



R 1.08.

ANALIZA MAKSIMALNIH TRODNEVNIH KOLIČINA OBORINE U HRVATSKOJ

**Irena Nimac, Ksenija Cindrić Kalin,
Melita Perčec Tadić, Marjana Gajić-Čapka**

SAŽETAK: Meteorološke podloge za projektiranje i održavanje hidrotehničkih sustava najčešće sadrže procjene očekivanih maksimalnih jednodnevnih i/ili petodnevnih količina oborine koje mogu imati rizičan utjecaj na pojedine objekte. Međutim, višednevna kišna razdoblja s velikom količinom oborine najčešće su uzrokovana intenzivnim kišnim epizodama u trajanju do tri dana. Zbog toga su u ovom radu analizirane maksimalne godišnje trodnevne količine oborine (Rx3d) prema dnevnim podacima sa 137 meteoroloških postaja u Hrvatskoj. Prikazana je prostorna razdioba dekadnog trenda godišnjih maksimuma trodnevne količine oborine iz razdoblja 1961–2010. Primjenom opće razdiobe ekstremnih vrijednosti procijenjeni su očekivani maksimumi za povratna razdoblja od 2, 5, 10, 25, 50 i 100 godina. Rezultati ovoga rada su sastavni dio podloge za regionalizaciju ekstremne količine oborine i izradu karata opasnosti i rizika od poplava.

KLJUČNE RIJEČI: Trodnevna količina oborine, Ekstremi, Povratno razdoblje, Trend, Poplave

ANALYSIS OF THREE-DAY PRECIPITATION MAXIMA IN CROATIA

SUMMARY: Meteorological databases for designing and maintaining hydro-technical systems mostly contain estimates of expected maximum 1-day and/or 5-day precipitation quantities which may have hazardous impact on individual facilities. However, rainfall periods lasting more days with a large amount of precipitation are usually caused by intense rainfall episodes lasting up to three days. This paper, therefore, analyzes maximum annual three-day precipitation amounts (Rx3d) calculated according to daily data from 137 meteorological stations in Croatia. Spatial distribution of decadal trend in Rx3d annual maxima from the period 1961-2010 is shown. Expected maxima were estimated for return periods of 2, 5, 10, 25, 50 and 100 years by applying generalized extreme value distribution. The results of this study will serve as part of the baseline information for future regionalization of extreme precipitation amounts and for hazard and flood risk mapping.

KEY WORDS: Three-day precipitation, Extremes, Return period, Trend, Floods

1. UVOD

Maksimalne dnevne ili višednevne količine oborine imaju veliku ulogu kod projektiranja različitih hidrotehničkih sustava. Osnova su i buduće regionalizacije ekstremne količine oborine i važan element pri izradi karata opasnosti i rizika od poplava. Do sada su za područje Hrvatske najčešće analizirane jednodnevne i petodnevne maksimalne količine oborine (npr. Gajić-Čapka i Cindrić, 2011.; Gajić-Čapka i drugi, 2014). Ta trajanja pripadaju skupini indeksa oborinskih ekstrema koje je definirao Ekspertni tim za detekciju klimatskih promjena i indekse (ETCCDI) Svjetske meteorološke organizacije (Peterson i drugi 2001.; WMO 2004).

Nedavno su Isotta i drugi (2013) analizirali dnevne količine oborine (iz razdoblja 1971.-2008) šireg alpskog područja u svrhu izrade karata visoke rezolucije (5 km). Analiza obuhvaća i Hrvatsku s izuzetkom krajnjeg istoka Slavonije i dubrovačkog primorja. Poblize su prikazane četiri važne prostorne osobitosti dnevne količine oborine (R_d): udio oborinskih dana u godini ($R_d \geq 1$ mm) veći je u zapadnom, planinskom području i riječkom zaleđu u odnosu na istok Hrvatske i krajnji jug; srednja količina oborine za oborinske dane najveća je na vršnim dijelovima dinarskog gorja i veća je na obali nego u kontinentalnoj unutrašnjosti; srednji godišnji maksimumi dnevne količine oborine (mm/dan) veći su na obali nego u kontinentalnoj unutrašnjosti i posljednje, udio oborine koja pripada danima s umjerenim do visokim količinama oborine također je najveći u planinskom poručju. Također je naglašeno da srednja godišnja maksimalna duljina razdoblja oborinskih dana raste od istoka prema zapadu kontinentalne Hrvatske, dulja je u primorskom zaleđu, a najdulja u planinskim područjima.

Pored analiza jednodnevne i petodnevne količine oborine, praćenje kišnih razdoblja u Hrvatskoj (npr. DHMZ, 2014) pokazalo je da su višednevna kišna razdoblja s velikom količinom oborine najčešće uzrokovana intenzivnim kišnim epizodama u trajanju do tri dana. Zbog toga su u ovom radu analizirane trodnevne maksimalne godišnje i sezonske količine oborine u Hrvatskoj. Prikazana je prostorna razdioba njihovih prosječnih vrijednosti te dekadnog trenda godišnjih i sezonskih maksimuma iz razdoblja 1961–2010. Primjenom opće razdiobe ekstremnih vrijednosti procijenjeni su očekivani maksimumi za različita povratna razdoblja za sedam regija u Hrvatskoj koje se međusobno razlikuju po oborinskom režimu. Naime, iako je Hrvatska relativno mala zemlja, velika raznolikost topografije, otvorenost prema Panonskoj ravnici i položaj uz Jadransko more, kao i atmosferski cirkulacijski sustavi koji ne zahvaćaju u jednakoj mjeri pojedine dijelove zemlje, definiraju više različitih oborinskih regija.

2. PODACI I METODE

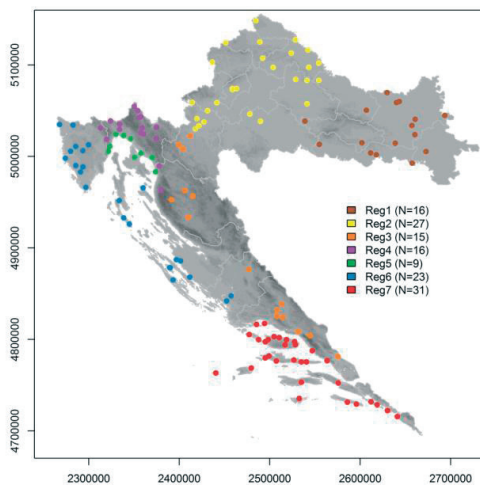
Za potrebe ovog rada korišteni su dnevni podaci količine oborine iz razdoblja 1961–2010. sa 137 meteoroloških postaja u Hrvatskoj. To su klimatološke i kišomjerne postaje Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) koji provodi redovnu obradu i kontrolu mjerenih podataka. Na pojedinim postajama niz je nešto kraći od 50 godina zbog nedostajućih podataka, pa tako na 11 postaja nedostaje po jedna godina podataka, na pet postaja nedostaju dvije do četiri godine podataka, a samo na tri postaje nedostaje sedam godina dnevnih podataka količine oborine.

Za potrebe regionalizacije, područje Hrvatske podijeljeno je na sedam regija (Slika

1) ovisno o godišnjem hodu količine oborine, razdiobi percentila dnevne količine oborine i grupiranju maksimalne dnevne količine oborine, uz uvažavanje geografskog položaja i nadmorske visine postaja, kako su nedavno definirali Gajić-Čapka i drugi (2014). Statistička obilježja trodnevne količine oborine približno se geografski odnose na: Slavoniju (Reg1), sjeverozapadnu kontinentalnu Hrvatsku (Reg2), prijelaz prema planinskoj Hrvatskoj i dio jadranskog zaleđa (Reg3), visoko planinsko područje (Reg4), Kvarnerski zaljev (Reg5), obalno područje sjevernog (Reg6) te srednjeg i južnog Jadrana (Reg7).

U radu su analizirani nizovi godišnjih maksimuma uzastopne trodnevne količine oborine (Rx3d). Za pojedinu regiju nizovi su dobiveni usrednjavanjem vremenskih nizova pripadnih postaja. Prema Klein Tank i drugi (2009) usrednjavanjem vrijednosti nekog meteorološkog parametra s više postaja smanjuju se eventualne nesistematske nehomogenosti i na taj način smanjuje se njihov utjecaj na procjenu trenda.

Provedena je osnovna statistička analiza koja pruža prvi uvid u regionalne razlike trodnevni količina oborine. U svrhu ocjene opasnosti i rizika od maksimalnih trodnevni količina oborine u budućnosti, procijenjeni su očekivani maksimumi za pojedinu regiju za različita povratna razdoblja (2, 5, 10, 25, 50 i 100 godina) prilagođavanjem opće razdiobe ekstremnih vrijednosti (GEV, *eng. Generalised Extreme Value distribution*) (Coles, 2001). Osim toga, na svim postajama i po regijama procijenjen je dekadni trend trodnevni maksimalni količina oborine korištenjem Senovog (ili Kendallovog tau) nagiba. Statistička značajnost trenda određena je pomoću neparametarskog Mann-Kendallovog testa (Helsel i Hirsch, 2002). Nešto više detalja o ovoj metodi može se pronaći i u Cindrić i drugi (2014).



Slika 1. Položaj meteoroloških postaja i podjela po regijama. N označava broj postaja u pojedinoj regiji, sivom bojom istaknut je reljef, a svijetlo sivim linijama granice županija.

3. REZULTATI

Statistička obilježja maksimalne godišnje trodnevne količine oborine prikazana su u tablici 1 po regijama za referentno klimatološko razdoblje 1961–1990. i promatrano razdoblje 1961–2010. i to srednjak, te maksimalne i minimalne vrijednosti za Rx3d. Usporedbom regionalnih vrijednosti Rx3d, najveće vrijednosti maksimalne godišnje trodnevne količine oborine u promatranom 50-godišnjem razdoblju nalazimo u najvišem gorju (Reg4, 170.1 mm), a najmanje u Slavoniji (Reg1, 63.5 mm). Prosječne vrijednosti za 50-godišnje razdoblje ne odstupaju znatno od srednjaka za 30 godina. Prema predznaku razlika vidimo da je srednjak iz duljeg razdoblja nešto veći u Slavoniji te na području sjevernog Jadrana. Najveće odstupanje je u području Kvarnera (Reg5, -3.5 %) a najmanje u visokom planinskom području (Reg4, 0.3%). Najveća vrijednost maksimalne godišnje trodnevne količine oborine izmjerena je u gorskom području na postaji Gerovo (Reg4, 383.3 mm), dok je najmanja na postaji Sveti Petar u šumi (Reg6, 3.4 mm). Očekivano, najmanje prosječne vrijednosti javljaju se u kontinentalnim nizinskim dijelovima Hrvatske, dok se veće vrijednosti javljaju u planinskim područjima bližim moru koje je izvor vlage, a orografija stvara povoljne uvjete za stvaranje konvekcije i kišonosnih oblaka.

Tablica 1. Prosječna vrijednost maksimalne godišnje trodnevne količine oborine (mm) za pojedinu regiju u referentnom klimatološkom razdoblju 1961–1990. i promatranom razdoblju 1961–2010. te apsolutni maksimumi i minimumi na pojedinoj postaji iz 50-godišnjeg razdoblja.

	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7
Sred ₆₁₋₉₀	61.6	73.7	117.7	170.6	133.1	90.7	101.0
Sred ₆₁₋₁₀	63.5	73.3	119.8	170.1	137.8	91.9	101.7
Maks ₆₁₋₁₀	221.3	205.1	298.5	383.3	381.7	353.7	374.2
Min ₆₁₋₁₀	20.8	26.7	37.0	67.9	41.6	3.4	27.0

Osnovna statistika vrijednosti Rx3d po sezonama nalazi se u tablici 2. Maksimalne sezonske trodnevne količine oborine su dobivene kao maksimalna vrijednost uzastopne trodnevne količine oborine u tri uzastopna mjeseca pojedine klimatološke sezone: za zimu to su prosinac-siječanj-veljača (Z), za proljeće ožujak-travanj-svibanj (P), za ljeto lipanj-srpanj-kolovoz (LJ) i za jesen rujan-listopad-studen (J). Pripadni srednjak maksimalne sezonske trodnevne količine oborine za pojedinu regiju izračunat je na isti način kao i za maksimalnu godišnju trodnevnu količinu oborine. U prosjeku, planinsko područje (Reg 4) ima najveće vrijednosti Rx3d u svim sezonama i to najviše u jesenskim mjesecima (146.8 mm), a najmanje trodnevne količine javljaju se u Slavoniji osobito zimi (Reg1, 33.2 mm). Uspoređujući pojedine sezone, u prosjeku se najveće maksimalne sezonske trodnevne količine oborine javljaju u jesenskim mjesecima i to u svim regijama osim u Slavoniji (Reg1) gdje se maksimum javlja ljeti zbog konvektivne oborine najčešće uzrokovane advekcijom svježeg ili hladnog zraka sa sjeverozapada (Gajić-Čapka, 1983; Lončar i Bajić, 1994.). Općenito, u kontinentalnoj unutrašnjosti (Reg1 i Reg2) se u ljetnim i jesenskim mjesecima javljaju veći trodnevni maksimumi nego zimi i u proljeće. Za sjeverozapadnu kontinentalnu unutrašnjost (Reg2) to je u skladu s godišnjim režimom oborine, tj. pod blagim maritimnim utjecajem najviše oborine padne ljeti (lipanj) i u jesen. Međutim, na području Slavonije gdje prevladava kontinentalni

tip oborinskog režima karakteriziran većim prosječnim sezonskim količinama oborine u toplom dijelu godine (proljeće i ljeto) trodnevni maksimumi oborine imaju sekundarni maksimum u jesen. Takva sezonska raspodjela je dobivena i za jednodnevne i petodnevne maksimalne količine oborine (Gajić-Čapka i drugi, 2014.). Dakle, iako je u istočnoj nizinskoj Hrvatskoj prosječno više oborine u proljetnim mjesecima, 1-, 3- i 5-dnevne količine oborine su intezivnije u jesenskim mjesecima. U ostalim pak regijama, veće vrijednosti Rx3d nalazimo u hladno doba godine (jesen i zima) nego u toplom (proljeće i ljeto) što je u skladu s maritimnim režimom količine oborine tijekom godine. Najveća vrijednost apsolutnog sezonskog maksimuma trodnevne količine oborine (Maks_{61-10} u Tab. 2) izmjerena je na postaji Gerovo u listopadu 1961. godine (Reg4, 383.3 mm), a minimalna (Min_{61-10} u Tab. 2) na postaji Maslinica u ljeto 1962. (Reg7, 1.4 mm). Slično kao za prosječne vrijednosti, i apsolutni maksimumi se javljaju u jesenskoj sezoni za gotovo sve regije osim u središnjem kontinentalnom dijelu (Reg2) te središnjem i južnom Jadranu (Reg7) u kojima je apsolutni maksimum izmjereno u ljetnim mjesecima. Najmanje vrijednosti maksimalne sezonske trodnevne količine oborine za nizinske središnje i istočne dijelove (Reg1 i Reg2) te planinska područja (Reg4) izmjerene su u zimskoj sezoni, dok je za sve ostale regije minimum ljeti.

Tablica 2. Prosječna vrijednost maksimalnih sezonskih (Z- zima, P- proljeće, LJ- ljeto, J- jesen) trodnevni količina oborine (mm) za pojedinu regiju u referentnom klimatološkom razdoblju 1961–1990. i promatranom razdoblju 1961–2010. te apsolutni izmjereni maksimumi i minimumi na pojedinoj postaji u 50-godišnjem razdoblju.

		Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7
Z	Sred ₆₁₋₉₀	32.2	39.3	83.1	122.5	85.5	56.6	69.7
	Sred ₆₁₋₁₀	33.2	39.7	85.5	123.0	89.7	56.5	69.4
	Maks ₆₁₋₁₀	90.5	114.7	298.5	376.0	332.7	184.5	249.4
	Min ₆₁₋₁₀	2.5	10.6	12.8	22.5	16.9	13.5	5.0
P	Sred ₆₁₋₉₀	37.0	46.2	70.3	101.6	75.6	49.6	57.4
	Sred ₆₁₋₁₀	37.7	46.5	71.9	100.9	79.1	50.7	57.3
	Maks ₆₁₋₁₀	131.6	130.8	200.5	346.2	208.0	184.5	246.8
	Min ₆₁₋₁₀	11.2	12.6	17.5	36.7	22.0	12.7	7.9
LJ	Sred ₆₁₋₉₀	53.8	60.3	65.9	91.4	77.7	55.1	49.5
	Sred ₆₁₋₁₀	53.2	58.0	64.4	85.7	73.5	54.3	49.9
	Maks ₆₁₋₁₀	195.2	205.1	230.0	231.6	324.7	178.0	374.2
	Min ₆₁₋₁₀	16.1	18.7	2.1	26.4	16.5	7.8	1.4
J	Sred ₆₁₋₉₀	40.6	56.8	97.5	146.4	115.8	77.5	79.9
	Sred ₆₁₋₁₀	45.1	59.5	100.1	146.8	121.2	80.0	82.4
	Maks ₆₁₋₁₀	221.3	161.2	236.5	383.3	381.7	353.7	312.9
	Min ₆₁₋₁₀	9.2	16.0	29.7	38.3	31.4	12.0	15.0

Osnovna statistika procijenjenih maksimalnih godišnjih trodnevni količina oborine za različita povratna razdoblja za pojedinu regiju prikazana je u tablici 3. U prosjeku, najveći očekivani maksimumi trodnevne količine oborine za sva povratna razdoblja (Sred_{61-10} u

Tab. 3.) su u visokom planinskom području (Reg4), dok su najmanji u Slavoniji (Reg1) za povratna razdoblja do 25 godina, odnosno u središnjem i sjeverozapadnom području Hrvatske (Reg2) za veća povratna razdoblja. Najmanji očekivani maksimumi trodnevne količine oborine na pojedinoj postaji (Min_{61-10} u Tab. 3) za sva povratna razdoblja javljaju se u Slavoniji (Reg1) na postaji Aljmaš, a najveći ($Maks_{61-10}$ u Tab. 3) za povratna razdoblja do 50 godina u visokom planinskom području (Reg4) i to na postaji Klana za povratna razdoblja od 2 do 25 godina i na postaji Gerovo za povratno razdoblje od 50 godina, dok je za povratno razdoblje od 100 godina maksimum na postaji Matulji u Kvarnerskom zaljevu (Reg5).

Tablica 3. Osnovna statistika procijenjenih maksimalnih trodnevnih količina oborine (mm) za pojedinu regiju za različita povratna razdoblja.

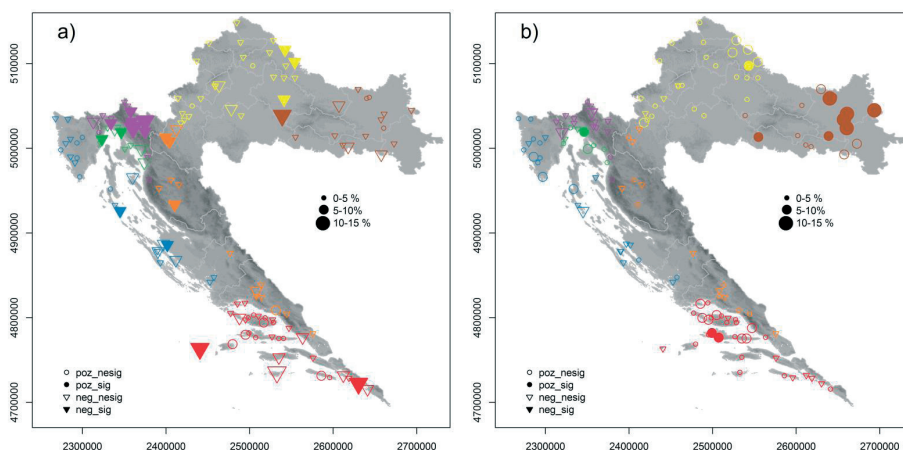
Povratna razdoblja		2	5	10	25	50	100
Reg1	Sred ₆₁₋₁₀	58.4	76.7	90.9	111.8	130	150.9
	Maks ₆₁₋₁₀	64.6	88.2	110.3	148.3	186.1	234.4
	Min ₆₁₋₁₀	49.6	64.0	73.3	84.9	93.3	101.5
Reg2	Sred ₆₁₋₁₀	69.6	86.9	98.7	114.5	126.8	139.6
	Maks ₆₁₋₁₀	84.9	100.8	114.1	132.2	151.3	177.5
	Min ₆₁₋₁₀	57.5	73.0	84.7	97.3	104.1	110.5
Reg3	Sred ₆₁₋₁₀	115.1	142.6	160.5	183.1	200.1	217.4
	Maks ₆₁₋₁₀	159.5	205.4	231.7	260.5	279.6	329.2
	Min ₆₁₋₁₀	86.6	110.5	122.7	138	148.6	157.6
Reg4	Sred ₆₁₋₁₀	163.1	205.0	232.3	266.7	292.4	318.3
	Maks ₆₁₋₁₀	241.0	297.7	325.4	352.3	369.2	401.5
	Min ₆₁₋₁₀	118.4	138	148.3	158.9	165.3	170.6
Reg5	Sred ₆₁₋₁₀	128.7	166.1	193.1	230.2	260.2	292.5
	Maks ₆₁₋₁₀	165.7	212.6	251.2	310.3	363.3	425.0
	Min ₆₁₋₁₀	111	143.6	168.7	193.1	211.5	230.1
Reg6	Sred ₆₁₋₁₀	85.5	112	131.2	157.8	179.5	203.1
	Maks ₆₁₋₁₀	112.7	146.5	168.5	195.9	215.9	251.2
	Min ₆₁₋₁₀	73.8	95.5	110.2	127	139.5	152.1
Reg7	Sred ₆₁₋₁₀	95.3	124.3	144.6	172	193.9	217.3
	Maks ₆₁₋₁₀	123.8	160.1	192.7	240.6	285.8	357.4
	Min ₆₁₋₁₀	61.1	78.9	89.5	101.7	109.9	117.4

Rezultati trenda sezonskih i godišnjih maksimalnih trodnevnih količina oborine po regijama prikazani su u Tablici 4. Vidimo da je statistički značajno povećanje Rx3d opaženo u jesenskim mjesecima u Slavoniji. Ističe se konzistentno smanjenje ljetne maksimalne trodnevne količine u svim regijama, a koje je statistički značajano u gorskom području (Reg4) i u Kvarnerskom zaljevu (Reg5). S druge strane, na području Kvarnerskog zaljeva i u jadranskom zaleđu (Reg3) opažen je blagi porast Rx3d u svim ostalim sezonama. Nadalje, u gorskom području (Reg 4) te u sjevernom i srednjem priobalju (Reg6) prevladava negativan trend Rx3d po sezonama i za godinu.

Na slikama 2a i 2b prikazani su za sve postaje iznosi dekadnog trenda izraženi u postocima u odnosu na srednje vrijednosti iz referentnog klimatološkog razdoblja 1961-1990. za ljeto i jesen. Javno se vidi konzistentno smanjenje ljetnih maksimalnih trodnevni količina u cijeloj Hrvatskoj, osobito u Gorskom Kotaru (Slika 2a) te prevladavajući značajan pozitivan jesenski trend u Slavoniji (od 5% do 15%) (Slika 2b).

Tablica 4. Vrijednosti dekadnog trenda za maksimalnu trodnevnu količinu oborine (mm/10god) za godinu (God) i po sezonama (Z – zima, P- proljeće, LJ- ljeto, J- jesen) za sedam regija (Slika 1). Vrijednosti statistički značajnog trenda na razini značajnosti od 0,05% su podebljane.

Sezona	Reg 1	Reg 2	Reg 3	Reg 4	Reg 5	Reg 6	Reg 7
God	-0.2	-0.9	0.9	-4.9	2.2	-0.1	0.7
Z	-0.4	0.2	1.8	-0.9	2.6	-0.3	-1.2
P	0.4	0.2	2.5	-1.3	2.4	0.3	0.6
LJ	-2.8	-1.5	-1.9	-4.9	-4.5	-1.8	-0.2
J	3.0	1.1	0.0	-2.9	1.4	-0.4	3.6



Slika 2. Dekadni i trend maksimalnih trodnevni količina oborine za 137 postaja za a) ljeto i b) jesen. Trend je izražen u postocima u odnosu na pripadne srednje vrijednosti iz razdoblja 1961-1990. Puni simboli označavaju statistički značajan pozitivan (kružići) ili negativan (trokutići) trend.

ZAKLJUČAK

U radu su analizirane vrijednosti maksimalni trodnevni količina oborine (Rx3d) u Hrvatskoj koja je prema razlikama u oborinskom režimu podijeljena na sedam regija. Rezultati pokazuju da se u svim sezonama najveće vrijednosti Rx3d javljaju u planinskim predjelima, a najmanje u nizinskoj Hrvatskoj što je u skladu sa širom regionalnom analizom godišnjih maksimuma jednodnevne oborine (Isotta i drugi, 2013). U svim regijama se najveće maksimalne trodnevne količine oborine javljaju u jesenskim mjesecima, a samo se u Slavoniji maksimum javlja u ljetnim mjesecima dok jesenski maksimum predstavlja

sekundarni. Upravo u te dvije sezone javljaju se i značajni iznosi trenda maksimalnih trodnevni količina oborine u analiziranom razdoblju 1961-2010. Tako je u Slavoniji opaženo povećanje jesenskih maksimalnih trodnevni količina (3mm/10god) dok ljeti u gorskoj Hrvatskoj i u Kvarnerskom zaljevu prevladava smanjenje (oko 5mm/10god). Rezultati trenda su u skladu i s rezultatima za Rx1d i Rx5d koji su analizirani u radu Gajić-Čapka i drugi (2014). Prevladavajuće jesensko povećanje maksimalne dnevne i višednevne količine oborine u Slavoniji popraćeno je i značajnim povećanjem trajanja uzastopnih kišnih dana ponajviše u posavskom području (Cindrić i drugi 2013).

Rezultati ovog rada predstavljaju osnovu za buduću detaljniju regionalizaciju višednevni maksimalni količina oborine. Osim toga, rezultati opaženih promjena ukazuju na moguću intenzifikaciju višednevni maksimuma u jesenskim mjesecima kada su te vrijednosti ionako najveće u godini. Stoga autori ovoga rada smatraju da će dobiveni rezultati poslužiti kod strateškog planiranja prilagodbe na klimatske promjene u okviru procjena rizika od poplava u Hrvatskoj.

ZAHVALA

Ovaj rad je sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost u okviru projekta CARE (HRZZ 2831).

LITERATURA

- [1] Cindrić, K., Pasarić, Z., Gajić-Čapka, M. (2013): *Time trends in dry and wet spells in Croatia (1961-2010)*. Proceedings of Climate Change Impacts on Water Resources International Conference / Dimkić, Milan (ur.). Beograd : Jaroslav Černi Institute for the Development of Water Resources, 2013. 216-219
- [2] Cindrić, K., Nimac, I., Gajić-Čapka, M., Rubinić, J. (2014): *Vremenske promjene kratkotrajnih jakih oborina u razdoblju 1955–2010. za Varaždin i Split*. Hrvatske vode, 22 (89), 239-250.
- [3] Coles, S. (2001): *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Springer Verlag, London, UK.
- [4] DHMZ (2014.): *Meteorološki i hidrološki bilten*. Državni hidrometeorološki zavod. <http://klima.hr/razno.php?id=publikacije¶m=bilteni>
- [5] Gajić-Čapka, M., (1983): O vezi ljetnog maksimuma oborine i atmosferskih sistema u sjevernoj Hrvatskoj. Zbornik meteoroloških i hidroloških radova, 9, SHMZ, Beograd, 34-43.
- [6] Gajić-Čapka, M., Cindrić, K. (2011): *Secular trends in indices of precipitation extremes in Croatia, 1901–2008*. Geofizika 28:293-312.
- [7] Gajić-Čapka, M., Cindrić, K., Pasarić, Z. (2014): *Trends in precipitation indices in Croatia, 1961–2010*. Theoretical and Applied Climatology. DOI: 10.1007/s00704-014-1217-9.
- [8] Helsel D. R., Hirsch R. M., (2002): *Statistical Methods in Water Resources Techniques of Water Resources Investigations*, U.S. Geological Survey

- [9] Isotta, F. A., Frei, C., Weigluni, V., Perčec Tadić, M., Lassègues, P., Rudolf, B., Pavan, V., Cacciamani, C., Antolini, G., Ratto, S. M., Munari, M., Micheletti, S., Bonati, V., Lussana, C., Ronchi, C., Panettieri, E., Marigo, G. and Vertačnik, G. (2013): *The climate of daily precipitation in the Alps: development and analysis of a high-resolution grid dataset from pan-Alpine rain-gauge data*. Int. J. Climatol., doi: 10.1002/joc.3794
- [10] Lončar, E., Bajić, A. (1994): *The weather types in Croatia*. Hrvatski meteorološki časopis 29:31–41
- [11] Peterson, T.C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., Plummer, N. (2001): *Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001*. World Meteorological Organization Rep. WMO-TD No 1071, WCDMP-No 47, Geneva, Switzerland
- [12] Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M. i drugi. (2008): *Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961-1990., 1971-2000.*, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 200 str.
- [13] WMO (2004): *Report of the CCI/CLIVAR expert team on climate change detection, monitoring and indices (ETCCDMI)*, WCDMP - No 54.

AUTORI

mag. phys.-geophys. Irena Nimac ^a

mr.sc. Ksenija Cindrić Kalin ^a

mr. sc. Melita Perčec Tadić ^a

dr. sc. Marjana Gajić-Čapka ^a

^a Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, 10000, Hrvatska, irena.nimac@cirus.dhz.hr; ksenija.cindric@cirus.dhz.hr; melita.percec.tadic@cirus.dhz.hr; capka@cirus.dhz.hr

