

# ALI JE VISOKA VODA, KI SE POJAVI VSAKE ŠTIRI LETA, RES 100-LETNA POPLAVA?

## ARE HIGH WATERS THAT APPEAR EVERY 4 YEARS REALLY A 100-YEAR FLOOD?

UDK 556.16(497.4)

### Nejc Bezak

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, Ljubljana, nejc.bezak@fgg.uni-lj.si

### Mojca Šraj

dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, Ljubljana, mojca.sraj@fgg.uni-lj.si

### Matjaž Mikoš

dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, Ljubljana, matjaz.mikos@fgg.uni-lj.si

### Povzetek

Ob poplavah, ki so se zgodile leta 2014, smo v javnosti lahko prebrali zapise, v katerih so se državljani Republike Slovenije spraševali, ali so visoke vode, ki se v zadnjem času pojavljajo razmeroma pogosto, res še vedno 100-letne visoke vode. Odgovor na to vprašanje smo poskušali poiskati tako, da smo analizirali podatke o pretokih s treh vodomernih postaj v Sloveniji in upoštevali tudi razmere leta 2014. Rezultati kažejo, da so bile hidrološke razmere leta 2014 nadpovprečne, kar se ujema z izrednimi meteorološkimi razmerami. Upoštevanje leta 2014 v verjetnostnih analizah lahko v nekaterih primerih povzroči izrazite spremembe v ocenjenih vrednostih projektnih pretokov (navadno 100-letna visoka voda).

### Abstract

During the floods, which occurred in autumn 2014, some of the citizens of the Republic of Slovenia wondered whether the floods that occurred relatively frequently in the last decade are really the floods with a 100-year return period? In order to find an answer to this question we analysed discharge data from three torrential gauging stations in Slovenia, taking into account the conditions in 2014. The results indicate that the hydrological situation in year 2014 was above average, which is consistent with extreme meteorological conditions. Consideration of year 2014 in the flood frequency analysis can, in some cases, lead to significant changes in the estimated design discharge values (normally a 100-year discharge).

## Uvod

Zaznavanje nihanj in predvsem sprememb v naravnih sistemih je aktualno znanstveno vprašanje, ki je bilo že večkrat obravnavano v reviji Ujma (npr. Kobold, 2011) in tudi v številnih drugih znanstvenih revijah, ki objavljajo prispevke s področja geofizike (npr. Jones in sod., 1999; Labat in sod., 2004).

Na podlagi podatkov o povprečni temperaturi zraka v različnih krajih po svetu so raziskovalci ugotovili, da ta narašča (npr. Easterling in sod., 1997; Jones in sod., 1999). Naraščanje temperature zraka, ki je značilno tudi za Slovenijo (ARSO, 2014), naj bi se odrazilo v bolj intenzivnih procesih, ki sestavljajo vodni oziroma hidrološki krog (torej padavine, izhlapevanje, transpiracija, odtok površinske vode itn.) (Huntington, 2006). Vendar do zdaj v svetovnem merilu ni bilo mogoče zaznati enotnega naraščajočega ali padajočega trenda v podatkih o pretokih, večinoma le spremembe v sezonskosti (njihova porazdelitev čez leto). Tako je bil

pozitiven trend ugotovljen za Severno Ameriko, Južno Ameriko in Azijo, negativen je bil značilen za Afriko, medtem ko v Evropi ni bilo mogoče določiti enotnega trenda za celotno celino (Labat in sod., 2004). Naraščajoči trend je značilen tudi za vodotoke na območju Velike Britanije in za dele zahodne in srednje Evrope (Hall in sod., 2014). Po drugi strani pa je negativen trend značilen za vzhodno in severno Evropo ter del zahodne in srednje Evrope (Hall in sod., 2014). Prav tako enotnega trenda ni bilo mogoče zaznati v vodotokih na območju Slovenije (Menih, 2014). Povzetek rezultatov kaže, da tako v svetovnem merilu kot v manjših merilih, kot je primer Slovenije, večinoma ne moremo določiti enoznačnega ali pozitivnega ali negativnega trenda. Izračunani trendi so v Sloveniji med drugim odvisni od geografske lokacije postaje in od dolžine obravnavanih podatkov, saj se hidrološka in meteorološka opazovanja sistematično izvajajo v večjem obsegu šele zadnjih 50 let. V svetovnem merilu sicer lahko najdemo primere, ko so opazovanja in meritve naravnih pojavov potekali več stoletij. Tak

primer so meritve vodostajev na reki Nil v Egiptu (Koutsoyiannis, 2013). Zavedati se je treba, da se Zemlja že od njenega nastanka neprestano spreminja in da so tudi ljudje sestavni del teh sprememb, ki jih lahko s svojimi dejanji tudi pospešijo, vendar nanje nikoli ne morejo popolnoma vplivati (Koutsoyiannis, 2013).

Namen tega prispevka je bil raziskati, ali upoštevanje podatkov o pretokih iz hidrološko izrednega leta 2014 pri izvedbi verjetnostnih analiz povzroči izrazite spremembe v ocenjenih vrednostih pretokov z izbrano povratno dobo. Z drugimi besedami, ali je nadpovprečno mokro meteorološko leto 2014 (ARSO, 2014) povzročilo, da je visoka voda s 100-letno povratno dobo zaradi upoštevanja podatkov iz leta 2014 postala na primer le še visoka voda s 50- ali morda celo le 25-letno povratno dobo. Zanimalo nas je torej, ali ima posamezno izredno hidrološko leto zaznaven ali celo velik vpliv na ocene verjetnosti nastopa visokih voda, saj ne verjamemo, da se kljub stohastični naravi poplav te pojavljajo kar naprej – torej zelo pogosto, in jim vedno pripisujemo zelo majhno verjetnost nastopa.

## Podatki

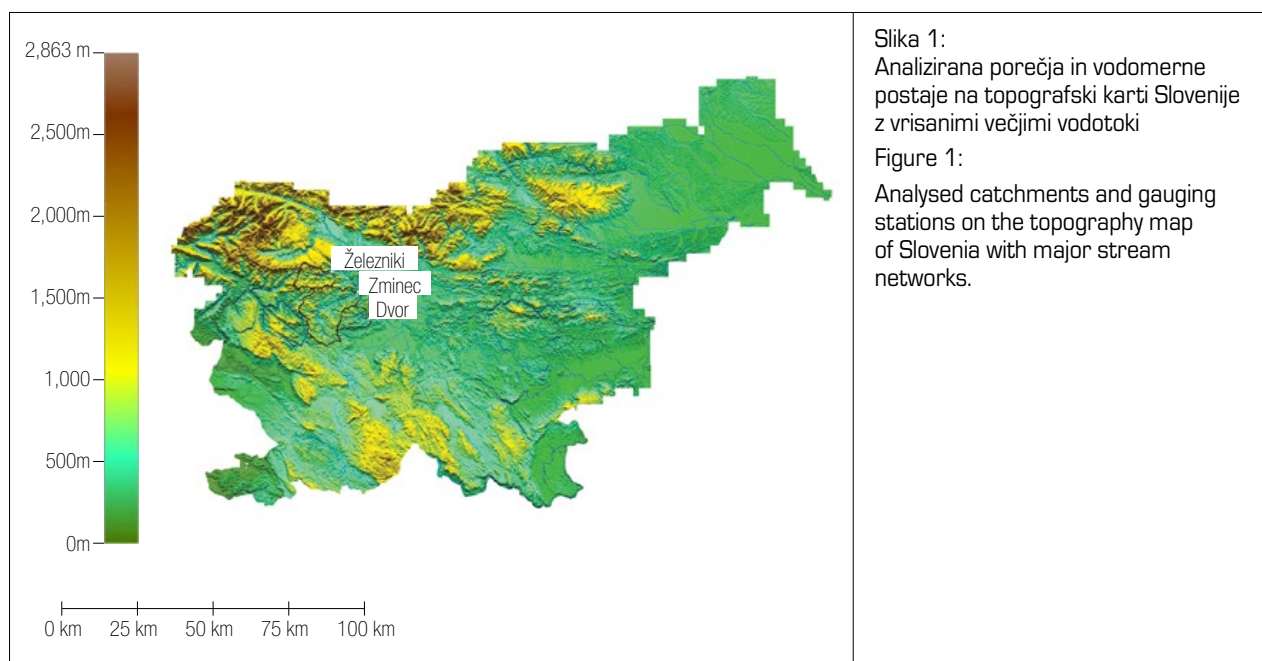
V prispevku so bili uporabljeni podatki o pretokih s treh vodomernih postaj, ki ležijo na hudourniških vodotokih v zahodnem delu Slovenije. Izbrana so bila naslednja porečja: Gradaščica (vodomerna postaja Dvor), Selška Sora (vodomerna postaja Železniki) in Poljanska Sora (vodomerna postaja Zminec). Gre za tri sosednja porečja z razgibano topografijo in razvejano rečno mrežo, ki jo sestavljajo številni hudourniški pritoki. Slika 1 prikazuje lokacijo izbranih območij in vodomernih postaj na topografski karti Slovenije z vrisanimi večjimi vodotoki. Omenjeni vodotoki so bili

izbrani, ker je na njih v zadnjem desetletju precej pogosto prihajalo do težav zaradi poplavljanja (npr. Rusjan in sod., 2009; Kobold, 2010; Koler in sod., 2012). Za izvedbo verjetnostnih analiz so bili uporabljeni tako urni kot dnevni podatki o pretokih. Pri hudourniških vodotokih, za katere je značilen razmeroma hiter nastop konice pretoka in tudi precej hitro upadanje pretoka, lahko napačna izbira podatkov, kot je na primer upoštevanje dnevni vrednosti namesto urnih, povzroči nezanemarljivo majhne napake v izračunih. Preglednica 1 prikazuje dolžine urnih ter dnevni serij podatkov o pretokih, ki so na voljo in so bili uporabljeni v naših analizah. V preglednici 2 pa so podane nekatere osnovne značilnosti izbranih treh hudourniških porečij.

Verjetnostne analize, ki so nekoliko podrobneje opisane v poglavju o metodah, so bile uporabljene pri podatkih o pretokih (preglednica 1). Tako za dnevne kot urne podatke so bile verjetnostne analize izvedene ob upoštevanju leta 2014 in brez upoštevanja leta 2014. Ideja takega pristopa je bila, da smo lahko določili, kakšen je vpliv leta 2014 na velikost projektnih pretokov z izbranimi povratnimi dobami.

## Metode

Verjetnostna analiza visokovodnih konic je bila uporabljena za določitev povezave med ocenjenimi vrednostmi pretokov in povratnimi dobami (npr. Bezak in sod., 2014). Metoda letnih maksimumov (AM) in metoda vrednosti nad izbranim pragom (POT) sta bili izbrani za določitev vzorca za izvedbo verjetnostnih analiz. Pri AM-metodi se v analizah upošteva maksimalni pretok v vsakem letu. Pri POT-metodi pa smo v analizah upoštevali v povprečju tri dogodke na leto (POT 3). Povezava med izbrano porazdelitveno funkcijo



$F_x$  in povratno dobo  $T$  je definirana z enačbo (Brilly in Šraj, 2005):

$$F_X(x) = 1 - \frac{1}{T} \quad (1)$$

Za izvedbo verjetnostnih analiz (AM-metoda) smo uporabili splošno porazdelitev ekstremnih vrednosti (GEV), ki se v svetovnem merilu pogosto uporablja za določitev povezave med projektnimi pretoki ter verjetnostjo oziroma povratno dobo (npr. Salinas in sod., 2014):

$$F_X(x) = \exp\left(-\left\{1 - k \left[\frac{x-\xi}{\alpha}\right]\right\}^{1/k}\right) \quad (2)$$

kjer so  $k$ ,  $\alpha$  in  $\xi$  parametri GEV-porazdelitve, ki jih ocenimo na podlagi dejanskih podatkov o pretokih (vzorec AM),  $x$  pa je vrednost pretoka. Za ocenjevanje parametrov lahko uporabimo različne metode, kot na primer metodo momentov, metodo momentov L in metodo največjega verjetja (Bezak in sod., 2014). V prispevku smo za ocenjevanje parametrov porazdelitvene funkcije GEV, prikazane v enačbi 2, uporabili metodo momentov L, ki sta jo razvila Hosking in Wallis (1997).

Za izvedbo verjetnostnih analiz smo pri urnih podatkih o pretokih uporabili tudi POT-metodo. Bezak in sod. (2014) so podali več teoretičnih informacij o POT-metodi, ki pa presegajo okvir tega prispevka in jih zato tu ne predstavljamo.

## Rezultati in analiza

Leto 2014 je bilo eno izmed najtoplejših in najbolj namočenih, odkar se v Sloveniji sistematično izvajajo meritve temperature zraka ter padavin (ARSO, 2014). Podobno namočeno je bilo v obdobju od 1961 do 2014 (sistematično izvajanje meritev v večjem obsegu) le še leto 1965, velja pa omeniti še leto 1937, ko pa se meritve še niso opravljale v takem obsegu (ARSO, 2014). Vpliv leta 2014 na projektne pretoke smo preučevali z izvedbo verjetnostnih analiz z upoštevanjem leta 2014 v analizah ter brez njega.

### Verjetnostna analiza z uporabo dnevni podatkov o pretokih

Najprej smo izvedli verjetnostne analize z uporabo dnevni podatkov (preglednica 1). Preglednica 3 prikazuje rezultate verjetnostnih analiz z uporabo AM-metode za različne vrednosti povratnih dob z upoštevanjem leta 2014 in brez njega. GEV-porazdelitev je bila uporabljena za izračun rezultatov, prikazanih v preglednici 3. Opazimo lahko, da je pri vodomernih postajah Dvor in Zminec upoštevanje leta 2014 povzročilo povečanje projektnega pretoka s 100-letno povratno dobo, vendar so bile razlike zelo majhne. Za postajo Železniki pa so bili značilni ravno obratni rezultati (preglednica 3). Z uporabo dnevni podatkov o pretokih je torej odgovor na vprašanje v naslovu tega prispevka nikalen.

Porečje	Postaja	Dnevni podatki – obdobje	Urni podatki – obdobje
Gradaščica	Dvor	1981–2014	1998–2014
Selška Sora	Železniki	1992–2014	2005–2014
Poljanska Sora	Zminec	1957–2014	1998–2014

Preglednica 1: Prikaz nekaterih lastnosti obravnavanih podatkov o pretokih  
Table 1: Some basic characteristics of the analysed discharge data series.

Porečje	Postaja	Površina porečja (km <sup>2</sup> )	Povprečna nadmorska višina porečja (m.n.m.v.)	Nadmorska višina postaje (m.n.m.v.)
Gradaščica	Dvor	79	616	341
Selška Sora	Železniki	101	927	447
Poljanska Sora	Zminec	306	676	343

Preglednica 2: Prikaz lastnosti izbranih porečij  
Table 2: Characteristics of the selected torrential watersheds.

Postaja	Dvor		Železniki		Zminec	
	Brez 2014	Z 2014	Brez 2014	Z 2014	Brez 2014	Z 2014
Povratna doba (leta)	40,4	41,1	68,1	68,2	166,1	167,2
10	40,4	41,1	68,1	68,2	166,1	167,2
100	59,3	60,1	105,2	101,8	215,9	216,5
500	72,8	73,6	133,9	126,1	242,6	242,4

Preglednica 3: Rezultati verjetnostnih analiz pretokov (m<sup>3</sup>/s) z upoštevanjem leta 2014 in brez njega za različne vrednosti povratnih dob z uporabo dnevni podatkov o pretokih (AM-metoda).  
Table 3: Flood frequency analysis results (m<sup>3</sup>/s) with and without consideration of year 2014 for different return period values using the daily discharge data (AM method).

Glede na rezultate verjetnostnih analiz, ki jih je naredila Agencija RS za okolje (ARSO) z uporabo log-Pearsonove III ter Pearsonove III porazdelitve (ARSO, 2013), lahko opazimo, da z upoštevanjem dnevnih podatkov za izvedbo verjetnostnih analiz pri hudourniških vodotokih, kot so Gradaščica in obe Sori, naredimo napako, ki lahko v nekaterih primerih presega 20–30 odstotkov (primerjava rezultatov, prikazanih v preglednici 3 in spletnem viru ARSO (2013)).

## Verjetnostna analiza z uporabo urnih podatkov o pretokih

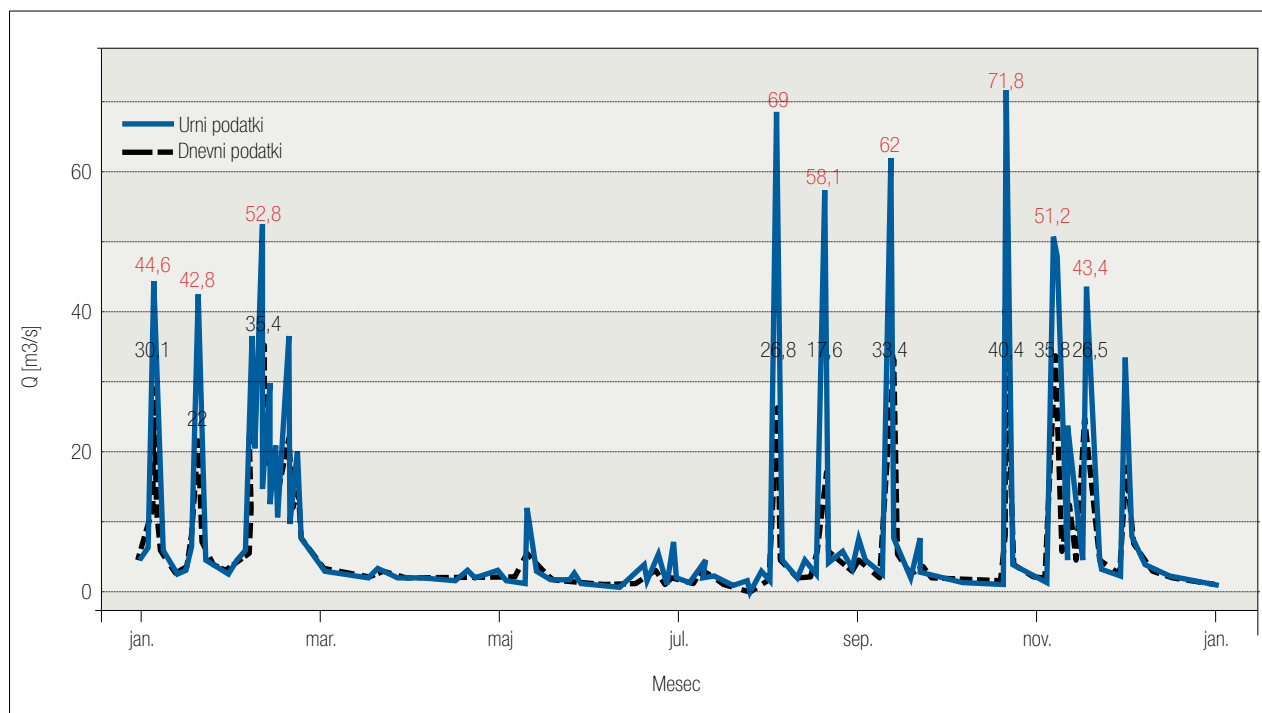
Nato pa smo verjetnostne analize (AM- in POT-metoda) naredili še z uporabo podatkov z urnim časovnim korakom (preglednici 4 in 5). Pri tem smo uporabili letne serije podatkov (preglednica 1), ki so krajše od tistih, ki so jih v svojih analizah uporabili na Agenciji RS za okolje (ARSO, 2013). Za ta korak smo se odločili, ker so le za obdobja, prikazana v preglednici 1, na voljo sistematične meritve pretokov oziroma vodostajev z urnim časovnim korakom (zvezni nizi). Poleg tega je bil namen analize ugotoviti vpliv leta 2014 na rezultate verjetnostnih analiz, na kar prej opisani korak (izbira krajših letnih serij podatkov) nima vpliva.

Slika 2 prikazuje primerjavo med urnimi in dnevnimi vrednostmi pretokov za leto 2014 za vodomerno postajo Dvor, ki leži na reki Gradaščici. Na sliki 2 so prikazane tudi vrednosti urnih in dnevnih pretokov za vse dogodke, pri katerih so vrednosti urnih pretokov

presegale 40 m<sup>3</sup>/s. Opazimo lahko, da so razlike med urnimi in dnevnimi vrednostmi pretokov pričakovano največje ravno pri ekstremnih dogodkih (konice pretokov). Posledično lahko pričakujemo tudi razlike v rezultatih verjetnostnih analiz pri uporabi dnevnih ter urnih podatkov (preglednice 3–5).

Preglednica 4 prikazuje rezultate verjetnostnih analiz z uporabo metode letnih maksimumov (AM), pri čemer upoštevamo le maksimalni pretok v posameznem letu. Opazimo lahko, da upoštevanje leta 2014 pri postajah Dvor in Zminec povzroči povečanje projektnega pretoka s 100-letno povratno dobo, pri Železnikih pa so rezultati, podobno kot pri uporabi dnevnih podatkov, ravno obratni. Razlog za take rezultate bi lahko bile poplave leta 2007 (Rusjan in sod., 2009). Rezultati za vodomerno postajo Zminec kažejo, da je upoštevanje leta 2014 v analizah povzročilo, da je projektni pretok z več kot 500-letno povratno dobo postal projektni pretok s 100-letno povratno dobo (preglednica 4).

Preglednica 5 prikazuje rezultate verjetnostnih analiz z uporabo metode vrednosti nad izbranim pragom (POT), pri čemer smo upoštevali v povprečju tri dogodke na leto (POT 3). Pri vseh treh vodomernih postajah je upoštevanje leta 2014 v analizah povzročilo relativno izrazito povečanje v projektnih pretokih. Za nobeno izmed vodomernih postaj sicer ne moremo trditi, da je 100-letna visoka voda postala 10- ali 25-letna visoka voda, lahko pa rečemo, da je projektni pretok s 100-letno povratno dobo postal projektni



Slika 2: Primerjava med dnevnimi in urnimi podatki o pretokih za vodomerno postajo Dvor na reki Gradaščici za leto 2014 ter prikaz vrednosti pretokov za nekatere dogodke (m<sup>3</sup>/s)

Figure 2: Comparison between daily and hourly discharge data for the Dvor station on the Gradaščica River for year 2014 and presentation of discharge values for some extreme events (m<sup>3</sup>/s).



## Sklepne misli

pretok z 80- ali 90-letno povratno dobo (preglednica 5). Sliki 3 in 4 prikazujeta poplavljanje Gradaščice med Ljubljano in Polhovim Gradcem oktobra 2014, ki je povzročilo spremembe, povezane z ocenjenimi vrednostmi projektnih pretokov ter povratnimi dobami njihovega nastopa (preglednici 4 in 5).

Rezultati hidroloških verjetnostnih analiz, ki so bile izvedene z metodo letnih maksimumov in metodo vrednosti nad izbranim pragom, z upoštevanjem hidrološkega izrednega leta 2014 in brez njega, kažejo, da lahko

Postaja	Dvor		Železniki		Zminec	
	Brez 2014	Z 2014	Brez 2014	Z 2014	Brez 2014	Z 2014
Povratna doba (leta)						
10	65,6	68,7	96,6	95,3	251,3	277,8
100	92,3	96,8	124,1	112,8	325,2	400,6
500	109,9	115,0	137,6	119,2	360,2	476,3

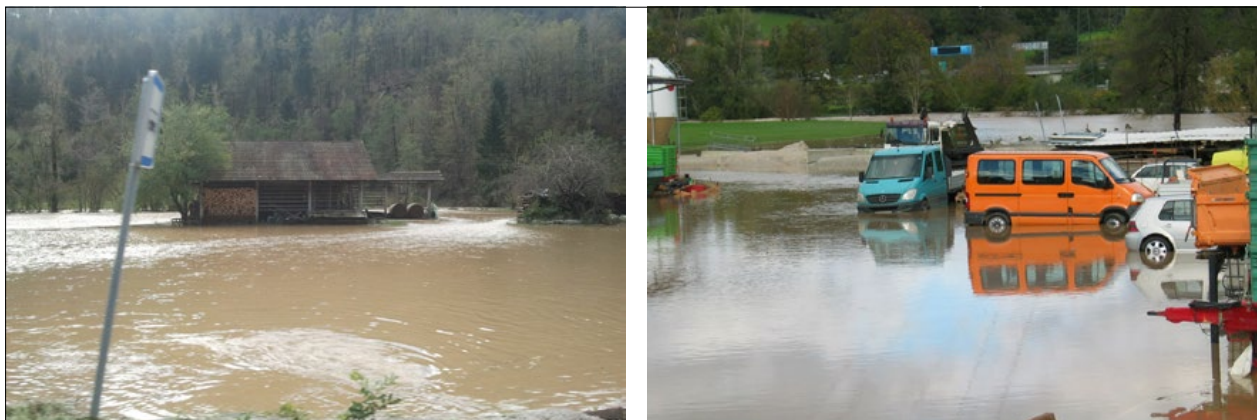
Preglednica 4: Rezultati verjetnostnih analiz pretokov ( $m^3/s$ ) z upoštevanjem leta 2014 in brez njega za različne vrednosti povratnih dob z uporabo urnih podatkov o pretokih (AM-metoda)

Table 4: Flood frequency analysis results ( $m^3/s$ ) with and without consideration of year 2014 for different return period values using the hourly discharge data (AM method).

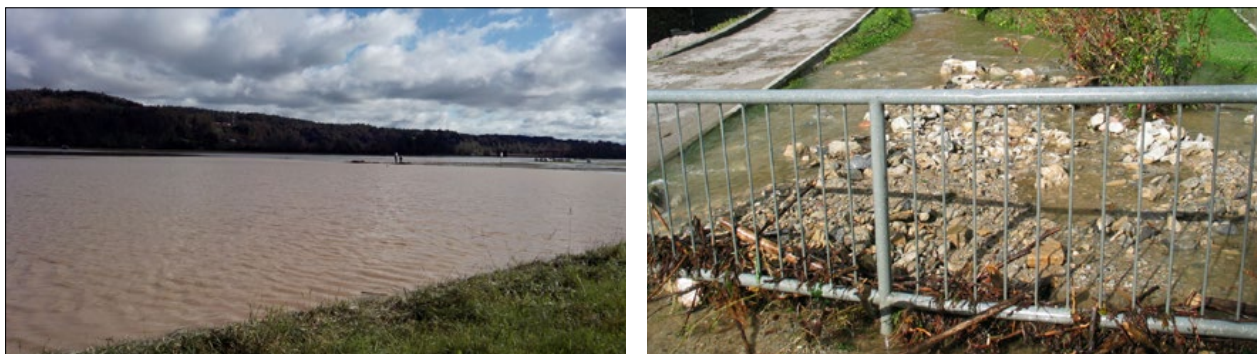
Postaja	Dvor		Železniki		Zminec	
	Brez 2014	Z 2014	Brez 2014	Z 2014	Brez 2014	Z 2014
Povratna doba (leta)						
10	67,9	77,5	96,4	100,1	286,1	305,7
100	98,2	112,8	139,6	144,6	429,3	458,5
500	119,1	137,0	169,3	175,1	527,6	563,3

Preglednica 5: Rezultati verjetnostnih analiz pretokov ( $m^3/s$ ) z upoštevanjem leta 2014 in brez njega za različne vrednosti povratnih dob z uporabo urnih podatkov o pretokih. (POT-metoda)

Table 5: Flood frequency analysis results ( $m^3/s$ ) with and without consideration of year 2014 for different return period values using the hourly discharge data (POT method).



Slika 3: Poplave Gradaščice med Ljubljano in Polhovim Gradcem oktobra 2014 (I, foto: M. Sečnik, K. Zabret)  
Figure 3: Gradaščica River floods between Ljubljana and Polhov Gradec in October 2014 (I, photo: M. Sečnik, K. Zabret).



Slika 4: Poplave Gradaščice med Ljubljano in Polhovim Gradcem oktobra 2014 (II, foto: N. Bezak, M. Kogoj)  
Figure 4: Gradaščica River floods between Ljubljana and Polhov Gradec in October 2014 (II, photo: N. Bezak, M. Kogoj).

v nekaterih primerih ekstremno hidrološko leto povzroči izrazite spremembe v povratnih dobah izbranih projektnih pretokov. V prispevku sta bili za oceno vpliva leta 2014 na povezavo med izbranimi projektnimi pretoki ter povratnimi dobami uporabljeni dve metodi: AM-metoda in POT-metoda (Bezak in sod., 2014). Podobne analize bi lahko izvedli še z uporabo multivariatnih verjetnostnih metod (npr. funkcije kopula) (Šraj in sod., 2015).

V Sloveniji poplave povzročijo okoli 10 odstotkov škode zaradi naravnih nesreč (Zorn in Komac, 2011). Na podlagi skrbno zbranih podatkov je od leta 1926 do konca leta 2014 v Sloveniji zaradi poplav izgubilo življenje 74 oseb ([http://ksh.fgg.uni-lj.si/ksh/strok\\_dej/Zrtve\\_poplav\\_SLO.html](http://ksh.fgg.uni-lj.si/ksh/strok_dej/Zrtve_poplav_SLO.html)). Kljub relativno izrazitemu padajočemu trendu, ki je večinoma posledica številnih smrtnih žrtev velikih povodenj v letih 1926, 1933 in 1954, izstopa povečanje števila smrtnih žrtev v 21. stoletju. Eden izmed razlogov je verjetno povečana poplavna ranljivost, ki je posledica neprimerne gradnje na poplavnih območjih (npr. Ljubljana-Vič, Barje ...). Ker pa je ogroženost zaradi poplav zmnožek ranljivosti in nevarnosti (Brilly in sod., 1999), ki jo določajo naravni pogoji, za nastanek vodne ujme, lahko spremembe v pogostosti naravnih pojavov (npr. poplave ali suše) vodijo k povečani nevarnosti. Tako bi lahko deloma razložili večje število smrtnih žrtev v poplavah po letu 2000.

Kljub stalnemu razvoju na področju kakovostnega modeliranja hidroloških pojavov in vedno bolj natančnemu izdajanju zgodnjih opozoril pred nevarnostjo ekstremnih pojavov, kot so poplave, za katere je pristojna Agencija RS za okolje (ARSO), se ljudje še vedno premalo zavedamo dejanske moči vodnega toka. Predvsem avtomobili nam pogosto dajejo lažen občutek varnosti; na primer v ZDA je več kot 60 odstotkov smrtnih žrtev zaradi hudourniških poplav posledica nespametne vožnje z avtomobili v ekstremnih razmerah (Špitalar in sod., 2014). Ker so ceste pogosto zgrajene vzporedno z vodotoki in ker se velikokrat z njimi tudi križajo (sliki 3 in 4), lahko že manjša poplava zalije cestišče, ki potem ni več varno za vožnjo. Zato menimo, da bi morali opraviti strokovno razpravo o tem, kakšno vlogo dati upravljavcu cest pri delovanju enot zaščite in reševanja ob nastopu poplav.

## Zahvala

Zahvaljujemo se Agenciji RS za okolje za posredovane podatke o pretokih. Rezultati raziskave so delno nastali v okviru dela programske skupine P2-0180 Vodarstvo in geotehnika, ki jo financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS).

## Viri in literatura

1. Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), 2013. Povratne dobe velikih in malih pretokov za merilna mesta državnega hidrološkega monitoringa površinskih voda. <http://www.arso.gov.si/vode/podatki/Povratne%20dobe%20Qv%20Qv%20Qv.pdf> (10. 3. 2015).
2. Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), 2014. Rekordno toplo in izjemno namočeno leto 2014. <http://www.arso.gov.si/novice/datoteke/033050-leto-2014.pdf> (10. 3. 2015).
3. Bezak, N., Brilly, M., Šraj, M., 2014. Comparison between the peaks-over-threshold method and the annual maximum method for flood frequency analysis. *Hydrological Sciences Journal*, 59(5), 959–977.
4. Brilly, M., Mikoš, M., Šraj, M., 1999. Vodne ujme – varstvo pred poplavami, erozijo in plazovi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 186.
5. Brilly, M., Šraj, M., 2005. Osnove hidrologije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 309.
6. Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P. D., Peterson, T. C., Karl, T. R., Parker, D. E., Salinger, M. J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P., Folland, C. K., 1997. Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science*, 277(5324), 364–367.
7. Hall, J., Arheimer, B., Borga, M., Brázdil, R., Claps, P., Kiss, A., Kjeldsen, T. R., Kriaučiūnienė, J., Kundzewicz, Z. W., Lang, M., Llasat, M. C., Macdonald, N., McIntyre, N., Mediero, L., Merz, B., Molnar, P., Montari, A., Neuhold, C., Parajka, J., Perdigão, R. A. P., Plavcová, L., Rogger, M., Salinas, J. L., Sauquet, E., Schär, C., Szolgay, J., Viglione, A., Blöschl, G., 2014. Understanding flood regime changes in Europe: a state-of-the-art assessment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(7), 2735–2772.
8. Huntington, T. G., 2006. Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis. *Journal of Hydrology*, 319(1–4), 83–95.
9. Jones, P. D., New, M., Parker, D. E., Martin, S., Rigor, I. G., 1999. Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Reviews of Geophysics*, 37(2), 173–199.
10. Kobold, M., 2011. Primerljivost poplave septembra 2010 z zabeleženimi zgodovinskimi poplavnimi dogodki. *Ujma*, 25, 48–56.
11. Koler, B., Urbancic, T., Vidmar, A., Globevnik, L., 2012. Analysis of the flood in Ljubljana and on the Ljubljana moor. *Geodetski vestnik*, 56(4), 846–860.
12. Koutsoyiannis, D., 2013. Hydrology and Change. *Hydrological Sciences Journal*, 58(6), 1177–1197.
13. Labat, D., Godderis, Y., Probst, J. L., Guyot, J. L., 2004. Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Advances in Water Resources*, 27(6), 631–642.
14. Menih, M., 2014. Analiza vpliva izbranega obdobja meritev na rezultate verjetnostnih analiz visokovodnih konic. Diplomsko delo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani. Ljubljana.
15. Rusjan, S., Kobold, M., Mikos, M., 2009. Characteristics of the extreme rainfall event and consequent flash floods in W Slovenia in September 2007. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(3), 947–956.
16. Salinas, J. L., Castellarin, A., Viglione, A., Kohnova, S., Kjeldsen, T. R., 2014. Regional parent flood frequency distributions in Europe - Part 1: Is the GEV model suitable as a pan-European parent? *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(11), 4381–4389.
17. Špitalar, M., Gourley, J. J., Lutoff, C., Kirstetter, P., Brilly, M., Carr, N., 2014. Analysis of flash flood parameters and human impacts in the US from 2006 to 2012. *Journal of Hydrology*, 519(27), 863–870.
18. Šraj, M., Bezak, N., Brilly, M., 2015. Bivariate flood frequency analysis using the copula function: a case study of the Litija station on the Sava River. *Hydrological Processes*, 29, 225–238.
19. Zorn, M., Komac, B., 2011. Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji in svetu med letoma 1995 in 2010. *Acta geographica Slovenica*, 51(1), 7–41.