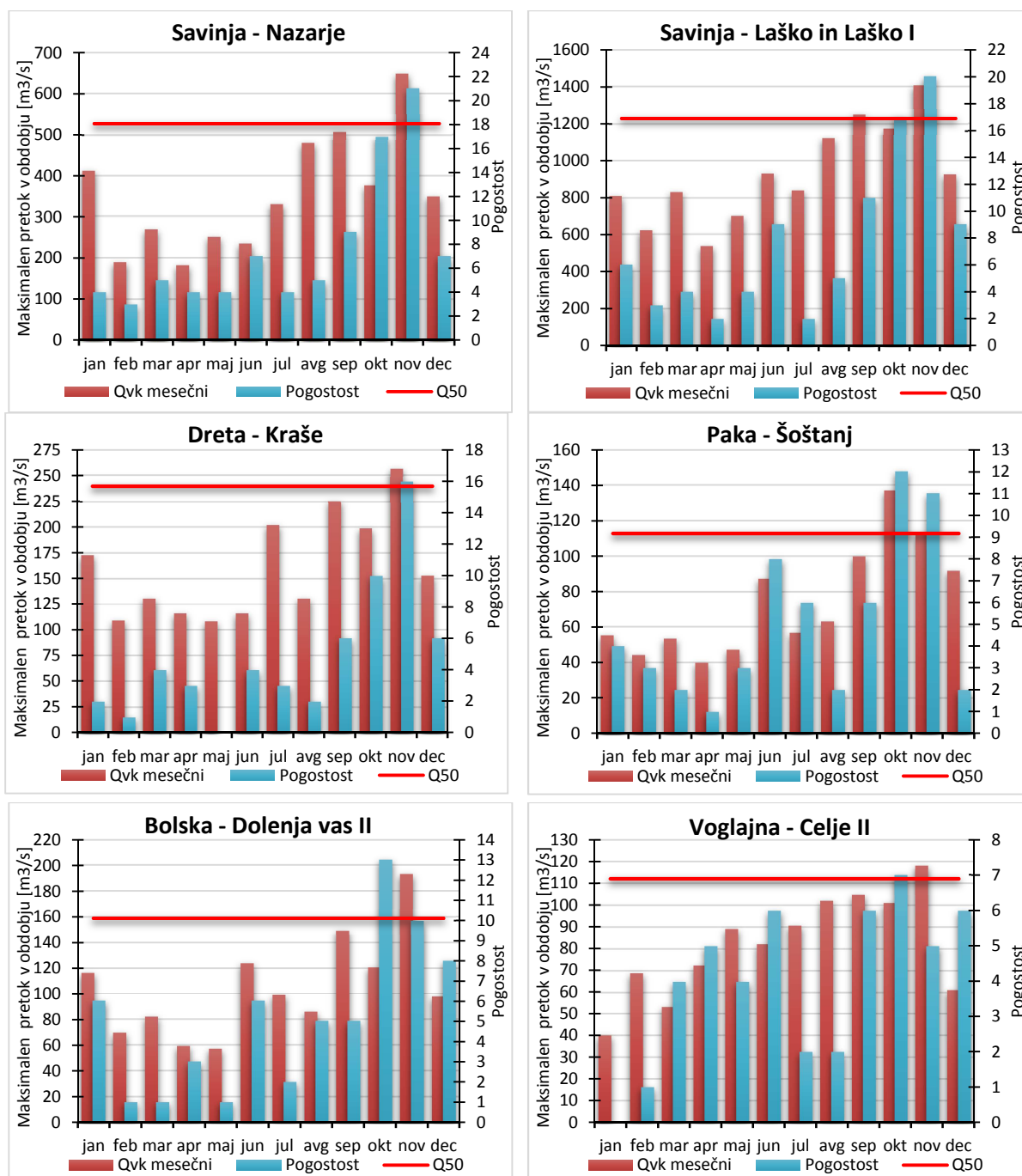


Slika 2: Obravnavane hidrološke in meteorološke postaje na porečju Savinje s podporečji.

### Analiza mesečnih poplavnih konic

Za obravnavane vodomerne postaje (slika 2) smo izvedli analizo mesečnih poplavnih konic in pogostost nastopa letnih konic po mesecih (Jakop, 2017). Analiza pogostosti pojavljanja mesečnih poplavnih konic kaže, da po pogostosti pojavljanja največjega pretoka v letu izrazito izstopata november in oktober, ko se na vseh vodomernih postajah pojavi največje število ekstremnih pretokov (slika 3). Na drugi strani pa so februar, marec in april meseci, v katerih se le redko oziroma najmanjkrat v letu pojavi največji letni pretok. To so meseci z najmanjšim tveganjem nastanka visokih voda, ki so povod za poplave.

Vzdolž reke Savinje so rezultati primerljivi. Največji pretoki so bili na vseh postajah na Savinji izmerjeni novembra, ko je bil presežen pretok s povratno dobo 50 let (slika 3), ki predstavlja mejo, nad katero se že zgodijo večje poplave. Pri pritokih Savinje po analizi izstopa vodomerna postaja Celje II na Voglajni, na kateri so tudi v pomladnih mesecih zabeležene visoke konice in pogosto pojavljanje visokovodnih valov (slika 3). Ekstremni pretoki se lahko pojavljajo skozi vse leto, izjema sta le januar in februar. Voglajna ima za razliko od ostalih pritokov Savinje panonski dežno-snežni režim (Frantar in Hrvatini, 2008), hidrogram pa je manj razgiban tudi zaradi zadrževanja vode v Slivniškem jezeru, kar nekoliko zmanjša najvišje in nekoliko poveča najnižje pretoke.



Slika 3: Analiza mesečnih viskovodnih konic Qvk in pogostost nastopa letnih konic po mesecih za izbrane postaje na reki Savinji in pritokih.

Največja verjetnost nastopa ekstremnih pretokov in torej poplav na porečju Savinje obstaja novembra in oktobra, zato sta ta dva meseca poplavno najbolj nevarna. Kljub temu pa se poplave lahko zgodijo tudi v ostalih mesecih. Zlasti septembra so se na porečju Savinje že zgodile večje poplave.

### Analiza visokovodnih valov

V analizi visokovodnih valov na porečju Savinje smo upoštevali večje viskovodne valove po letu 1990, med katerimi so tudi tisti, ki so povzročili obsežne poplave na tem območju (Jakop, 2017). Izbrali smo osem dogodkov glede na pretok konice visokovodnega vala v Laškem (preglednica 2). Izbranim poplavnim dogodkom smo v analizi določili pripadajoče padavine, ki so dogodek povzročile, izmerjene na padavinskih postajah (slika 2) z upoštevanjem utežnih razmerij Thiessenovih poligonov. Sedem od osmih situacij ustreza jesensko-zimskemu tipu hidroloških situacij, za primerjavo pa smo vzeli še en spomladanski visokovodni val. Dogodka iz 1990 in 1998 veljata zaradi svoje razsežnosti za največji poplavi na porečju Savinje v obdobju meritev.

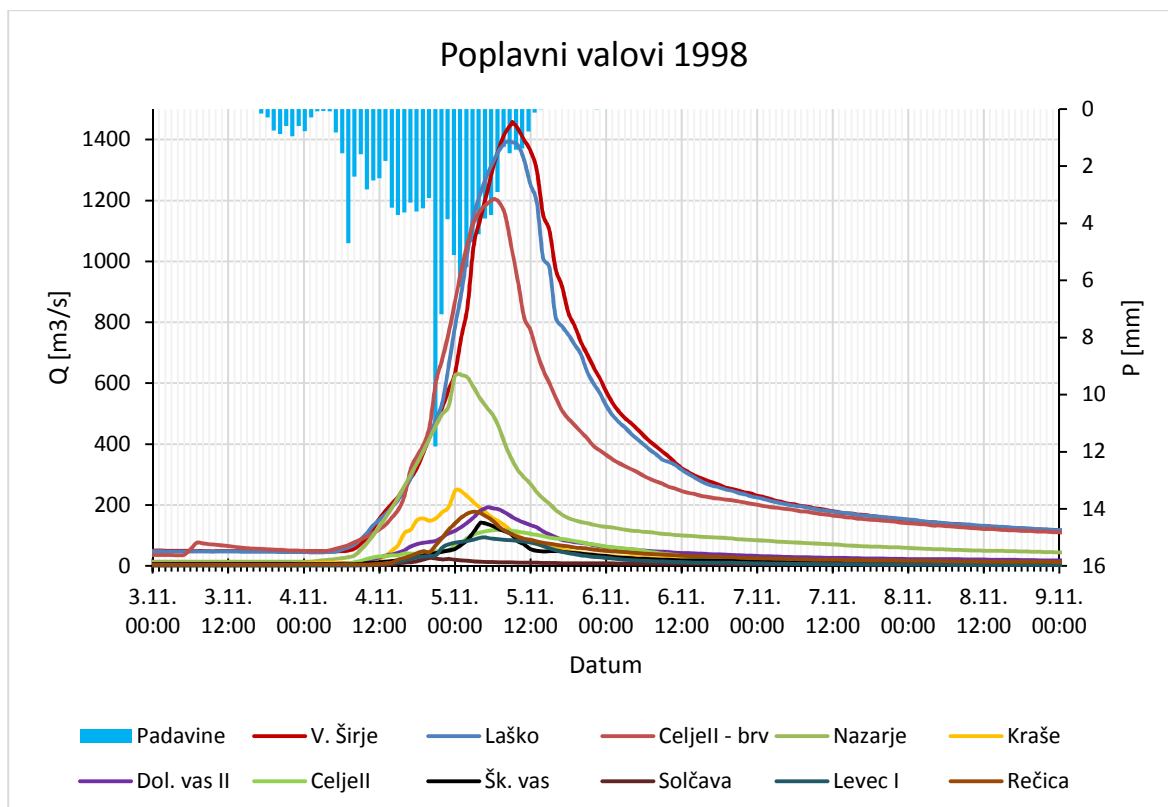
Obravnavali smo urne podatke o merjenih pretokih za posamezen visokovodni dogodek ter padavine, ki so povzročile posamezen dogodek. Za vsak val smo izračunali volumen in koeficient odtoka.

Preglednica 2: Obravnavani poplavni dogodki z vrednostmi poplavnih konic Qvk.

VALOVI - Qvk (m <sup>3</sup> /s)			27.10.-9.11.	4.-11.11.	4.-11.11.	18.-22.9.	29.3.-1.4.	17.-21.9.	4.-8.11.	12.-15.9.
šifra	postaja	vodotok	1990	1998	2000	2007	2009	2010	2012	2014
6010	Solčava	Savinja	75,5	26,3	148	25,4	9,09	35,6	50,4	15,9
6060	Nazarje	Savinja	635	630	455	507	197	367	648	242
6140	Celje II - brv	Savinja	1208	1205	ni pod.	1052	333	803	988	ni pod.
6200	Laško	Savinja	1406	1395	653	1249	443	1028	1131	730
6210	Veliko Širje	Savinja	1490	1458	711	1272	508	1093	1176	782
6240	Kraše	Dreta	236	251	88,9	226	50,8	138	256	82,7
6300	Šoštanj	Paka	112	81,9	33	77,5	32,7	62,9	93,6	26,1
6340	Rečica	Paka	189	178	51,7	159	43,8	119	217	41,0
6550	Dolenja vas II	Bolska	182	193	51,5	150	42,4	124	121	113
6630	Levec I	Ložnica	82,3	94,0	ni pod.	120	37,2	78,1	52,3	56,5
6790	Škofja vas	Hudinja	87,1	142	35,6	171	40,1	90,2	84,1	9,2
6720	Celje II	Voglajna	66,6	118	41,9	60,8	48,6	97,5	30,5	104,8

- pretok nad rdečo opozorilno vrednostjo (ARSO-BOBER, 2017)  
 - pretok nad oranžno opozorilno vrednostjo (ARSO-BOBER, 2017)  
 - pretok nad rumeno opozorilno vrednostjo (ARSO-BOBER, 2017)

Kot primer prikazujemo poplavni val iz leta 1998 z urnimi intenzitetami padavin, ki predstavljajo utežene padavine (Thiessenovi poligoni), ki so padle na celotno porečje Savinje (slika 4, preglednica 3).



Slika 4: Hidrogrami poplavnih valov leta 1998 in pripadajoče povprečne urne intenzitete padavin na porečju.

Preglednica 3: Časovni potek konic valov za poplavni val 1998

Postaja	Vodotok	Poplavni val 1998	
		Čas pojava konice	Q <sub>vk</sub> [ $m^3/s$ ]
Solčava I	Savinja	4.11. ob 20:06	26,3
Šoštanj	Paka	4.11. ob 23:52	81,9
Kraše	Dreta	5.11. ob 00:26	251
Nazarje	Savinja	5.11. ob 00:46	630
Rečica	Paka	5.11. ob 03:06	178
Škofja vas	Hudinja	5.11. ob 04:16	142
Levec	Ložnica	5.11. ob 04:37	94,0
Dolenja vas II	Bolska	5.11. ob 05:18	193
Celje II - brv	Savinja	5.11. ob 06:15	1205
Celje II	Voglažna	5.11. ob 06:32	118
Laško	Savinja	5.11. ob 08:38	1395
Veliko Širje	Savinja	5.11. ob 09:07	1458

Konica poplavnega vala se je ob poplavi leta 1998 na v.p. Solčava I pojavila že 4. novembra ob 20:06 uri (preglednica 3). Takrat so bile na pluviografski postaji v Solčavi zabeležene najintenzivnejše padavine (8,3 mm v eni uri). Na ostalih vodomernih postajah so se konice pojavljale bistveno kasneje. Val je od Nazarij do Laškega potoval skoraj 8 ur (preglednica 3), kar je za okoli 3 ure več kot je povprečni čas potovanja vala med tema vodomernima postajama.

Vsi obravnavani poplavni dogodki so pokazali, da po volumnih izrazito izstopajo vodomerne postaje na sami Savinji, z izjemo Solčave. Razlike v konici med najnižje



ležečima postajama Laško in Veliko Širje so zelo majhne. Pritoki Savinje prinesejo k poplavnemu valu Savinje različne volumne vode, odvisno od poplavnega in padavinskega dogodka. Še največjo količino vode glede na konico pretoka prinese reka Dreta, ki se v Savinjo izlije tik pred vodomerno postajo Nazarje in na njej povzroči dokaj močan porast. Povirna dela Drete in Lučnice na območju Kamniško Savinjskih Alp običajno dobita največ padavin na porečju Savinje in dosejata velike specifične odtokove, ki na Dreti v Krašah pri poplavnih dogodkih presegajo  $2000 \text{ l/s/km}^2$  (Kolbezen in Pristov, 1998). Po doprinosu Dreti sledijo Bolska, Paka in Hudinja.

Za vsak poplavni dogodek smo izračunali tudi čas potovanja po vodotoku. Ob največjih poplavnih dogodkih na Savinji, ko so bili doseženi tudi največji pretoki, je bilo potovanje valov zelo različno (Jakop, 2017). Na to vpliva predvsem prostorska in časovna razporeditev padavin. V poplavi 1998 (preglednica 3) je trajalo potovanje konice vala po Savinji od Nazarij do Velikega Širja dobrih 8 ur. Povprečni čas potovanja konice vala obravnavanih dogodkov iz preglednice 2 znaša 5,5 ure. Večja raznolikost pri potovanju valov se je izkazala pri pritokih Savinje, kjer značilnega vzorca med pojavom konice na pritokih in dolvodno postajo na Savinji nismo zaznali. Na pritokih konica vala časovno različno nastopi in s tem pritoki različno vplivajo na konice vodomernih postaj na Savinji (Jakop, 2017).

Na razvoj poplavnega dogodka izredno vpliva prostorska in časovna razporeditev padavin. Večja poplavljanja Savinje povzročijo obilne, predvsem pa intenzivne padavine. Za obravnavane dogodke iz preglednice 2 smo z metodo Thiessenovih poligonov določili utežene padavine za podporečja Savinje, ki se nanašajo na zbirno območje obravnavanih vodomernih postaj (Jakop, 2017). V preglednici 4 so za vsa podporečja zbrane povprečne in maksimalne padavine osmih obravnavanih dogodkov. Ob podatku o padavinah smo dodali še standardni odklon in s tem pokazali razpršenost dobljenih rezultatov glede na povprečje. Največji standardni odklon je na podporečjih Voglajne, Drete in Savinje do Nazarij. Z upoštevanjem volumna neposrednega odtoka smo izračunali koeficiente odtoka za vsak poplavni val (preglednica 4).

Preglednica 4: Padavine in koeficienti odtoka po posameznih porečjih.

Porečje do v. p. - vodotok	Padavine (mm)			Koeficienti odtoka	
	povprečne	stand. odklon	maksimalne	povprečni	maksimalni
Solčava - Savinja	141,7	23,3	194,0	0,24	0,32
Kraše - Dreta	148,9	30,5	227,5	0,66	0,79
Nazarje - Savinja	148,6	30,2	218,2	0,49	0,66
Šoštanj - Paka	99,1	-19,3	166,9	0,36	0,43
Rečica - Paka	103,3	-15,1	164,7	0,34	0,50
Dolenja vas - Bolska	132,6	14,2	243,3	0,47	0,60
Levec - Ložnica	100,8	-17,6	198,7	0,56	0,68
Celje-brv - Savinja	126,2	7,8	201,4	0,47	0,56
Škofja vas - Hudinja	95,6	-22,8	172,0	0,32	0,42
Celje - Voglajna	87,4	-31,0	158,9	0,39	0,53
Laško - Savinja	118,0	-0,4	193,5	0,44	0,52
Veliko Širje - Savinja	115,4	-2,9	193,3	0,43	0,50

Izkazalo se je, da so v osmih obravnavanih poplavnih dogodkih v povprečju največ padavin prejela območja v zgornjem, višjem in bolj reliefno razgibanem delu porečja (preglednica 4). Na teh območjih, predvsem zaradi vpliva orografije, v povprečju pade največ padavin, kar kaže tudi slika 1. V obravnavanih dogodkih je na večini porečij padla

maksimalna količina padavin v poplavnem dogodku leta 2010 (Jakop, 2017), konice valov pa v tem dogodku niso bile najvišje (preglednica 2). V dogodku 2010 gre za sestavljeni visokovodni val. Padavine so na porečju Savinje padle v dveh skoraj enakovrednih delih v treh dneh, zato imajo tudi hidrogrami poplavnega vala Savinje po višini skoraj enakovredni konici, ki bi jih lahko ločeno obravnavali kot dva neodvisna visokovodna valova. Po količini padavin na porečju Savinje poplavnemu dogodku 2010 sledijo padavine, ki so povzročile poplavo leta 1990, le temu pa padavine za dogodek 1998.

Maksimalni koeficienti odtoka se pri analiziranih poplavnih dogodkih gibljejo med 0,32 na Savinji v Solčavi do 0,79 na Dreti v Krašah. Koeficienti odtoka zavisijo od hidrogeografskih lastnosti porečja, količine padavin, predhodne namočenosti, pokrovnosti tal. Povirno porečje Drete dobi običajno največ padavin na porečju Savinje in ima zato velik specifični odtok (Kolbezen in Pristov, 1998). Preseneča pa nizek koeficient odtoka za v. p. Solčava, ki je lahko posledica geoloških lastnosti tega dela porečja, kjer so pretežno zastopane prepustne kamnine s kraško-raspoklinsko in raspoklinsko poroznostjo.

### **Zaključki**

Analize so pokazale, da prihaja do večjih poplavnih dogodkov na porečju Savinje ob zares izdatnih in intenzivnih padavinah. Za nastop visokih voda je na večjem delu porečja Savinje merodajna jesensko-zimska padavinska situacija, za katero so značilne frontalne padavine, ki so intenzivirane z orografskimi padavinami. Široko padavinsko območje ter obilne in dolgotrajne padavine povzročijo visokovodne situacije, ki lahko vodijo v poplave. Časovna razporeditev padavin poleg prostorske odločilno vpliva na velikost in obseg poplav.

Analiza mesečnih visokovodnih konic je pokazala, da je največja verjetnost poplave na porečju Savinje v jesenskem času. Poplavno najbolj nevaren mesec je november. Glavni razlog je izrazit jesenski višek padavin, ki postaja v obdobju podnebnih sprememb še višji (Kobold in sod., 2012). Poleg novembra so izredno visoki pretoki lahko doseženi še v oktobru in septembru. Polovica izmed osmih obravnavanih poplavnih dogodkov se je zgodila novembra, trije pa septembra. Na obravnavanih vodomernih postajah je pojavljanje visokih pretokov podobno. Predvsem se to kaže na sami reki Savinji, kjer so vzorci pojavljanja visokih voda po celotnem toku skoraj identični. Nekoliko s svojim drugačnim rečnim režimom izstopa le pritok Voglajna.

Tovrstne hidrološke analize so pomembne za razumevanje hidrološkega dogajanja na porečju in so podlaga ukrepom za zmanjševanje poplavne ogroženosti in sistemom opozarjanja pred poplavami. Na osnovi rezultatov analiz se lahko prepozna potreba po dodatnih merilnih mestih na porečju, zlasti pluviografskih postaj v povirnem delu porečja.

### **Literatura**

- ARSO (2010). Hidrološko poročilo o povodnji v dneh od 17. do 21. septembra 2010. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje. [http://www.arso.gov.si/vode/poročila\\_in\\_publicacije/Poplave\\_17.\\_-21.\\_september\\_2010.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/poročila_in_publicacije/Poplave_17._-21._september_2010.pdf) (5. 5. 2017.)
- ARSO (2016). Pregled hidroloških razmer površinskih voda v Sloveniji. Poročilo o monitoringu za leto 2014. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, 43 str.
- ARSO (2017a). Meteorološki portal. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje. <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/> (10. 5. 2017)
- ARSO (2017b). Arhiv površinskih voda. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje. [http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov\\_arhiv\\_tab.php](http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php) (10. 2. 2017.)

- ARSO – BOBER (2017). Hidrološko stanje in napoved. Interna baza. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje.
- Bat, M. (2008). 60 let slovenske državne hidrološke službe. V: 60 let slovenske meteorološke in hidrološke službe. Naše okolje, Bilten Agencija RS za okolje, Ljubljana. Posebna izdaja, 27-34.
- Frantar, P., Hrvatin, M. (2008). Pretočni režimi. V: Vodna bilanca Slovenije 1971-2000. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, 43-50.
- Jakop, U. (2017). Hidrološka analiza poplav za porečje Savinje. Mag. delo. Ljubljana, UL FGG, Magistrski študijski program Vodarstvo in okoljsko inženirstvo. (samozaložba U. Jakop), 92 str.
- Kobold, M. (2007). Vpliv napake ocene padavin na napako napovedi odtoka pri napovedovanju poplav. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Kobold), 134 str.
- Kobold, M. (2011). Primerljivost poplave septembra 2010 z zabeleženimi zgodovinskimi poplavnimi dogodki. Ujma 25, 48-56.
- Kobold, M. (2013). Poplave konec oktobra in v začetku novembra 2012. Ujma 27, 44-51. <http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2013/044.pdf> (25. 4. 2017.)
- Kobold, M., Dolinar, M., Frantar, P. (2012). Spremembe vodnega režima zaradi podnebnih sprememb in drugih antropogenih vplivov. V: I. kongres o vodah Slovenije 2012. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana. Zbornik, 7-23.
- Kolbezen, M., Pristov, J. (1998). Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod RS, 98 str.
- Komac, B., Natek, K., Zorn, M. (2008). Geografski vidiki poplav v Sloveniji. Ljubljana, Založba ZRC: 186 str. <http://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/9789612540913.pdf> (20. 12. 2016.)
- Marinček, M. (1992). Vzroki poplave v Celju 1. novembra 1990. V: Poplave v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo, Republiška uprava za zaščito in reševanje. Zbornik, 155-161.
- MOP (2013). Zagotovitev poplavne varnosti na porečju Savinje. Ministrstvo za okolje in prostor. <http://www.porecje-savinje.si/> (20. 12. 2016)
- MOP (2015). Načrt zmanjševanja poplavne ogroženosti (NZPO). Ministrstvo za okolje in prostor. [http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/nzpo/NZPO\\_SLO\\_2015\\_12\\_08.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/nzpo/NZPO_SLO_2015_12_08.pdf) (20. 3. 2017)
- Trontelj, M. (1997). Kronika izrednih vremenskih dogodkov XX. stoletja. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod RS, 135 str.