

Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci
Državni hidrometeorološki zavod

ANALIZA OBORINA NA PILOT PODRUČJIMA U ISTRI I ZAGREBU
(PROJEKT RAINMAN)



Rijeka - Zagreb, Veljača 2019.

Naručitelj: Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220,
10000 Zagreb

Naziv projekta: **ANALIZA OBORINA NA PILOT PODRUČJIMA U ISTRI I
ZAGREBU (PROJEKT RAINMAN)**

Evidencijski broj ugovora: 10-031/18

Izvešće izradili: Zajednica izvršitelja:
Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet
Državni hidrometeorološki zavod

Voditelj projekta: doc.dr.sc. Josip Rubinić, dipl.ing.građ.

Izradili:
Sveučilište u Rijeci, doc.dr.sc. Josip Rubinić, dipl.ing.građ.
Građevinski fakultet doc.dr.sc. Nino Krvavica, dipl.ing.građ.
(točke 1, 2.1., 2.3., 3.1., 3.2, 3.3., 3.4., prof.dr.sc. Barbara Karleuša, dipl.ing.građ.
4.1., 4.3., 5.2., 5.3., 5.4., 5.5., 6, 7) Maja Radišić, mag. ing. aedif.

Državni hidrometeorološki zavod mr.sc. Ksenija Cindrić Kalin, dipl. inž. fizike
(točke 2.2., 3.1., 4.2., 4.3., 5.1., 5.3., dr.sc. Ivan Güttler, dipl. inž. fizike.
5.5., 6, 7) Goran Gašparac, dipl. inž. fizike

SADRŽAJ:

1. UVOD U PROBLEMATIKU POJAVA JAKIH OBORINA I NJIMA IZAZVANIH POPLAVNIH ŠTETA NA ANALIZIRANIM PILOT PODRUČJIMA	1
2. ZNAČAJKE PILOT PODRUČJA.....	4
2.1. Područje Istre.....	4
2.2. Područje Zagreba.....	6
2.3. Usporedbe prethodnih saznanja o oborinskom režimu kratkotrajnih jakih oborina na odabranim pilot područjima.....	7
3. METODOLOGIJA PROVEDENIH OBRADA.....	10
3.1. Metodologija provedbe analize kratkotrajnih količina oborine u vidu HTP i ITP krivulja i njihove regionalizacije.....	10
3.1.1. Pregled razvoja analiza i obrada značajki kratkotrajnih jakih oborina na području Hrvatske10	
3.1.2. Metodologija obrade kratkotrajnih jakih oborina.....	12
3.1.3. Regionalizacija rezultata obrada kratkotrajnih jakih oborina	18
3.2. Prijedlog metodologije hidroloških obrada velikih voda uzrokovanih palim intenzivnim oborinama na odabranim pilot područjima	19
3.3. Metodologija za procjenu utjecaja klimatskih promjena na pojavnost jake oborine i promjene hidroloških značajki bujičnih vodotoka.....	23
3.4. Metodologija definiranja oblika „pljuska za projektiranje“	24
3.4.1. Obrada ombrografskih podataka	26
3.4.2. Metoda prosječne varijabilnosti	27
4. ANALIZA RASPOLOŽIVIH PODLOGA.....	30
4.1. Pregled propisa i drugih legislativnih dokumenata vezanih uz problematiku poplava i odvodnju oborinskih voda	30
4.2. Oborinski podaci	32
4.3. Podaci o zabilježenim ekstremnim količinama oborine i njima izazvanim poplavnim štetama.....	42
5. ANALIZA KRATKOTRAJNIH JAKIH KOLIČINA OBORINE NA ODABRANIM PODRUČJIMA	59
5.1. Analiza nizova maksimalnih kratkotrajnih (do 24h) i višednevnih količina oborine, analiza trendova pripadnih nizova i vjerojatnosti njihove pojave za odabrane ombrografske postaje	59
5.1.1. Analiza nizova godišnjih maksimalnih kratkotrajnih (do 24h) količina oborine.....	59
5.1.2. Analiza nizova godišnjih ekstrema kratkotrajnih količina oborine formiranih od nizova s izdvojenim većim brojem intenzivnih oborina.....	72
5.1.3. Analiza nizova maksimalnih višednevnih količina oborine	83

5.1.4.	Analiza trendova maksimalnih višednevnih nizova količine oborine.....	89
5.2.	Definiranje HTP krivulja za odabrane ombrografske postaje	106
5.2.1.	HTP krivulje.....	106
5.2.2.	ITP krivulje	114
5.3.	Prostorne raspodjela kratkotrajnih jakih oborina	119
5.4.	Definiranje oblika „pljuska za projektiranje“	126
5.4.1.	Pljusak za projektiranje na pilot području Istre – postaja Pazin.....	126
5.4.2.	Pljusak za projektiranje na pilot području Istre – postaja Pula	131
5.4.3.	Pljusak za projektiranje na pilot području Zagreba – postaja Grič.....	136
5.4.4.	Pljusak za projektiranje na pilot području Zagreba – postaja Maksimir	141
5.4.5.	Usporedba pljuska za projektiranje na četiri odabrane postaje	146
5.4.6.	Primjer proračuna otjecanja pomoću pljuska za projektiranje	148
5.4.7.	Regionalne razlike pljuska za projektiranje na odabranim područjima	153
5.5.	Analiza mogućih promjena značajki HTP/ITP krivulja uslijed utjecaja klimatskih promjena 155	
6.	ZAKLJUČCI I PREPORUKE ZA JAČANJE OTPORNOSTI NA POJAVE KRATKOTRAJNE I INTENZIVNE DNEVNE OBORINE	161
7.	LITERATURA.....	164

1. UVOD U PROBLEMATIKU POJAVA JAKIH OBORINA I NJIMA IZAZVANIH POPLAVNIH ŠTETA NA ANALIZIRANIM PILOT PODRUČJIMA

U danom dokumentu sadržani su rezultati provedenih obrada kratkotrajnih jakih oborina na pilot područjima Istre i Zagreba (Slika 1), a koji se provode za potrebe EU projekta RAINMAN. Radi se o projektu u kome je uključeno deset partnera iz Njemačke, Austrije, Poljske, Češke, Mađarske i Hrvatske, a koji se bavi problemom pojava jakih oborina i njima izazvanih poplavnih šteta. S područja Hrvatske kao projektni partner su u projekt uključene Hrvatske vode, za čije potrebe Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci (GF Rijeka) i Državni hidrometeorološki zavod iz Zagreba (DHMZ) kao zajednica ponuditelja provode predmetni zadatak koji predstavlja jedan od ulaznih elemenata u sve daljnje analize poplavnih rizika od posljedica obilnih oborina.



Slika 1.1. Pilot područja projekta Rainman u Hrvatskoj

Projekt RAINMAN orijentiran je na ublažavanje problema uvjetovanih pojavom jakih kratkotrajnih oborina na manjim slivovima i urbanim područjima, a koje stvaraju sve veće probleme i štetne posljedice. Dijelom je to posljedica mogućih utjecaja klimatskih promjena koje se manifestiraju već i u današnje doba, za koje se očekuje da će se pojačano manifestirati i u budućnosti, a dijelom posljedica i neodgovarajućih rješenja odvodnje. Pod pojmom kratkotrajne oborine podrazumijevaju se oborine trajanja do 24 sata, a vjerojatnost njihovog pojavljivanja u hidrološkoj praksi izražava se u godinama (povratni period).

U okviru projekta RAINMAN odabrano je sedam pilot područja, od toga dva na području Hrvatske, na kojima se naglašeno i učestalo manifestiraju štetne posljedice obilnih oborina. To su područje Zagreba kao predstavnik urbanog slivnog područja, te područje Istre kao predstavnik ruralnog područja. Unutar pilot područja Istre hidrološke analize će biti provedene na dva sliva – Umaškog potoka i Pazinčice, na kojima uz ruralna područja postoje i urbane zone. Pilot područja Zagreba i Istre su prostorno i klimatski različiti, s vrlo različitim zakonitostima pojava kratkotrajnih jakih oborina, te različitim stupnjem izgrađenosti područja kako između samih pilot područja tako i unutar njih, tako da i na području Istre ima vrlo značajnih urbanih područja koje učestalo ugrožavaju oborinske vode.

Na pojavnost obilnih oborina utječe niz prostornih i klimatskih faktora, a na otjecanja izazvana obilnim oborinama utječu i dodatni faktori, kako prirodni (geološka podloga, prirodan vegetacijski pokrov, orografija...), tako i antropogeni (prenamjena pokrovnosti terena, stupanj urbane izgrađenosti i opremljenosti infrastrukturom, posebno sustava oborinske odvodnje).

Oborinskim vodama posebno su ugrožene urbane sredine u kojima poplave nastaju kao kombinacija nagle i neplanske urbanizacije, neodržavanja sustava odvodnje te sve češćih kratkotrajnih jakih oborina (IPCC, 2014). Rezultati provedenih analiza trenda pojava kratkotrajnih jakih oborina za Split i Varaždin, kao pokazatelja maritimnog i kontinentalnog režima oborina, pokazali su statistički neznačajnu prisutnost pojačanja kratkotrajnih jakih oborina na analiziranim lokalitetima (Cindrić i sur., 2014). Stoga je zaključeno da se uzroci sve učestalijih problema koji se javljaju s oborinskom odvodnjom moraju tražiti i izvan domene mogućih vremenskih promjena značajki kratkotrajnih jakih oborina (Krvavica i sur., 2018).

Posljednjih nekoliko desetljeća sve se češće pojavljuju ekstremljive količine oborine i poplave na području Republike Hrvatske, s najizraženijim ekstremima na Jadranskoj obali (Gajić Čapka i sur., 2014; Ivančan-Picek i sur., 2014). Područje Istre koje je jedno od pilot područja u Hrvatskoj nalazi se pod utjecajem sredozemnih atmosferskih strujanja i ima naglašenije pojave intenzivnih oborina. Na području Istre vrlo značajnoj mjeri prisutne su i krške površine na kojima velike oborine utječu na bitno složeniji karakter otjecanja njima izazvanih površinskih i podzemnih voda. Priobalni dijelovi Istre su i pod složenim utjecajem dinamike kolebanja razine mora – kako unutardnevni, tako i na duljoj, višegodišnjoj vremenskoj skali.

No, i ostali dijelovi Hrvatske imaju sve više pojava i problema s oborinskim vodama kao posljedicom pojava obilnih oborina. Posebno se to odnosi na područje grada Zagreba kao drugog pilot područja gdje su štetne posljedice pojava obilnih oborina još naglašenije zbog koncentracije oborinskih voda uslijed njihova dotoka bujičnim vodotocima koji se pružaju s planinskog masiva Medvednice ne samo u uže središte grada, već i u gradski sustav odvodnje oborinskih voda, kao i zbog koncentracije vrijednih sadržaja na parterima urbanih područja.

Očito je da je za minimalizaciju štetnih posljedica pojava obilnih oborina nužno preispitivanje značajki oborinskog režima kratkotrajnih jakih oborina, tehničkih rješenja odvodnje oborinskih voda (jer je zamjetno da se štetne posljedice vrlo učestalo javljaju i na urbanim područjima koja

nominalno imaju uređenu urbanu odvodnju), kao i uspostava sustava za rano upozoravanje na mogućnost poplava uslijed pojava obilnih oborina. U Europi već postoje sustavi za rano upozoravanje od pojava poplavnih voda vodotoka koji imaju karakter bujičnih voda, pa i vrlo prikladan vodič (UCAR, 2010) koji bi mogao biti model za sličan sustav upozoravanja na poplave od obilnih oborina čija je izrada planirana u sklopu RAINMAN projekta.

Potreba osiguranja primjerene zaštite od pojava obilnih oborina i njihovih štetnih posljedica uvjetovana je i intenziviranjem klimatskih promjena. Klimatske promjene, kako već zapažene tako i u još većoj mjeri predviđene do kraja 21. stoljeća, manifestiraju se na vrlo različite načine, a vrlo se često javljaju i kao združena manifestacija nekoliko različitih promjena. Na primjer pri pojavama velikih voda i njima uzrokovanih poplava kao kombinacija porasta razine mora i velikih voda uzrokovanih intenzivnijim pojavama kratkotrajnih jakih oborina. Zbog toga je u danom dokumentu provedena i procjena mogućih promjena kratkotrajnih jakih oborina, temeljena na rezultatima klimatskih modeliranja dobivenim u okviru izrade Prijedloga strategije prilagodbe Hrvatske klimatskim promjenama (MZOE, 2017). Prema tzv. zelenoj i bijeloj knjizi toga dokumenta, među izdvojenim mjerama prilagodbe su i mjere HM-1 (Jačanje kapaciteta za provedbu nestrukturnih mjera zaštite od štetnog djelovanja voda pri pojavama ekstremnih hidroloških prilika čije je povećanje intenziteta i učestalosti pojave uvjetovano klimatskim promjenama) te HM-04 (Jačanje upravljačkih kapaciteta nadležnih institucija za djelovanje pri pojavama ekstremnih hidroloških prilika), koje se neposredno odnose na problematiku zaštite i prilagodbe pojavama obilnih oborina.

Predmetni dokument je četvrto privremeno izvješće u kojem je, nakon tri privremena izvješća, dan nacrt konačne studije. Njegova je namjena osigurati primjerene oborinske podloge za namjeravane hidrološko-hidrauličke analize na odabranim pilot područjima. Isti sadrži nekoliko osnovnih tematskih cjelina.

Analiza oborinskih podataka dobivenih mjerenjima unutar mreže DHMZ-a uključuje (1) usporedbu kišomjernih i ombrografskih mjerenja, (2) procjene očekivanih ekstremnih količina oborine za različite povratne periode te (3) analizu trenda za raspoloživa razdoblja merenja na dva pilot područja. Na osnovu tako analiziranih podataka provedene su detaljnije obrade HTP i ITP krivulja po jedinstvenoj metodologiji, definiranje oblika tzv. „pljuska za projektiranje“, kao regionalne analize njihove pojavnosti. U studiji je dan i prikaz vremenskog niza udjela prijavljenih šteta od poplava u ukupnim štetama za razdoblje 1981.-2017. na području Republike Hrvatske kao i pregled novinskih izvještaja o pojavi poplava u razdoblju 2000.-2017. na području grada Zagreba i Istre, ali i šire. Pri tome je naglasak dan na situacijama kod kojih je do pojava poplava i njima izazvanih poplavnih šteta došlo uslijed pojave obilnih oborina na lokalnom utjecajnom području.

Predmetni zadatak realiziran je u suradnji Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci i DHMZ-a kao zajednici izvršitelja, i to na način da je svaki od izvršitelja bio zadužen za vođenje realizacije stavke/točke zadanog sadržaja projekta, za koju je definiran kao nositelj predmetnim ugovorom. No, pri realizaciji svake stavke sudjelovala su oba izvršitelja, međusobno se dopunjavajući. U dijelovima studije na čijoj su realizaciji u podjednakoj mjeri učestvovala oba izvršitelja, to je i naznačeno u popisu izvršitelja.

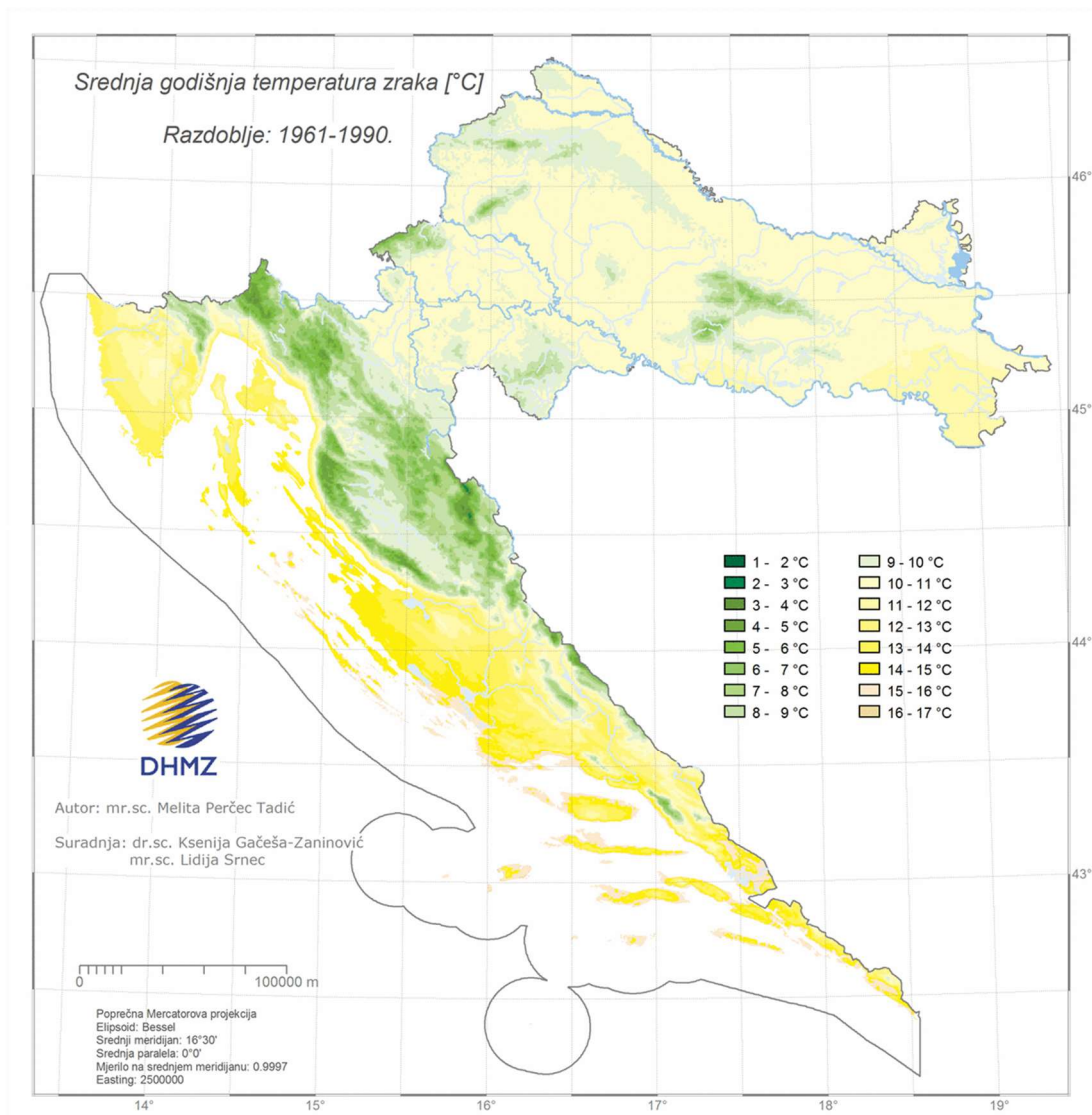
2. ZNAČAJKE PILOT PODRUČJA

2.1. Područje Istre

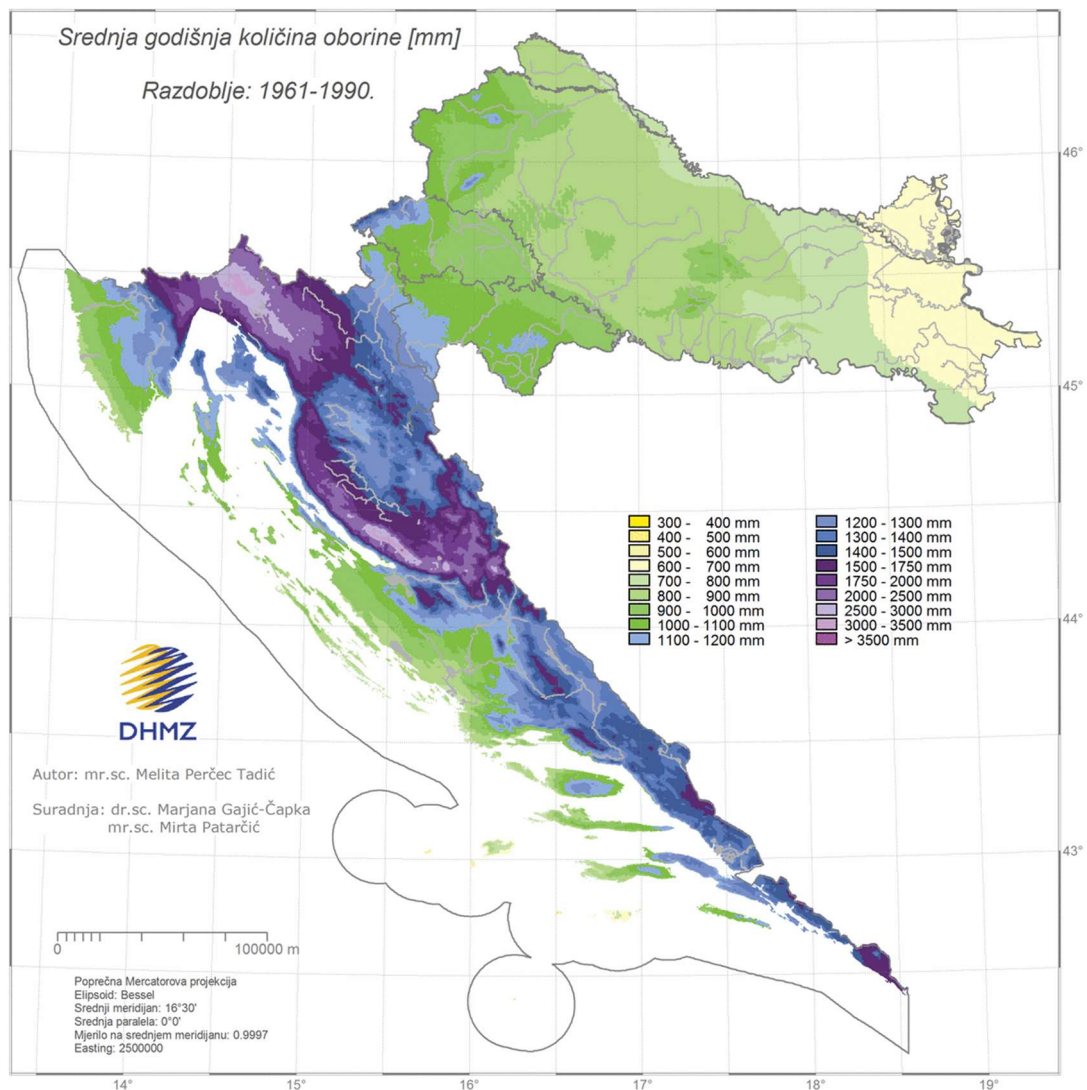
Klima Istarskog poluotoka pod izravnim je utjecajem cirkulacije umjerenih zemljopisnih širina povezane s ciklonama i anticiklonama na sinoptičkoj skali. Osim izravnih ciklogenetskih učinaka sjevernog Jadrana, klima regije pod snažnim je utjecajem okolne orografije, planine Učke i Ćićarije te planinskog područja Gorskog kotara i Dinarida. U ovoj studiji lokalna klimatska obilježja opisana su za referentno klimatsko razdoblje 1961-1990. Srednja godišnja temperatura zraka u središnjoj Istri kreće se od 10°C do 12°C; s minimumom u siječnju (u rasponu od 2°C do 3°C) i maksimumom u srpnju (između 19°C i 21°C) (Slika 2.1.1). Prema godišnjem hodu količine oborine, karakteristika oborinskog režima u unutrašnjosti Istarskog poluotoka mješavina je maritimnog i kontinentalnog tipa. Srednja godišnja količina oborine kreće se u od 900 mm do 1200 mm. Najviše količine (295 mm - 336 mm) javljaju se u jesenskim mjesecima (rujan-listopad-studenj); dok su u drugim sezonama količine oborine vrlo slične (između 200 mm i 270 mm) (Slika 2.1.2).

Za detaljniji opis osnovnih klimatskih karakteristika u pilot regiji, navedene su srednje vrijednosti na temelju mjerenja na postaji Pazin (DHMZ) tijekom razdoblja 1961.-1990. (P0) i 1981.- 2010. (P1). Vidljivo je povećanje srednjih godišnjih i mjesečnih vrijednosti temperature zraka: srednja godišnja temperatura zraka porasla je s 11°C tijekom P0 razdoblja, na 11.6°C u P1; srednja temperatura zraka u siječnju bila je 2.5°C u P0, a u P1 2.8°C; dok je srednja temperatura zraka u srpnju porasla s 20.4 °C u P0 razdoblju na 21.4 °C u razdoblju P1. Srednja godišnja količina oborine smanjila se s 1167.8 mm u P0 na 1043.7 mm u P1. Prisutan je i pad zimskih i ljetnih količina oborine: prosječne zimske količine oborine smanjile su se s 261.1 mm u P0 na 229.2 mm u P1; srednja ljetna količina oborine kreće se između 280.6 mm u P0 i 246.9 mm u razdoblju P1.

Najveće jedno- do petodnevne količine oborine (Rx1d, Rx5d) na stanici Pazin, zabilježene su u razdoblju od ljeta do jeseni u rasponu od 37 mm do 66 mm. Ljetno smanjenje količine oborine u razdoblju 1961. - 2016. vidljivo je u konzistentnom smanjenju (2 - 3 mm/10god) ljetnih iznosa Rx1d do Rx5d. S druge strane, porast navedenih količina bilježi se u ostalim sezonama s najvišim vrijednostima u jesen (1-2 mm/10god). Najveća 2- do 5-dnevna godišnja količina oborine izmjerena je na stanici Pazin 2014. godine; proljetni maksimum Rx1d do Rx4d količina bio je 2015., a zimski maksimum 2013. godine. Za sva ostala godišnja doba odgovarajući maksimumi bili su prije 1990-ih. Prema rezultatima trenda kratkotrajne količine oborine (od 10 minuta do 24 sata) postoji negativna tendencija u godišnjim maksimalnim vrijednostima, no statistički nije značajna. Najveće vrijednosti kratkotrajnih količina oborine izmjerene su sredinom 1960-ih godina prošlog stoljeća, a samo 6-satna maksimalna količina oborine izmjerena je u novijem razdoblju (2012. iznosila je od 99.8 mm).



Slika 2.1.1. Prostorna raspodjela srednje godišnje temperature zraka u Hrvatskoj za razdoblje 1961-1990.



Slika 2.1.2. Prostorna raspodjela godišnje količine oborine u Hrvatskoj za razdoblje 1961-1990.

2.2. Područje Zagreba

Općenito, klima Hrvatske je pod izravnim utjecajem cirkulacije umjerenih zemljopisnih širina povezane s ciklonama i anticiklonama na sinoptičkoj skali, dodatno modificirane obližnjim Alpama, Dinaridima i Sredozemnim morem. Pilot područje Grada Zagreba karakterizira klima nad središnjim dijelovima Hrvatske, uvjetovana klimatskim procesima Panonske i Alpske regije. Lokalne značajke klime pod direktnim su djelovanjem tipa tla te Medvednice i planinskog područja u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske, koje se očituje kroz intenziviranje kratkotrajnih jakih oborina na navjetrinskoj strani prepreke (planine).

Lokalna klimatska obilježja opisana su za referentno klimatsko razdoblje 1961. -1990. Srednja godišnja temperatura zraka u nizinskom području Zagreba općenito se kreće između 9°C i 11°C; s minimumom u siječnju (u rasponu od -2°C do 0°C) i maksimumom u srpnju (između 18°C i 20°C) (Slika 2.1). Srednja godišnja količina oborine kreće se od 900 mm do 1100 mm. Srednja količina oborine u zimskim mjesecima (prosinac, siječanj, veljača) kreće se između 100 mm i 300

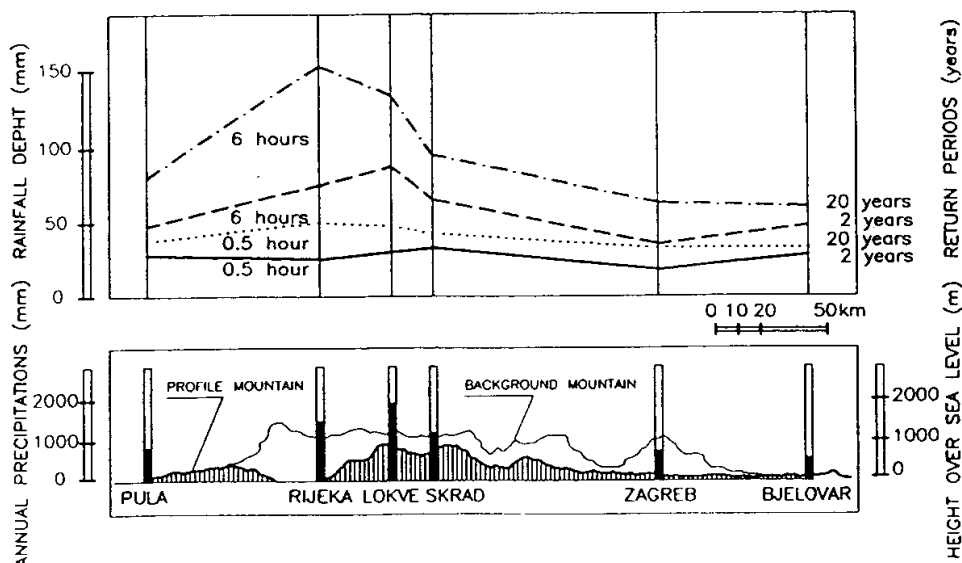
mm, a prosječna količina oborine u ljetnim mjesecima (lipanj, srpanj, kolovoz) između 200 i 300 mm (Slika 2.2).

Za detaljniji opis osnovnih klimatskih karakteristika u pilot regiji, navedene su srednje vrijednosti na temelju mjerenja s postaje Zagreb-Maksimir (DHMZ) tijekom razdoblja 1961.-1990. (P0) i 1981.-2010. (P1). Vidljivo je povećanje srednjih godišnjih i mjesečnih vrijednosti temperature zraka: srednja godišnja temperatura zraka na postaji Zagreb-Maksimir povećala se s 10.3°C tijekom P0 razdoblja, na 11.2°C u P1; srednja temperatura zraka u siječnju porasla je od -0.8°C u P0 do -0.5°C u P1, a srednja temperatura zraka u srpnju od 20.1°C u P0 razdoblju do 21.5°C u razdoblju P1. Srednja godišnja količina oborine neznatno se smanjila u dva razdoblja, od 852.3 mm u P0, do 845.1 mm u P1. Srednje zimske količine oborina neznatno su porasle sa 146.5 mm u P0 na 147.8 mm u P1, dok su prosječne ljetne količine oborine smanjene s 278.1 mm na 265 mm.

Najveće jedno- do petodnevne količine oborine (Rx1d, Rx5d) na postaji Zagreb-Maksimir izmjerene su u jesenskim mjesecima (prosječno 59 do 104 mm). Tijekom razdoblja 1961.-2016. maksimalne količine Rx1d i Rx2d izmjerene su u proljeće 1974. (160 i 165 mm), dok su odgovarajući maksimumi za Rx3d do Rx5d izmjereni u jesen 1965. (204 do 215 mm). U novije razdoblje, 2002, i 2008, godina donijele su najveće ljetne i zimske višednevne količine oborina. Promatrani trend višednevnih količina oborine općenito je negativan i slab kroz sva godišnja doba (do 1mm/10god u proljeće i zimi; do 2 mm/10god ljeti i do 3 mm/10god u jesen). S obzirom na kratkotrajne količine oborine (od 10 minuta do 24 sata) postoji tendencija smanjenja maksimalnih godišnjih vrijednosti, ali statistički neznatna. Najveće godišnje vrijednosti kratkotrajnih količina oborine izmjerene su krajem 1980-ih. Na primjer, 6-satni maksimum oborine od 64.9 mm izmjeren je 1989. godine, što je dvostruko od pripadne srednje vrijednosti od 33 mm.

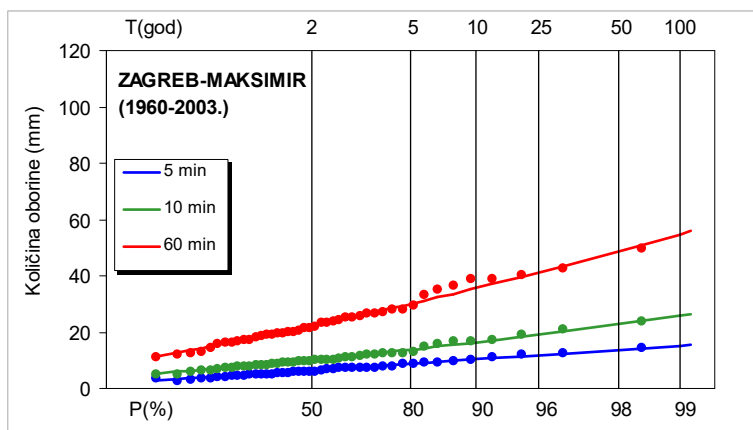
2.3. Usporedbe prethodnih saznanja o oborinskom režimu kratkotrajnih jakih oborina na odabranim pilot područjima

Uvid u prostornu raspodjelu intenzivnijih oborina vrlo slikovito je dan na Slici 2.3.1, koja prikazuje karakteristični oborinski presjek kratkotrajnih intenzivnih oborina u Hrvatskoj, a koji obuhvaća i pilot područja Istre i Zagreba. Odabrana su trajanja oborine od 0.5 i 6 sati, te povratni periodi od 2 i 20 godina. Radi usporedbe, na spomenutoj je slici dan i usporedni presjek i pogled na orografiju terena, kao i raspodjela prosječnih godišnjih količina oborina. Vidljivo je da na širem analiziranom priobalnom području postoji najveći gradijent porasta količina oborina, a koji je tim izraženiji što je trajanje oborine dulje.

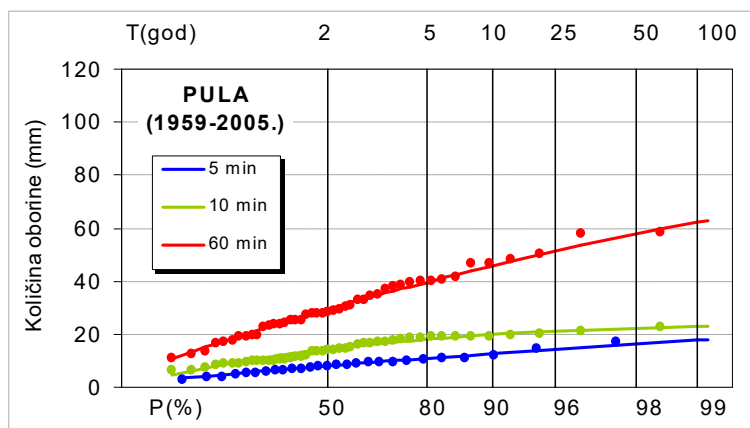


Slika 2.3.1. Karakteristični oborinski presjek kratkotrajnih intenzivnih oborina kroz Hrvatsku (Rubinić i Ožanić, 1996)

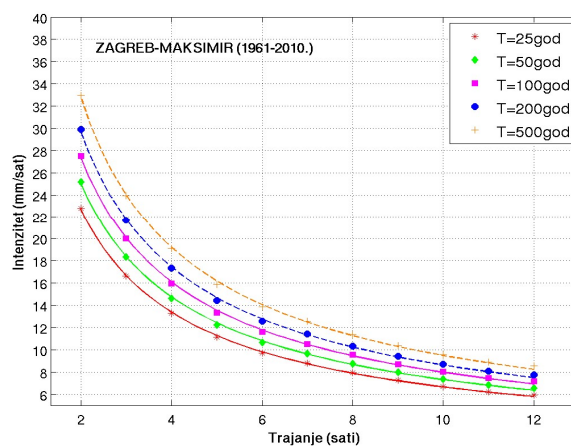
Razlike u pojavnosti kratkotrajnih jakih oborina mogu se vidjeti i na danim usporednim prikazima HTP krivulja (visina oborina – trajanje – povratni period) i ITP krivulja za postaje Zagreb-Maksimir i Pula (Slike 2.3.2 – 2.3.5) provedene na osnovu iste krivulje raspodjele, ali različitih razdoblja obrade. Treba napomenuti da se radi o rezultatima prethodnih obrada, a u sklopu predmetne studije provedena je sustavna analiza temeljena na raspoloživim nizovima ombrografskih podataka uključujući i najnovije razdoblje.



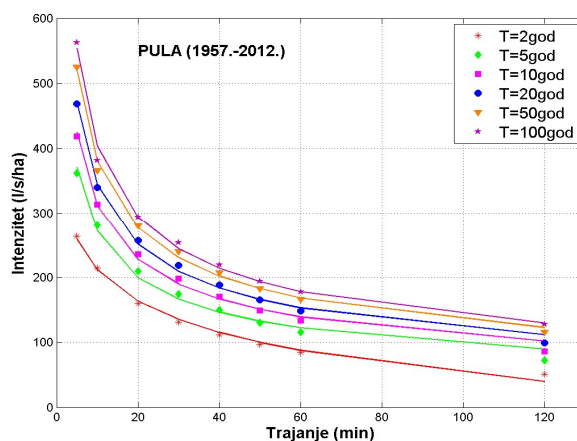
Slika 2.3.2. Prikaz odabranih HTP krivulja (trajanja 5, 10 i 60 min) za postaju Zagreb – Maksimir (DHMZ, 2007)



Slika 2.3.3. Prikaz odabranih HTP krivulja (trajanja 5, 10 i 60 min) za postaju Pula (DHMZ, 2007)



Slika 2.3.4. Prikaz odabranih ITP krivulja za trajanja do 2 sata za postaju Zagreb – Maksimir (DHMZ, 2007)



Slika 2.3.5. Prikaz odabranih ITP krivulja za trajanja do 2 sata za postaju Pula (DHMZ, 2007)

3. METODOLOGIJA PROVEDENIH OBRADA

3.1. Metodologija provedbe analize kratkotrajnih količina oborine u vidu HTP i ITP krivulja i njihove regionalizacije

3.1.1. Pregled razvoja analiza i obrada značajki kratkotrajnih jakih oborina na području Hrvatske

Počeci sustavnih mjerenja i obrada ombrografskih podataka imaju na području Hrvatske relativno dugačku tradiciju. Tako ombrografska postaja Zagreb-Grič ima kontinuirani niz registriranih ombrografskih podataka od 1908. godine, a na području Istre prva su ombrografska praćenja uspostavljena dvadesetih godina prošlog stoljeća. Za istaknuti je i da je upravo na području Istre, za koju se i danas smatra da ima u odnosu na većinu drugih područja u Hrvatskoj vrlo razvijenu mrežu ombrografskih postaja, za doba pripreme projekata odvodnje u dolinama Mirne i Raše dvadesetih godina prošlog stoljeća, bilo podjednako, pa čak moguće i više aktivnih ombrografskih postaja nego li ih ima danas, ukoliko se promatraju samo ombrografske postaje u nadležnosti DHMZ-a (Rubinić i sur., 2009).

Prve su obrade podataka s ombrografskih postaja uglavnom provedene u okvirima različitih projekata regulacija površinskih vodotoka, i to na način da su se za nizove ekstremnih količina oborine različitih trajanja konstruirale anvelopne HT ili IT krivulje. Često su se takve krivulje konstruirale i na osnovu registriranih podataka o ekstremima s više regionalno bliskih postaja jer je zbog kratkih nizova tada raspoloživih podataka i stohastičkog karaktera pojava intenzivnih oborina, od strane njihovih obrađivača ispravno procijenjeno da je pri konstruiranju takvih anvelopnih krivulja, u slučaju nepostojanja podataka o zabilježenim ekstremno velikim količinama oborine pojedinih trajanja na analiziranim samostalnim postajama, primjerenije pridružiti podatke s obližnjih postaja na kojima su takvi ekstremni intenziteti bili zabilježeni. U nekim kasnijim fazama, za potrebe dimenzioniranja objekata urbane oborinske odvodnje, provedene su i prve stohastičke obrade zasnovane na obradama empirijskih funkcija raspodjele nizova podataka o intenzivnim oborinama.

No, prvi počeci suvremenih kompleksnijih analiza značajki kratkotrajnih intenziteta oborine na području Hrvatske vezani su za radove Srebrenovića (1960, 1970) šezdesetih godina prošlog stoljeća, u kojima se, vjerojatno ponajviše zbog nedostatka dovoljnog broja ombrografskih podloga, regionalizacija oborinskih značajki provodila na osnovi analize veza kratkotrajnih jakih oborina i godišnjih količina oborina. No, na temelju provedenih analiza u radu Bonaccija (1984) utvrđeno je da takva povezanost ne postoji i da je veza tim slabija što je trajanje oborina kraće. Interesantan je i rad Bonaccija i Matešana (1999) u kome je analizirana pojava oborina u kontekstu vremena njihova trajanja tijekom godine. U radu Rubinića i Ožanić (2005) utvrđeno je, na razini dnevnih oborina, da s porastom praga analiziranih količina oborine slabi i regresijska veza između godišnjih količina oborina i učestalosti dana s oborinom većom od određenih pragova – dnevnih visina oborina.

Savjetovanjem o problemima urbane hidrologije i proračuna kišne kanalizacije, održano pod pokroviteljstvom Jugoslavenskog društva za hidrologiju u Novom Sadu (1979), započeo je suvremeni pristup problematici obrade kratkotrajnih jakih oborina na području Hrvatske i njezinom širem regionalnom prostoru. Na tom su skupu, u radovima Bonaccija i Stupala (1979), Bonaccija i Trninića (1979), te Patrčevića (1979), između ostalog dani i prikazi značajki režima jakih kiša za više lokaliteta u Hrvatskoj. Vrlo brzo iza tog skupa, 1980.g., Svjetska meteorološka organizacija

(*World Meteorological Organization*) inicira pokretanje HOMS programa (*Hydrological Operational Multipurpose System*) kojemu je bio cilj omogućavanje učinkovitijeg prijenosa znanja i tehnologije u domeni hidrologije kako na međunarodnom, tako i na nacionalnom planu. Dio aktivnosti u okviru tog programa bio je vezan i za problematiku obrade značajki kratkotrajnih jakih oborina, te su učinjeni prvi koraci na digitalnoj obradi ombrografskih zapisa, kao i ustanovljavanju zajedničkih pristupa tim obradama pri republičkim hidrometeorološkim zavodima (HMZ).

Za sve aktivne ombrografske postaje na prostoru bivše Jugoslavije digitalizirani su prikupljeni pluviografski podaci za odabranu 1982.g. To je iniciralo i početak digitalizacije višegodišnjih povijesnih nizova podataka za potrebe korisnika. Takva je neposredna suradnja na primarnoj obradi ombrografskih podataka započeta suradnjom HMZ-a iz Zagreba s Vodoprivredom Rijeka sredinom osamdesetih, kojom je prilikom razvijen i veći broj računarskih potprograma koji se i danas koriste prilikom operativnog rada s podacima o intenzitetima kratkotrajnih jakih oborina.

Početak osamdesetih doneseni su i prvi propisi s obavezom primjene na području bivše države, a koji su vezani uz analizu značajki oborinskog režima. Donesenim Standardom JUS U.C4.020. kojeg je propisao Savezni zavod za standardizaciju (1982) propisan je postupak za određivanje intenziteta kiša mjerodavnih za proračun maksimalnih protoka prilikom projektiranja objekata odvodnje površinskih voda na prometnicama. Radilo se zapravo o prijevodu Švicarskog standarda SNV 640 530 iz 1963. godine koji je bio neprimjenjiv za područje bivše države upravo iz razloga što je upućivao na metodološki postupak koji je podrazumijevao da nadležni HMZ-i raspoložu s regionaliziranim parametrima funkcije intenziteta kiše. Naime, za razliku od Švicarske gdje je najprije provedena regionalizacija, a onda donesen propis o obvezi korištenja tih podloga, spomenutim su JUS standardom korisnici obvezani da koriste nešto što zapravo nije bilo definirano, pa čak ni proučavano. Interesantno je da je po osamostaljivanju Hrvatske spomenuti standard u cijelosti preuzet kao obvezujući propis Hrvatskih normi i u domaću praksu. Takva šablonizirana normizacija ne samo da ne pridonosi uređenju odnosa u jednoj domeni, već stvara dodatnu zabunu kod korisnika i nadležnih institucija koje bi trebale sudjelovati u realizaciji tih zadataka, ili pak kontrolirati primjenu tog propisa.

Početak osamdesetih objavljen je rad u komjem Bonacci (1981) provodi detaljnu analizu kiša jakih intenziteta na području Zagreba. Ubrzo nakon toga, 1983. godine, održan je Okrugli stol o metodološkim aspektima obrade i analize intenziteta kiša, a godinu dana kasnije i rad u komjem Bonacci (1984) daje i cjeloviti pristup analizama kratkotrajnih jakih oborina. Nakon toga slijedi razdoblje inženjerskih obrada većeg broja pluviografskih postaja u Hrvatskoj, pri čemu su najveće učešće imali stručnjaci Građevinskih fakulteta u Splitu i Zagrebu, VRO - Projekta iz Zagreba te Vodoprivrede Rijeka, kao i djelatnici DHMZ-a iz Zagreba. Godine 1994. Bonacci je objavio knjigu «Oborine – glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus» u kojoj je, uz ostale aspekte pojava oborina, kompleksno analizirana i obrađena problematika režima kratkotrajnih jakih oborina – kako s aspekta teorijskog pristupa, tako i s aspekta primjene tih obrada u inženjerskoj praksi.

U radu Rubinića i sur. (1995) dan je opći prikaz različitosti značajki kratkotrajnih jakih oborina u Hrvatskoj, raspoloživih pluviografskih podloga u Hrvatskoj, kao i najčešćih pogrešaka u njihovoj inženjerskoj obradi i interpretaciji. Vrijedan metodološki doprinos obradi oborinskog režima kratkotrajnih jakih oborina dala je i Gajić-Čapka (2000) u svojoj disertaciji Razmatrani su različiti aspekti analize maksimalnih kratkotrajnih oborina (potrebna duljina normalnog niza, odabir najpogodnijih tipova funkcija raspodjele...), a težište rada u disertaciji dato je analizi pojava maksimalnih dnevnih količina oborine, te njihovoj prostornoj regionalizaciji. U radu je preporučena primjena opće razdiobe ekstrema (eng. *Generalized Extreme Value distribution*, GEV) za procjenu očekivanih maksimalnih dnevnih količina oborine (Gajić-Čapka, 2002).

U radovima «Inženjerska obrada kratkotrajnih intenziteta oborina» (Rubinić, 2003), kao i «Analiza pristupa inženjerskoj obradi kratkotrajnih jakih kiša na primjeru Pule» (Rubinić i sur., 2003), dan je pregled razvoja metodologije obrada kratkotrajnih jakih oborina na području Hrvatske. Na primjeru usporedbe rezultata dosadašnjih obrada pluviografskih podataka grada Pule, prikazane su i razlike do kojih dolazi zbog različitih pristupa obradi istog inženjerskog zadatka – obradi podataka o značajkama jakih oborina kao ulaznom podatku za daljnje hidrološke proračune odvodnje. Te su razlike ponekad čak i veće nego li su razlike između stvarnih značajki režima kratkotrajnih jakih oborina pojedinih lokaliteta u Hrvatskoj.

U radu Gajić-Čapka i Horvat (2009) analizirane su značajke pojava kratkotrajnih jakih oborina na četiri ombrografske postaje u Istri (Pula, Poreč, Pazin, Abrami) s najduljim raspoloživim nizovima podataka. Pri tome su analizirana trajanja do 2 sata, a analizirani zabilježeni podaci odnose se na razdoblje toplijeg dijela godine (travanj – listopad) tijekom kojeg su svi ombrografi bili aktivni. Primjenom GEV raspodjele za godišnje oborinske maksimume definirane su krivulje međuodnosa količina oborine i vjerojatnosti njihove pojave za trajanja od 10 min do 2 sata temeljene na jednakom razdoblju obrade (1985.-2002.). Utvrđeno je da su očekivani maksimumi veći u unutrašnjosti Istre nego li na obali te da se odstupanja povećavaju s povećanjem povratnog perioda. Utvrđeno je i da se u prosjeku najveće kratkotrajne oborine javljaju ljeti, s podjednakom regionalnom varijabilnošću.

U radu Cindrić i sur.,(2014) ispitane su promjene maksimalnih godišnjih kratkotrajnih količina oborine za trajanja od 10 min do 2 h u razdoblju od 1955. do 2010. godine na dvije meteorološke postaje koje imaju različite oborinske režime: Split (maritimni) i Varaždin (kontinentalni). Analiza je provedena procjenom trenda iz razdoblja 1955.-2010. te usporedbom procjena očekivanih kratkotrajnih maksimuma primjenom opće razdiobe ekstrema (GEV razdioba) iz dva kraća razdoblja: 1955.-1980. i 1981.-2010. Rezultati trenda na obje postaje ukazala su na slabo izražene, statistički neznačajne, vremenske promjene kratkotrajnih količina oborine od sredine 20. stoljeća. S druge strane, usporedba dvaju razdoblja ukazuje na slabo izraženu prisutnost pojačanja kratkotrajne oborine u novijem razdoblju na obje postaje. U radu je dodatno naglašena i važnost korištenja intervala povjerenja kojima se utvrđuje nesigurnost procjena očekivanih maksimuma za primjenu u praksi. Zaključeno je i da se uzroci sve učestalijih problema koji se javljaju s oborinskom odvodnjom pri pojavama intenzivnih oborina moraju tražiti izvan domene mogućih vremenskih promjena značajki samih kratkotrajnih jakih oborina.

Gajić-Čapka i sur. (2014) analizirali su promjene količine oborine i indeksa oborinskih ekstrema na godišnjoj i sezonskoj skali, za razdoblje 1961-2010. Analiza je provedena na gustoj mreži meteoroloških postaja u Hrvatskoj (132 postaje). Rezultati su pokazali da trend oborine i pripadnih indeksa ekstrema generalno nije jako izražen. Ipak, uočen je značajan negativan trend ljetne količine oborine na području Like i Gorskog Kotra, Kvarnera i dalmatinskog zaleđa koji se očituje u smanjenoj učestalosti umjereno vlažnih dana te smanjenjem maksimalnih 1- i 5-dnevnih količina oborine. S druge strane, trend povećanja količine oborine uočen je u istočnoj Hrvatskoj u jesenskim mjesecima kojemu doprinosi povećana učestalost vrlo vlažnih dana i njihov doprinos ukupnoj količini oborine te porast maksimalnih 1- i 5-dnevnih količina oborine.

3.1.2. Metodologija obrade kratkotrajnih jakih oborina

Iako podloge o značajkama kratkotrajnih jakih oborina imaju izuzetno široku i učestalu primjenu u hidrotehničkoj praksi (uglavnom vezanoj uz sustave odvodnje površinskih voda) relativno slaba pokrivenost pojedinih područja mjernim postajama, razlike u metodološkim pristupima i razini

obrada, kao i vrlo učestale greške u interpretaciji rezultata s raspoloživih postaja gdje su praćeni i intenziteti oborina, upućuju na potrebu posvećivanja veće pozornosti tom problemu.

U nastavku je dan osnovni prikaz standardnog inženjerskog pristupa takvim obradama. Radi se o metodološkim postupcima koji su već i ranije bili dokumentirani u do sada objavljenim radovima i dokumentima (npr. Bonacci 1994, Gajić-Čapka, 2000, Gajić-Čapka i Horvat, 2009).

Standardni postupak u obradama režima kratkotrajnih jakih oborina u svrhu definiranja HTP (ITP) krivulja za neku odabranu ombrografsku postaju sastoji se u slijedećim karakterističnim koracima:

- a) Digitalizacija i primarna obrada ombrografskih zapisa registriranih nizova podataka o izmjerenim oborinama
- b) Formiranje nizova karakterističnih vrijednosti intenzivnih oborina za različita trajanja i ispitivanje njihove homogenosti
- c) Analiza vjerojatnosti pojave karakterističnih vrijednosti maksimalnih visina (intenziteta) oborina
- d) Definiranje HTP (ITP) krivulja na temelju analiza prilagođavanja više tipova takvih krivulja.
- e) Usporedba dobivenih vrijednosti maksimalnih količina (intenziteta) oborine odabranih trajanja s rezultatima eventualnih prethodnih obrada na analiziranoj predmetnoj postaji, kao i na postajama sa šireg regionalnog prostora te njihova verifikacija.

Naravno, svaki od navedenih koraka sadrži i više dodatnih aktivnosti i preispitivanja, dijelom i međusobno povezanih s aktivnostima iz nekog od navedenih ostalih koraka. Čak i prije nego li se krene s obradama po gore opisanim karakterističnim koracima, nužno je osnovno opredjeljenje autora o tome koji se tip prikazivanja konačnih rezultata obrade želi – misli se na HTP ili ITP funkcije/krivulje. Kod HTP krivulja radi se o prikazivanju rezultata u vidu međudnosa proračunatih visina oborina (H) danih u mm, trajanju (T) (obično u satima, a rjeđe i u minutama) te povratnom periodu (P) (u godinama – rjeđe izraženom s vjerojatnošću pojave u %). Kod ITP krivulja vrijede iste napomene date za trajanje i povratni period, ali ih karakterizira da imaju više načina izražavanja intenziteta (mm/min, mm/sat ili najčešće l/s/ha).

ad a) Početni korak u svakoj obradi intenzivnih oborina je **digitalizacija oborina i izdvajanje** karakterističnih količina oborina za odabrane vremenske intervale obrada u rasponu do 24 sata. Klasičan pristup tom zadatku danas se rješava na način da se digitalizacijom ombrografskih zapisa koje uglavnom provodi Državni hidrometeorološki zavod osigurava niz 5-minutnih zapisa s podatkom o količini oborine registriranoj u tom vremenskom intervalu. Prije bilo kakvih daljnjih obrada registriranih podataka o intenzitetu palih oborina, nužno je provesti usporedbu registriranih dnevnih oborina po ombrografu i po klasičnom kišomjeru, te iz daljnjih analiza isključiti nereprezentativne godine (godine s previše prekida u radu ombrografa i prevelikim razlikama u registraciji ombrografskih i kišomjernih podataka), te voditi računa o nekim sustavnim greškama u registraciji ako takve postoje (npr. dio ombrografa nije imao tijekom zimskih mjeseci osigurano grijanje, pa su kod takvih postaja prisutni i po višemjesečni zimski prekidi u registraciji). Državni hidrometeorološki zavod prilikom standardnog izdvajanja godišnjih pregleda o maksimalnim mjesečnim i godišnjim intenzitetima oborina različitih trajanja, poništava dane, a u većini slučajeva i cjelokupne mjesece kod kojih su bili preveliki zastoji u radu ombrografa. Uz to, provodi se i usporedba zabilježenih podataka s kišomjera i ombrografa na razini dnevnih podataka kako bi stekli cjelovitiji uvid u stanje obrađivanih podloga, te izuzele godine s nereprezentativnim nizovima zabilježenih podataka.

Na osnovi digitaliziranih nizova podataka o 5-minutnim registriranim oborinama provodi se izdvajanje vrijednosti intenzivnih oborina duljih trajanja, pri čemu se obično izabiru trajanja od 10, 20, 30, 40 i 50 minuta, te 1, 2, 4, 6, 12, 18 i 24 sata. Problem izdvajanja jakih oborina nije jednostavan kako se možda naoko čini. Naime, prilikom izdvajanja najintenzivnijih oborina različitih trajanja tijekom neke složene kiše nužno je voditi računa o problemu određivanja nezavisnih oborinskih epizoda, kako ne bi imali ponavljanje neke oborinske epizode tijekom više vremenskih koraka.

No, potrebno je malo se osvrnuti na detalj vezan uz izdvajanje oborina najkraćih trajanja – npr. 5 i 10 minuta. Naime, vremenski intervali trajanja do 10 minuta, dobiveni na osnovu analize vjerojatnosti ulaznih podataka i odgovarajućih analiza HTP (ITP) krivulja vrlo često su korišteni u hidrološkim proračunima urbane odvodnje. Kako je 5-minutni interval najkraća vremenska diskretizacija pri primarnoj obradi – digitalizaciji ombrografskih zapisa, a obrada se provodi na način da se sukcesivno izdvajaju pale količine oborina u svakom od 5-minutnih intervala, najvjerojatnije je da među izdvojenim najvećim podacima nije i doista najveći 5-minutni intenzitet koji se stvarno pojavio. Naime, sigurno je da se je u odnosu na zapažene sukcesivne 5-minutne vrijednosti pojavilo i neko 5-minutno razdoblje s još ekstremnijim vrijednostima u odnosu na registrirane. No, s obzirom na metodologiju primarne obrade, podatak o tom intenzitetu nije mogao biti zabilježen iz razloga što nije točno vremenski pao unutar odabranog slijeda 5-minutnih razdoblja.

Utjecaj tog podcjenjivanja stvarno palih i registriranih oborina najveći je kod spomenutog 5-minutnog intervala, a sigurno se osjeća i kod bližih mu kraćih trajanja – npr. 10-minutnih. Naime, izdvojene vrijednosti maksimalnih intenzivnih oborina 10-minutnog trajanja uvjetno rečeno «kližu» unutar diskretnih vrijednosti izdvojenih 5-minutnih razdoblja, tako da ne mogu obuhvatiti pikove unutar kraćih trajanja. Praktički, to znači da nizovi podataka koje dobivamo kao maksimalne vrijednosti intenziteta oborina, posebno najkraćih trajanja, u sebi sadrže sustavnu pogrešku – donekle podcijenjene vrijednosti registriranih maksimuma u odnosu na stvarne. S porastom vremena trajanja, spomenuta se sustavna greška u određivanju stvarnih maksimalnih intenziteta oborina unutar neke nezavisne kišne epizode minimalizira, tako da vrlo brzo postaje minorna.

Spomenuti bi se problem mogao riješiti, odnosno još više minimalizirati, na način da se prilikom digitalizacije usvaja kraće razdoblje diskretizacije (npr. 1 minuta). Ta je mogućnost ponajviše vezana uz potrebu promjene načina korištenja tipova ombrografa u mreži postaja – tj. osiguranje instrumenata s izvorno digitalnim zapisom u odnosu na dosadašnji posredni pristup pretvaranja analognog zapisa (ombrograma) u digitalni. Prilikom konstrukcije HTP (ITP) krivulja i o tom se detalju treba voditi računa i to na način da se prilikom izjednačenja spomenutih funkcija koriste one funkcije koje prilikom izjednačenja ne smanjuju ulazno proračunate vrijednosti za spomenuta kratka 5 i 10-minutna razdoblja, već je čak i poželjno da su u tom intervalu odstupanja usvojene funkcije izjednačenja koje daju i 10-tak % veće vrijednosti (kod 5-minutnih intenziteta i više) kod tih najkraćih trajanja. Nikako nisu prihvatljive funkcije izjednačenja pa ma kako se dobro prilagođavale u rasponu duljih trajanja, koje daju podcijenjene vrijednosti nakon provedenog izjednačenja. Upravo zbog nepouzdanosti 5-minutnog zapisa i iz njega izvedenih obrada, DHMZ nerijetko iz svojih obrada izostavlja 5-minutne intenzitete, tako da se u tim slučajevima HTP (ITP) krivulje definiraju samo za trajanja dulja od 10 minuta.

ad b) Formiranje nizova karakterističnih vrijednosti intenzivnih oborina za različita trajanja i ispitivanje njihove homogenosti

Formiranje nizova karakterističnih vrijednosti intenzivnih oborina može se provesti na više načina (Arneell i dr., 1984. – preuzeto iz Bonacci, 1994) i to kao:

- Nizovi godišnjih ekstrema (standardni pristup izdvajanja ekstremnih godišnjih vrijednosti oborina /intenziteta/ određenih trajanja) – za svaku godinu mjerenja izdvaja se samo po jedna vrijednost zabilježenih maksimuma za različita trajanja oborina.
- Nizovi prekoračenja, odnosno pikova iznad određenih pragova – POT serije («peaks over threshold»). U danom dokumentu, u skladu s programskim mogućnostima postojeće baze podataka o zabilježenim značajkama kratkotrajnih jakih oborina provedena je, umjesto nizova prekoračenja, modificirana obrada nizova koji sadrže i po više zabilježenih podataka o palim oborinama u jednoj godini. Tako su pri obradama korišteni, uz prvospomenute standardne nizove godišnjih ekstrema i nizovi godišnjih ekstrema (modificirani pristup izdvajanja ekstremnih godišnjih vrijednosti oborina /intenziteta/ određenih trajanja) – za svaku godinu mjerenja izdvaja se po tri ili deset najvećih zabilježenih vrijednosti za različita trajanja oborina. Zbog necjelovite registracije svih oborinskih epizoda, u praksi se često koristi i modificirani vid korištenja nizova zabilježenih intenzivnih oborina na način da se pri analizama maksimalnih oborina određenih trajanja u obradu uzme onoliki broj članova niza (neovisno kada su zabilježeni, dakle moguće i više u jednoj godini) koliko je analizirano godina (Rubinić, 2003).
- Modelirani nizovi ekstrema (koliko je poznato u domaćoj praksi do sada nisu korišteni, a i inače se rijetko koriste zbog toga što modeli za simuliranje ekstremnih oborina nisu još u dovoljnoj mjeri pouzdani). Dosadašnje analize rezultata klimatskih modela uzimaju u obzir dnevne količine oborina te na njima temeljene veličine na duljim vremenskim skalama. Osim nužnog daljnjeg razvoja klimatskih modela u smislu sveobuhvatnijeg uključivanja bitnih fizikalnih procesa, ključan doprinos realističnijem opisu količine oborine na kratkim vremenskim skalama uključuje i povećanje prostorne razlučivosti takvih modela na 1 do 4 km. Početna iskustva na DHMZ-u u tom smislu uključuju sudjelovanje u međunarodnoj inicijativi *CORDEX Flagship Pilot Study Convection* koji za cilj ima razvoj skupa (ansambla) regionalnih klimatskih simulacija na visokoj prostornoj rezoluciji na široj alpskoj domeni, koja uključuje oba područja analizirana u ovoj studiji. Dodatan tehnički izazov bit će implementiranje mogućnosti zapisa rješenja ovakvih klimatskih modela za količinu oborina kraćih trajanja n (trenutna praksa je 3 sata, tj. 1 sat u *CORDEX FPS Convection*; <https://www.hymex.org/cordexfps-convection/wiki/doku.php>).

Svaki od spomenutih pristupa ima određenih prednosti i nedostataka, ali ne u mjeri u kojoj bi se oni dali generalizirati, ili da bi se dala prednost jednom pristupu u odnosu na druge. Najčešće se pri obradama koriste nizovi godišnjih maksimuma, što ima prednosti u smislu najmanje zahtjeva za ombrografskim podlogama (potreban je samo podatak o po jednoj ekstremnoj vrijednosti zabilježene oborine određenih trajanja), ali i bitan nedostatak u smislu zanemarivanja velikog broja informacija koje nose ostale intenzivne oborine registrirane tijekom godine.

Kod nizova prekoračenja (POT serija) otvoreno je pitanje određivanje praga intenzivnih oborina, odnosno graničnih vrijednosti oborina iznad kojih bi sve registrirane oborine trebale ići u

sekundarnu obradu. U hidrološkoj praksi uvriježeno je da se kao donje granice intenzivnih kiša koriste granične vrijednosti dane u Tablici 3.1.1.

Tablica 3.1.1. Donje granice intenzivnih kiša s kojima se ulazi u sekundarne obrade – preuzeto od Bonacci-ja (1984)

REDNI BROJ	TRAJANJE KIŠE (min, h)	DONJE GRANICE KIŠE		
		(mm)	(l/s/ha)	(mm/min)
1.	10'	5,4	90	0,54
2.	20'	7,4	62	0,37
3.	30'	8,4	47	0,28
4.	40'	9,0	37	0,225
5.	50'	9,6	32	0,192
6.	1	10,5	29	0,175
7.	2	12,0	17	0,100
8.	4	15,0	10	0,0625
9.	6	20,0	9	0,0556
10.	12	30,0	7	0,0417
11.	18	40,0	6	0,0370
12.	24	50,0	6	0,0347

Na veličinu kasnije proračunatih vrijednosti karakterističnih maksimalnih količina (intenziteta) oborina iz tako formiranih serija ima i veličina praga, ali i učestalost pojava intenzivnih oborina iznad tako odabranog praga.

Pored godišnjim maksimuma i nizova prekoračenja, za procjenu ekstrema koriste se i nizovi dobiveni izdvajanjem po nekoliko ekstremnih godišnjih vrijednosti.

ad c) Analiza vjerojatnosti pojave karakterističnih vrijednosti maksimalnih visina (intenziteta) oborina

Provodi se korištenjem oko desetak dvo i tro-parametarskih tipova krivulja raspodjele, a za čiju se procjenu parametara koriste najčešće dva kriterija – metoda momenata i metoda najveće vjerodostojnosti. Uglavnom se koriste nesimetrične funkcije raspodjele koje se i inače koriste u hidrološkim analizama – funkcije tipa Galton, Gumbel, Pearson 3, Log Pearson 3, te nešto rjeđe Weibul, Frechet, Gamma, Hasen, a najčešće se koristi opća razdioba ekstrema – GEV raspodjela. Koji od spomenutih tipova raspodjele favorizirati prilikom provedbe obrada vjerojatnosti pojave maksimalnih visina (intenziteta) oborina za sada još nije riješeno, kako u domaćoj praksi, tako ni u inozemstvu, pa su se obrade vjerojatnosti pojave maksimalnih intenziteta oborina do unatrag desetak godina uglavnom provodila na način da se procjene provode po više funkcija raspodjele, a sam odabir provodi na osnovu testiranja dobrote prilagođavanja empirijskim frekvencijama nekim od standardnih testova. Najčešće se radi o Smirnov-Kolmogorovom testu te χ^2 testu. Međutim, za sve funkcije raspodjele obično su potrebni

puno dulji nizovi od onih koji su na raspolaganju, tako da ni to nije bila garancija pouzdanosti provedenih procjena. Dapače, čak je utvrđeno da razlike u korištenim funkcijama raspodjele uvjetuju puno veće razlike proračunatih očekivanih vrijednosti maksimalnih oborina nego li su stvarne razlike u zabilježenim podacima.

Stoga se u novije doba problem prevelikih razlika u rezultatima obrada rjeđih javljanja dobivenim po različitim funkcijama raspodjele (pogotovo u slučajevima korištenja relativno kraćih nizova ulaznih podataka) nastoji prevladati korištenjem unaprijed odabranog tipa raspodjele za koga je na temelju provedenih ranijih testiranja utvrđeno da ima dobre mogućnosti za provedbu takve ekstrapolacije. U tom smislu Gajić-Čapka (2002) zaključuje da se za procjenu očekivanih maksimalnih kratkotrajnih oborina za trajanja do 2 sata ističe opća razdioba ekstrema (GEV) kao prihvatljiva za sve nizove godišnjih maksimuma količina oborine. Ta se razdioba koristi i prilikom obrada u ovoj studiji za potrebe projekta RAINMAN. Slično tome, na području Slovenije provedena je procjena ekstremnih oborina Gumbelovom raspodjelom (ARSO, 2009), koja predstavlja jedno o tri rješenja GEV razdiobe.

Kod analize kratkotrajnih oborina učestalijih pojava, pokazalo se da je i nekada korišteni pristup rada s empirijskim frekvencijama i dalje primjeren. Njime je moguće dobiti za praktične svrhe primjereno proračunate maksimalne visine (intenziteti) oborina i učestalijih pojava od 1-godišnjeg. Inače, prilikom upotrebe nizova godišnjih maksimuma, dobivene vrijednosti maksimalnih oborina učestalijih povratnih perioda (1-2-godišnjeg) obično su znatno podcijenjene.

Posebni se problemi javljaju kada su obradama u analiziranom periodu osmatranja obuhvaćeni i ekstremno rijetki događaji čija učestalost pojave uvelike premašuje period obrade. U tom se slučaju može ili isključiti taj događaj iz daljnje analize jer na neki način kviri uzorak, ili pak, što je i prihvatljivije, uključiti ga u obradu dodjeljujući mu stvarno procijenjenu vrijednost pojave.

ad d) Definiranje HTP (ITP) krivulja

To je slijedeći korak pri inženjerskim obradama kratkotrajnih jakih oborina. Provodi se na temelju prilagođavanja više tipova takvih krivulja te testiranjem uspješnosti njihova prilagođavanja proračunatim vrijednostima maksimalnih količina (intenziteta) oborina različitih trajanja i odabranih vjerojatnosti pojave. Pri tome je moguće koristiti dva pristupa – izjednačavanje provesti za svaki povratni period sa zasebnom krivuljom ili pak takvo izjednačenje provesti s jednom krivuljom za sve povratne periode. U radu Bonaccija (1994) iscrpno su prikazani uglavnom svi u praksi najčešće korišteni analitički oblici tih krivulja te se taj dio neće detaljnije razmatrati u ovoj studiji. Parametri tih krivulja određuju se na osnovu regresijskih i višestruko regresijskih analiza po teoriji najmanjih kvadrata.

Vrlo rijetko je moguće pronaći krivulju koja bi se uspješno prilagođavala ulaznim podacima u čitavom svom rasponu, tj. od 5 (ili 1) minuta do ukupno 24 sata. Razlog tome je prirodni karakter režima oborina koje su naglašenije tijekom trajanja kraćih trajanja – u našim je krajevima obično ta granica u promjeni oborinskog režima u rasponu između 1 i 2 sata. Stoga je u slučajevima nemogućnosti osiguranja dobrog prilagođavanja nekog od odabranih funkcija proračunatim količinama oborine nužno provesti takvo izjednačenje za vremenske intervale kraćih i duljih trajanja, te iz rezultirajućih funkcija izjednačenja odrediti presjecišno vrijeme tih krivulja. U tom je slučaju, ali i inače zbog bolje mogućnosti prilagodbe, primjerenije koristiti različite HTP (ITP) krivulje za različite povratne periode.

ad e) Usporedba dobivenih vrijednosti maksimalnih količina (intenziteta) oborina odabranih trajanja s rezultatima eventualno prethodnih obrada na analiziranoj predmetnoj postaji kao i na postajama sa šireg regionalnog prostora i njihova verifikacija

To je posljednji i ne manje važan korak pri provedbi analiza režima pojava kratkotrajnih jakih oborina. Naime, na osnovu provedenih aktivnosti u do sada spomenutim koracima, definiranu HTP (ITP) krivulju nužno je podvrći regionalnoj usporedbi kako bi se uočili eventualni propusti, ali i na neki način definiralo područje njezine prostorne primjene. Pri tome je korisno provesti i analize oborinskog režima maksimalnih jednodnevnih oborina, odnosno njihove vjerojatnosti pojave, pri čemu se mogu koristiti i podaci s većeg broja kišomjernih postaja. Čest je slučaj, iako naoko nelogičan, da kod iste obrađivane postaje rezultati analiza maksimalnih dnevnih oborina po kišomjeru daju veće vrijednosti od analize ombrografskih podataka o maksimalnim 24-satnim intenzitetima oborina. Razlog tome gotovo u pravilu je nedovoljna ombrografska registracija palih oborina, tako da je u slučajevima većih razlika preporučljivo da se čak i prilikom definiranja HTP (ITP) krivulja uvrstiti podatak o takvoj većoj jednodnevnoj oborini u obrađivane nizove umjesto podatka o 24 satnoj oborini. Time će biti korigiran barem završni dio analizirane krivulje.

3.1.3. Regionalizacija rezultata obrada kratkotrajnih jakih oborina

Jedan od većih problema pri primjeni HTP i ITP krivulja je okolnost da se ombrografske postaje nalaze raznoliko raspoređene u prostoru, tako da ih na nekim slivovima uopće i nema, tako da kad i postoje raspoloživi rezultati obrada raspoloživih ombrografskih podataka, postavlja se pitanje njihove reprezentativnosti obzirom na rasprostiranje slivnih područja za koje su nam potrebne značajke HTP ili ITP krivulja. Stoga je najprikladniji korak da se na osnovu dobivenih podataka o HTP (ITP) krivuljama za pojedine lokacije, provede i cjelovitija regionalna obrada koja bi osiguravala da se za sve točke u prostoru informaciju o raspodjeli. No, unatoč prilično velikog broja pluviografskih postaja s raspoloživim duljim nizovima pluviografskih podataka, zbog više razloga, a prije svega zbog zbog neujednačenih metodoloških pristupa u definiranju HTP i ITP krivulja, do sada se takve regionalne obrade na području Hrvatske nisu provodile.

Prema raspoloživim saznanjima izvjesne regionalne obrade kratkotrajnih jakih oborina koje su do sada provođene na području Hrvatske bile su vezane samo uz uže područje grada Zagreba. Radi se o radu Skorin-Kapova (1984), no koji se nije odnosio na regionalizaciju značajki kratkotrajnih jakih oborina u smislu prostornog rasporeda HTP ili ITP značajki, već se odnosio na redukciju kiše u okolini njenog centra. Početne naznake regionalizacije vezane su i uz davnu studiju Z.Srebrenovića (Projekt, Zagreb, 1992) u kome je provedena regionalizacija intenziteta oborina u smislu definiranja preporuka za njihovu prostornu raspodjelu. Za spomenuti je da su i još ranije datirani radovi D. Srebrenovića (1960, 1970) imali karakter regionalnih obrada intenziteta oborina za potrebe osiguranja podloga u projektiranju oborinske odvodnje. No, s obzirom da je u tim radovima korišten vrlo mali broj ombrografskih postaja i njihovih podataka, kao i krajnje upitnu postavku spomenutog autora o neposrednoj povezanosti godišnjih količina oborina i intenziteta kratkotrajnih oborina, takve se obrade ne mogu smatrati osnovom za suvremene pristupe regionalnim obradama značajki kratkotrajnih jakih oborina. Karakter regionalnih obrada intenzivnih oborina, mada samo za maksimalne 1-dnevne oborine, dakle ne i za ombrografom zabilježene oborine kraćih trajanja, imaju i radovi Gajić-Čapke i Čapke (1997) te Čapke (2000).

Upravo zbog naglašenih prostorno-vremenskih razlika u oborinskim značajkama pojava kratkotrajnih jakih oborina u Hrvatskoj, pa tako i na odabranim pilot područjima u Hrvatskoj, pri razvoju alata za ocjenu rizika od pojava jakih oborina, velik naglasak dan je ne samo analizama

oborinskog režima na odabranim lokalitetima, već i razvoju metodologije za izradu karata prostornog rasprostiranja karakterističnih oborinskih značajki. Očekuje se da bi iskustva s provedbom regionalizacije na odabranim pilot područjima mogla primijeniti i na regionalnim obradama na čitavom području Hrvatske, pa i šire.

U predmetnoj studiji početno je bila planirana regionalizacija koja bi bila zasnovana na povezivanju točkastih rezultata obrada HTP značajki na pojedinim lokacijama ombrografskih postaja (maksimalnih visina oborina određenoga trajanja i vjerojatnosti pojave) s prostornim podacima (nadmorskom visinom, geografskom širinom i dužinom, udaljenošću od mora, a moguće još nekim značajkama vezanim uz prostor). No, to nije bilo moguće realizirati na dani način iz razloga što su preliminarno provedene regionalne analize pokazale veliku usklađenost rezultata provedenih obrada na svim postajama pojedinih pilot područja (Zagreb, Istra), s nekim manjim razlikama koje su vjerojatno više posljedica duljine ulaznog niza nego li stvarnih razlika u zakonitostima pojava intenzivnih oborina na dvama analiziranim područjima koja ipak međusobno pokazuju znakovite razlike. Prilikom rada na ovoj studiji zaključeno je da se regionalne obrade prostorne raspodjele kratkotrajnih jakih oborina koje bi kao ulazne pokazatelje uključivale prostorne značajke (orografiju, prostornu raspodjelu oborina duljih trajanja – npr. srednje godišnje količine oborine, vjerojatnosti pojave dnevnih oborina i slično) mogu provoditi samo na puno većim regionalnim prostorima, kao što je cjelokupno područje Hrvatske, dok se unutar manjih regionalnih cjelina kao što su spomenuta pilot područja Zagreba i Istre mogu provoditi samo usporedbe registriranih i proračunatih vrijednosti karakterističnih količina oborine.

Osim toga, detaljna regionalizacija kratkotrajnih količina oborine na području Hrvatske nije do sada provedena i zahtijeva detaljno istraživanje u vremenskom okviru koje značajno prelazi trajanje projekta RAINMAN. Međutim, i ova studija dodatno je ukazala na potrebu takvih istraživanja u budućnosti.

3.2. Prijedlog metodologije hidroloških obrada velikih voda uzrokovanih palim intenzivnim oborinama na odabranim pilot područjima

Kod velike većine urbanih slivova, kao i slivova bujičnih vodotoka, ne postoji dovoljno hidroloških postaja da bi se na osnovu značajki prikupljenih hidroloških podataka definirale značajke pojava velikih voda i njihova prostornog rasprostiranja. Stoga oborinske značajke predstavljaju osnovu za hidrološke analize pojavnosti i rasprostiranja velikih voda putem simulacijskih modeliranja otjecanja, kakvi će se primjenjivati i u sklopu projekta Rainman. Iako zadatak predmetne studije nije provedba takvih modeliranja već provedba koraka koji mu prethodi – definiranje značajki oborinskog režima kratkotrajnih jakih oborina, ipak je i definiranje tih značajki potrebno provesti vodeći računa o budućim hidrološkim obradama u sklopu kojih će se procesuirati spomenute rezultate vezan uz značajke oborinskog režima.

Uz to, u sklopu budućih hidroloških obrada nužno je provesti i analizu registriranih hidroloških podataka na odabranim pilot područjima i lokacijama hidroloških postaja, te na osnovu toga i zabilježenih hidrograma velikih voda i histograma palih oborina, i analizu međuodnosa oborina i otjecanja. Pri tome je nužno koristiti kako dostupne već etablirane matematičke simulacijske modele procesa otjecanja, tako dati i doprinos u razvoju vlastitih modela ili pojedinih njihovih modula koji bi se u još većoj mjeri mogli prilagoditi specifičnostima koje karakteriziraju odabrana pilot područja, kao i odabrana tehnička rješenja odvodnje. Pri tome će se provesti i modeliranja

mogućih promjena u smislu smanjenja rizika poplavlivanja oborinskih voda uvjetovanih provedbom primjerenih mjera za smanjivanje takvih rizika, od kojih su najzastupljenije metode zadržavanja oborinskih voda što bliže mjestu njihova nastanka, te njihove pojačane infiltracija u podzemlje.

Okvirni plan za umanjene rizika od nepogoda iz Sendaia za period 2015. - 2030. godine naglašava važnost sprječavanja nepovoljnog utjecaja urbanizacije i jačanja otpornosti urbanih sredina na rizik od poplava (UNISDR, 2015). Negativni aspekti urbanizacije i tradicionalnog pristupa odvodnji oborinskih voda već su odavno poznati i detaljno dokumentirani u literaturi: povećava se volumen i brzina otjecanja oborina (Jennings i Jarnagin, 2002), skraćuje se vrijeme koncentracije (Braud i sur., 2013) te se narušava kvaliteta vode (Makepeace i sur. 1995). Alternativa tradicionalnim sustavima odvodnje je integralni pristup - tzv. *Low Impact Development* (LID) ili *Best Management Practice* (BMP) - koji se temelji se na principu manjih intervencija u prostoru kojima se hidrološke karakteristike, prvenstveno propusnost podloge, vraćaju u prirodno stanje (Dietz, 2007).

Dobrobiti LID pristupa detaljno su istražene u različitim okolnostima i na različitim područjima (Braud i sur., 2013; Dietz, 2007; Elliot i Trowsdale, 2007; Hu i sur., 2017). Konstruktivna rješenja najčešće se temelje na izgradnji infiltracijskih sustava, kao što su bioretencije (Davis i sur., 2009), propusni kolnici (Scholz i Grabowiecki, 2007) te upojni bunari (Li i sur., 2015). U većem dijelu Europe, a posebice u SAD-u i Australiji, LID je već dulje vremena prvi odabir kod planiranja i projektiranja sustava odvodnje oborinskih voda. S druge strane, u RH tek se pred desetak godina počelo razmišljati o integralnom pristupu odvodnji i tretmanu oborinskih voda (Margeta, 2007; Rubinić i Zmaić, 2009), pa i provoditi takva rješenja (Uzelac i sur., 2012).

Postoji više hidroloških pristupa, kao i modela te računalnih programa za primjenu na pilot područjima obuhvaćenim projektom Rainman. Jedan od uvjeta za odabir je i njihova opća dostupnost bez potrebe osiguravanja financijskih preuvjeta (tzv. *open-source* modeli). S gledišta razine složenosti, modeli za analizu otjecanja i generiranja karata poplavnih područja mogu se podijeliti u tri grupe:

- Razina 1: Direktna osmatranja pale i otekle oborine na pilot područjima
- Razina 2: Konceptualni (stacionarni) modeli koji opisuju samo konačno stanje poplavom zahvaćenih područja, ne uzimajući u obzir vremenske karakteristike oborina niti dinamiku širenja poplava.
- Razina 3: Hidrološko-hidraulički (dinamički) modeli koji opisuju vremenski razvoj poplava i temelje se na fizikalnim procesima tečenja fluida

Konceptualni modeli su uglavnom dostupni u GIS okruženju, a dijele se na „suhe“ (*dry*) modele, koji uzimaju u obzir jedino topografiju terena, i „mokre“ (*wet*) modele, koji se pored topografije terena djelomično baziraju i na procesnim jednadžbama za tečenje plitkih voda.

U prvu kategoriju konceptualnih modela spadaju razni hidrološki moduli ugrađeni u GIS alate, te njihove nadogradnje u vidu Arc Hydro modula za ArcGIS, odnosno GRASS modula za QGIS. U oba slučaja, proračun se temelji na jednostavnim metodama za određivanje smjera tečenja oborine s obzirom na nagibe terena (tzv. *rolling ball* metode) i zona zadržavanja (retencije) oborina s obzirom na depresije u digitalnom modelu terena.

S druge strane, „*wet*“ konceptualni modeli se također primarno baziraju na topografiji terena, ali predmetno područje tretiraju kao niz ćelija, a pomoću određenih fizikalnih zakona, najčešće jednadžbe očuvanja mase (*continuity equation*), modeliraju tečenje među njima. Prednost ovih modela je što uzimaju u obzir određene fizikalne karakteristike otjecanja oborina, a istodobno su

računalno učinkovitiji od hidrauličkih modela. Nekoliko recentnih usporedbi (Lhomme i sur., 2008; Liu i Pender, 2010.) je pokazalo kako su rezultati „wet“ modela usporedivi s 2D hidrauličkim modelima, posebice kada se promatra dubina vode i opseg poplavnog područja. Međutim, konceptualni modeli ponekad nemaju zadovoljavajuću preciznost u slučaju složene topografije ili kada je potrebna točna informacija o brzini toka vode. Neki od poznatiji primjera „wet“ konceptualnih modela su: Flowroute (<https://www.ambientalrisk.com/>), Rapid Flood Spreading Model (RFSM) (Lhomme i sur., 2008.) te Rapid Flood Inundation Model (RFIM) (Krupka i sur., 2007.).

Hidrološko-hidraulički modeli se temelje na rješavanju sustava parcijalnih diferencijalnih jednadžbi, tzv. jednadžbi plitkih voda (*shallow water equations*). Hidrološki moduli simuliraju procese otjecanja oborine (*rainfall-runoff*), dok hidraulički moduli simuliraju nestacionarno tečenje vode unutar domene predmetnog područja. Hidraulički modeli mogu biti jednodimenzijski (1D), nazovi-dvodimenzijski (*quasi-2D*) dvodimenzijski (2D) ili kombinacija navedenog (1D/2D). Također, mogu simulirati samo površinsko tečenje, ili mogu povezivati površinsko tečenje (1D, nazovi-2D, 2D) i tečenje kroz sustav oborinske odvodnje (1D) te njihovo međudjelovanje (tzv. *dual drainage*).

Komercijalnih računalnih paketa za hidrološko-hidrauličko modeliranje poplava je mnogo, od poznatijih se mogu istaknuti SOBEK (<https://www.deltares.nl/>), MIKE Urban (<https://www.mikepoweredbydhi.com>), PCSWMM (<https://www.pcswmm.com/>), TUFLOW (<https://www.tufLOW.com/>), InfoWorks ICM (<https://www.innovyze.com/>) te FLO-2D (<https://www.flo-2d.com/>). Međutim, javno dostupnih (open-source) paketa ima svega nekoliko, a svaki od njih ima određena ograničenja po pitanju modeliranja pluvijalnih poplava. Ovdje će se ukratko predstaviti tri takva modela koja se mogu preporučiti za simuliranje pluvijalnih poplava na pilot područjima u sklopu projekta Rainman.

Među preporučene svakako spada široko rasprostranjeni model HEC-RAS (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>). HEC-RAS je namijenjen za hidraulički proračun jednodimenzijskog (1D) i dvodimenzijskog (2D) tečenja duž prirodnih i umjetnih kanala te poplavnih područja. Matematički algoritam rješava potpune jednadžbe plitkih voda, a može opisivati mirni, burni i prijelazni režim tečenja, te uključuje proizvoljnu geometriju kanala, te različite konstruktivne elemente kao što su mostovi, preljevi, nasipi, itd. Karakteristike terena su definirane visinskim točkama; poprečnim presjecima kanala u slučaju 1D analize, odnosno vinski modelom terena u slučaju 2D analize. Pored navedenog, namjena terena i tip podloge utječu na hrapavost, koja se zadaju u obliku Manningovog koeficijenta hrapavosti. Kao ulazni podatak, ovaj model dopušta unos hidrograma na granici domene ili direktni unos oborine (u obliku hijetograma ili kumulativne oborine) jednoliko raspoređene po površini sliva. Od podloga zahtijeva digitalni model terena (DEM), karte pokrova i namjene korištenja zemljišta, definiranje hrapavosti podloge te podatke o oborinama. Prednosti modela su dostupnost, dobra podrška, detaljne upute, široka baza korisnika, te prethodno iscrpna validiranost modela za simuliranje poplava. Od nedostataka se treba naglasiti nemogućnost simuliranja podpovršinskog tečenja kroz sustav odvodnje te nemogućnost uključivanja infiltracije oborine. Uz navedeno, model karakterizira relativno visoka računalna kompleksnost, što može rezultirati dugotrajnim proračunima i mogućim nestabilnostima numeričkog algoritma tijekom proračuna.

Ako je naglasak simulacije na sustavu odvodnje oborinskih voda, onda se svakako može preporučiti Storm Water Management Model (SWMM) (<https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>). SWMM je hidrološko-hidraulički model namijenjen za simulaciju 1D nestacionarnog tečenja unutar sustava oborinske odvodnje, a ulaz

u sustav modelira pomoću hidroloških modela s obzirom na definirane karakteristike podslivova. Hidrološki modul opisuje otjecanje oborine s obzirom na zadanu vremenski i prostorno promjenjivu oborinu, a uključuje i procese evapotranspiracije te infiltracije, što ga čini podobnim za analizu efikasnosti LID elemenata. Hidraulički modul rješava potpune jednadžbe plitkih voda za tečenje u otvorenim kanalima, ali i sustavima pod tlakom, proizvoljne geometrije. Može opisivati različite režime tečenja, utjecaj različitih konstruktivnih elemenata, kao što su preljevi, razdjelnici, pumpe i propusti. Od podloga zahtijeva digitalni model terena (DEM), karte pokrova i namjene korištenja zemljišta, geometriju sustava odvodnje oborinskih voda te podatke o oborinama. Prednosti modela su dostupnost i jednostavnost, dobra podrška, široka baza korisnika te validiranost modela za simuliranje tečenja u kanalizacijskom sustavu. Također, velika prednost je dobra podrška za implementaciju LID elemenata u cilju umanjavanja posljedica pluvijalnih poplava. Nedostaci su prvenstveno ograničenost modela na 1D tečenje, što onemogućava direktno kartiranje poplava nastalih uslijed površinskog otjecanja.

Pored navedena dva modela, javno dostupan je i OpenLISEM (<https://blog.utwente.nl/lisem/>). OpenLISEM je integrirani hidrološko-hidraulički model namijenjen za simulaciju 2D površinskog tečenja i pronosa sedimenata. Rješava potpune jednadžbe plitkih voda (pomoću integriranog FullSWOF modela), a može opisivati različite režime tečenja te uključuje proizvoljnu geometriju kanala. Pored toga, omogućuje unos većeg broja podloga o tipu terena, namjeni površina, infrastrukturi i slično. OpenLISEM je vrlo napredan model koji obuhvaća i međudjelovanje kanala i vodotoka s površinskim otjecanjem, zbog čega je posebno pogodan za analizu pluvijalnih poplava. Pored toga, za infiltraciju koristi Green & Ampt model, što omogućava precizniju analizu infiltracije oborina te analizu učinkovitosti implementacije LID elemenata. Prednost ovog modela je svakako integrirani 2D hidrološko-hidraulički model, koji obuhvaća sve mjerodavne procese. Mana je nedovoljna rasprostranjenost modela, te nemogućnost integracije 1D tečenja kroz kanalizacijski sustav.

Treba napomenuti kako je dostupno još nekoliko sličnih hidrološko-hidrauličkih modela, poput ANUGA ili HiPIMS, međutim ovi modeli za sada nemaju dovoljno veliku bazu korisnika niti odgovarajuće grafičko sučelje neophodno za širu upotrebu.

S obzirom na prethodno navedene modele te njihove mogućnosti, za pilot područja u sklopu projekta Rainman, može se zaključiti sljedeće:

- Za pilot područje Zagreba, potrebno je prvo provesti preliminarno modeliranje pluvijalnih poplava na širem području, pomoću konceptualnih GIS modela, kako bi se detektirale kritične zone (tzv. *hot spots*), koje se kasnije mogu detaljnije analizirati u manjem mjerilu pomoću hidrološko-hidrauličkih modela.
- Za pilot područja Istre (Pazin i Umag), također treba provesti preliminarno modeliranje pluvijalnih poplava šireg područja. Međutim, zbog puno manjeg opsega pilot područja, ovo modeliranje se pored GIS alata i konceptualnih modela, može provesti i pomoću jednostavnijih hidrološko-hidrauličkih modela, kao što su HEC-RAS ili OpenLISEM.
- Na oba pilot područja mogu se dodatno analizirati određena uža područja, kako bi se ispitala efikasnost implementacije odgovarajućih mjera za umanjavanje posljedica od pluvijalnih poplava. Ove analize moguće je provesti pomoću SWMM modela.
- Za sve analize treba voditi računa kako će rezultati modeliranja ovisiti o kvaliteti dostupnih podloga, kako topografskih te građevinskih, tako i hidroloških.
- Također, treba naglasiti kako će sve analize, a posebno hidrološko-hidrauličke, dati realnije i točnije rezultate ako se modeliranje provede koristeći vremenski varijabilne

oborine definirane pljuskom za projektiranje, što je detaljno obrađeno u okviru predmetne studije.

Pored odabira primjerenog modela, treba voditi i računa o razlikovanju pluvijalnih od fluvijalnih poplava. Jedna definicija pluvijalne poplave definira kao poplave nastale uslijed intenzivnih oborina od površinskog otjecanje vode koja se ne infiltrira u podzemlje, a prije nego li uđe u prirodni ili umjetni sustav odvodnje, kanala ili vodotoka, ili kada ne može ući u ove sustave zbog zasićenosti istih. Nešto šira definicija pluvijalnih poplava (tzv. poplave površinskih voda) uzima u obzir kombinaciju poplava od površinskog otjecanja vode te prelijevanja kanalizacijskog sustava te manjih kanala i povremenih vodotoka, uslijed intenzivnih oborina.

Jedan od glavnih kriterija za razlikovanje pluvijalnih od fluvijalnih poplava je rubni uvjet domene modela. Naime, kod pluvijalnih poplava uzrok poplave ne smije biti voda koja ulazi u domenu modela iz vanjskog izvora (kao što su primjerice poplavni valovi velikih rijeka – tipični primjer fluvijalne poplave), već poplava mora nastati kao rezultat otjecanja oborine koja je pala direktno na područje obuhvaćeno domenom modela. Model pluvijalnih poplava, na ovaj način, pored direktnog otjecanja oborina, može obuhvaćati i tečenje, čak i prelijevanje, iz rijeka, kanala i bujica.

3.3. Metodologija za procjenu utjecaja klimatskih promjena na pojavnost jake oborine i promjene hidroloških značajki bujičnih vodotoka

U sklopu predmetne studije nužno je provesti i prognozu mogućeg utjecaja klimatskih promjena na pojavnost obilnih oborina i procjenu njihovog utjecaja na dinamiku otjecanja te poplavne rizike. Pri tome su mjerenja na postajama DHMZ-a osnovni izvor klimatskih informacija za potrebe ove studije. Dodatan izvor klimatskih informacija, relevantan za procjenu potencijalnih klimatskih promjena u 21. stoljeću, su rezultati regionalnih klimatskih modela. U ovoj studiji bit će analizirane klimatske simulacije provedene za potrebe izrade *Nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama* (MZOE, 2017, <http://prilagodba-klimi.hr/>) koji su dostupni na <https://repositorij.meteo.hr/>.

Primijenjeni regionalni klimatski model RegCM4 (Giorgi i sur., 2012) je simulirao razdoblje 1971. do 2070. na prostornoj rezoluciji 12.5 km te razdoblje 1971.-2099./2100. na prostornoj rezoluciji 50 km. Domena modela je područje Europe prema specifikaciji i protokolima CORDEX (<http://www.cordex.org> i EURO-CORDEX (<http://www.euro-cordex.net>) inicijativa, a kao rubni uvjeti korišteni su rezultati CMIP5 (**C**oupled **M**odel **I**ntercomparison **P**roject, Phase **5**) globalnih klimatskih modela: EC-EARTH (**E**uropean **c**ommunity **E**arth-**S**ystem **M**odel), HadGEM2-ES (**H**adley **C**entre **G**lobal **E**nvironmental **M**odel, version **2**, **E**arth **S**ystem), CNRM-CM5 (**C**entre **N**ational de **R**echerches **M**étéorologiques (**CMIP5**)) i MPI-ESM-MR (**M**ax-**P**lanck-**I**nstitut für **M**eteorologie, **E**arth-**S**ystem **M**odel, **M**edium Resolution grid). Za povijesno razdoblje (do simulirane 2005. godine) globalni klimatski modeli i RegCM4 uzimaju u obzir izmjerene koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi, a za projekcije (poslije 2005.) pretpostavljena su dva IPCC scenarija: RCP4.5 i RCP8.5 (Moss i sur., 2010). U konačnici, simulacije za razdoblje u 21. stoljeću je obavljeno 8 puta na rezoluciji 12.5 km te 8 puta na rezoluciji 50 km te ovako definiran ansambl (skup) simulacija, omogućava statističku procjenu utjecaja izbora rubnih uvjeta i scenarija te rezolucije regionalnog klimatskog modela RegCM4 na signal klimatskih promjena.

Osnovni parametar u ovoj studiji je ukupna količina oborine, koja je u gore opisanom skupu simulacija dostupna na vremenskoj rezoluciji od 3 sata te prostornim rezolucijama 12.5 km i 50 km. Direktno korištenje rezultata regionalnih klimatskih modela za potrebe hidroloških istraživanja

je ograničeno postojanjem sustavnih pogrešaka u regionalnim klimatskim modelima na manjim prostornim skalama. Za potrebe direktnog korištenja vremenskih nizova ukupne količine oborine i/ili izvedenih statističkih mjera (npr. godišnji maksimum trosatnih količina oborine) predlaže se međukorak u kojem se obavlja statističko uklanjanje sustavnih pogrešaka i/ili korištenje relativnih promjena između budućeg i povijesnog razdoblja za potrebe analize signala klimatskih promjena.

Planirano je da se na temelju rezultata simulacije promjena kratkotrajnih jakih oborina za nekoliko odabranih klimatskih modela definiraju prosječne krivulje promjena, kao i anvelope mogućih promjena za odabrana trajanja do 24 sata, te na osnovu njihovih vrijednosti provede redukcija rezultirajućih HTP krivulja odabranih ombrografskih postaja koje reprezentiraju testne slivove kod kojih postoji i hidrološki monitoring. Statističkim metodama proračunate vrijednosti velikih voda će se najprije definirati elementi redukcije proračunskih parametara vezanih uz definiranje velikih voda parametarskim pristupom na temelju HTP krivulja kako bi se proračunate vrijednosti velikih voda po oba pristupa ujednačile (po pojedinim povratnim periodima njihova javljanja – vjerojatnostima pojave). U drugom će se koraku provesti redukcija takvih polaznih HTP krivulja rezultatima međuodnosa proračunskih vrijednosti pojava kratkotrajnih jakih oborina za neko odabrano buduće razdoblje u odnosu na povijesno (prema određenim prosječnim promjenama i anvelopama takvih promjena) na osnovi kojeg su i definirane polazne HTP krivulje, te će se tako dobiti HTP krivulje za neko prognozirano buduće stanje. Koristeći tako generirane HTP krivulje, provesti će se hidrološki proračuni velikih voda odabranih lokaliteta, a na osnovu čega će se moći utvrditi neki očekivani raspon mogućih promjena vršnih protoka otjecanja u uvjetima prisutnih klimatskih promjena.

Nužno je razmotriti i utjecaj promjene razina mora na učinkovitost sustava oborinske odvodnje, kao i na kapacitete prihvata oborinskih i bujičnih voda priobalnih vodotoka koji su njihov recipijent. Pri tome je korištenje rezultata klimatskih projekcija dobivenih u sklopu pripreme *Nacrta strategije prilagodbe Republike Hrvatske klimatskim promjenama* ograničeno jer je za tu potrebu korišten regionalni klimatski model bez prognostičke verzije modela za procese u moru. Razvoj i primjena združenih atmosfera-ocean/more regionalnih klimatskih modela je tema npr. međunarodne inicijative Med-CORDEX (<https://www.medcordex.eu/>) te nedavno započetog HrZZ projekta ADIOS (<http://jadran.izor.hr/~vilibic/ADIOS/index.html>). Ipak, rezultati 12.5-km simulacija provedenih za potrebe priprema *Nacrta strategije prilagodbe Republike Hrvatske klimatskim promjenama* nalaze primjenu u procjenu rizika od olujnih uspora koji doprinose obalnom poplavlivanju na području Jadrana prema nedavnoj dizertaciji Međugorac (2018).

3.4. Metodologija definiranja oblika „pljuska za projektiranje“

U inženjerskoj praksi, pogotovo u Hrvatskoj, još uvijek prevladavaju zastarjele i neodgovarajuće metode proračuna sustava odvodnje oborinskih voda, posebice retencijskih i infiltracijskih građevina, ključnih objekata prema LID pristupu. Vrlo često se može naići na proračune upojnih bunara prema Pönningeru (Radonić, 2003), koji se temelji na jednostavnoj empirijskoj formuli i u potpunosti zanemaruje značajke oborine kao ulaznog parametra. Također, prisutni su i proračuni koji se sastoje od racionalne formule za proračun otjecanja oborine (Chow, 1964) te jednostavne formule za procjenu potrebnog volumena infiltracijskog sustava (npr. Klobučar i sur., 2009). Ovakvi proračuni temelje se na bilanci ukupnih vremenski uprosječenih volumena čime se zanemaruje vremenska raspodjela intenziteta oborina, te posljedično površinskog otjecanja i promjena razina voda u retencijskom ili infiltracijskom sustavu. Pored toga, proračuni se uglavnom provode za jedno trajanje oborine koje ne mora uvijek odgovarati kritičnoj situaciji. U

novije vrijeme, za montažne ispune infiltracijskih sustava, počeli su se koristiti proračuni prema Njemačkoj normi *DWA-A 138E* (German Association for Water, Wastewater and Waste, 2005) koja zahtijeva da se proračun provede za različita trajanja oborine kako se pronašao kritični slučaj, ali također predlaže jednostavni proračun bilance vremenski uprosječenih volumena.

Stoga je za potrebe razvoja metoda i rješenja urbane odvodnje, temeljenih na pojačanoj infiltraciji oborinskih voda, na području Hrvatske a i šire, razvijena metodologija optimalnog dimenzioniranja infiltracijskih sustava kao integralnog dijela sustava za odvodnju oborinskih voda (Krvavica i sur., 2018). Predloženi pristup temelji se na kombinaciji numeričkih modela uz ulazni parametar definiran vremenski promjenjivom oborinom, tzv. *projektnim pljuskom*. Uz to, metoda uključuje sukcesivni proračun različitih trajanja oborine, kako bi se infiltracijski sustav dimenzionirao na kritični slučaj. Spomenuti je pristup testiran na primjeru analize oborinskih značajki i značajki infiltracijskog sustava na području Rijeke, koju karakterizira iznimno veliki intenziteti oborina za sva trajanja u rasponu do 24 sata (Rubinić i sur., 2009).

Pljusak za projektiranje (eng. *design storm*), za razliku od ravnomjernog intenziteta oborine dobivenog iz ITP krivulja, definiran je vremenski varijabilnim intenzitetom oborine, kako bi se što realnije prikazala stvarna oborina (Dietz, 2007). Pljusak za projektiranje može se temeljiti na sintetičkim pljuskovima koji su izvedeni iz zabilježenih kišnih događaja ili, rjeđe, na pojedinim zabilježenim ekstremnim povijesnim oborinama. U prvom slučaju, vremenska raspodjela oborina računa se ili direktno iz HTP/ITP krivulja ili statističkom obradom niza zabilježenih oborina (Dietz, 2007).

Tipovi pljuska za projektiranje izvedeni direktno iz HTP/ITP krivulja, kao što su metoda izmjeničnih blokova (eng. *alternating block method*), Chicago metoda (Keifer i Chu, 1957) ili Euler II metoda koju preporučuju Njemačke i Austrijske norme (Schmitt i Thomas, 2000.), vrlo su jednostavne za definirati, ali se njihova vremenska raspodjela slabo poklapa sa stvarnim kišnim događajima, a vršni intenzitet je vrlo često precijenjen (Watt i Marsalek, 2013). S druge strane, tipovi pljuska za projektiranje izvedeni iz statističkih analiza zabilježenog niza oborina, kao što su SCS distribucija (USDA, 1968), metoda bezdimenzionalnog trokutnog hijetograma (Yen i Chow, 1980), metoda kvartilnih krivulja (Huff, 1967) ili metoda prosječne varijabilnosti (Pilgrim, 1987), uglavnom daju zadovoljavajuće realni oblik na izvjestan način uprosječenih hijetograma karakterističnog za odabranu lokaciju, ali zahtijevaju duži niz praćenja oborina.

U nastavku će se detaljnije opisati metodologija definiranja pljuska za projektiranje koji je razvijen na temelju metode prosječne varijabilnosti oborinskog intenziteta (Pilgrim, 1987). Naime, pomoću navedene metode definiraju se determinističke vrijednosti pljuska za projektiranje određenog trajanja i povratnog perioda, koje su jednostavnije za primijeniti u praksi u usporedbi s probabilističkim pristupom metode kvartilnih krivulja, a daju prihvatljivu aproksimaciju karakterističnog oblika kumulativne oborine (Krvavica i sur., 2018).

Predložena se metodologija sastoji od dva koraka: pripreme ulaznih podataka o oborinama te obrade podataka s ciljem generiranja krivulje projektnog pljuska. Prvi korak je priprema, odnosno odgovarajuća obrada, ombrografskih podatke danih u obliku 5-min nizova, koja se provodi kroz sljedeće postupke:

1. odabir odgovarajućeg vremena između događaja (eng. *inter-event time, IET*) kako bi se razdvojili nezavisnih događaja – kišne epizode
2. odabir reprezentativnih kišnih događaja koji premašuju zadane pragove
3. definiranje kumulativne krivulje za svaki kišni događaj
4. transformacija svih kumulativnih krivulja u bezdimenzionalni prostor

Na osnovu niza bezdimenzionalnih krivulja provodi se proračun krivulja pljuska za projektiranje za odabrane razrede trajanja oborine:

1. definiranje bezdimenzionalnog oblika kumulativne krivulje pljuska za projektiranje prema metodi prosječne varijabilnosti
2. pridruživanje vrijednosti (trajanje i ukupna količina oborine) iz poznatih HTP/ITP krivulja bezdimenzionalnim krivuljama
5. definiranje mjerodavnog hijetograma pljuska za projektiranje (projektni hijetogram)

3.4.1. Obrada ombrografskih podataka

Vrijeme između događaja (eng. *inter-event time*, IET) definira minimalno trajanje bez oborine potrebno da se dva uzastopna niza oborina smatraju nezavisnim događajima (Restrepo-Posada i Eagleson, 1982.; Bonta, 2004.). Najčešće, IET se određuje s obzirom na rezultate autokorelacije vremenskog niza za različita trajanja oborina (Bonta, 2004.; Joo i sur., 2014.). U ovoj studiji, IET je određen s obzirom na 20%-tni interval pouzdanosti za koeficijente autokorelacije.

Odabir reprezentativnih događaja proveden je s obzirom na unaprijed definirane pragove (donje granice) za intenzitet i visinu oborina različitog trajanja s kojima se u Hrvatskoj praksi ulazi u sekundarne obrade (Bonacci, 1994.). Vrijednosti navedenih pragova prikazani su u tablici 3.1.1. Pritom, za svaki pojedini kišni događaj provedena je provjera premašuje li visina oborine donju granicu za svako od trajanja navedenih u tablici 3.1.1. Na ovaj način, u sekundarnu analizu ulaze oborine koje unutar sebe sadržavaju barem jedno trajanje za koje visina oborine premašuje prag.

Nakon što su odabrani svi pojedinačni događaji na temelju kojih se definira oblik pljuska za projektiranje, definirane su kumulativne krivulje uzastopnim zbrajanjem 5-min vrijednosti visine oborina H_{5min} . Transformacija krivulja u bezdimenzionalni prostor provedena je na način da se y vrijednosti krivulje podijele s ukupnom oborinom H , a x vrijednosti krivulje podijele s ukupnim trajanjem oborine t_k . Na ovaj način svaka krivulja smještena je unutar koordinata (0, 0) i (1, 1). Bezdimenzionalne krivulje pogodnije su za usporedbu te generiranje reprezentativne krivulje pljuska za projektiranje.

Krivulje su kategorizirane u četiri razreda prema trajanju oborina. Razredi trajanja odabrani su s obzirom na karakteristike oborina, prvenstveno njihove vremenske varijabilnosti. Prvi razred čine oborine trajanja duljeg od 15 min i kraćeg ili jednakog od 60 min. Ove oborine su najintenzivnije, ali zbog kratkog trajanja imaju slabije izraženu vremensku varijabilnost. Oborine kraće od 15 minuta isključene su iz analize, jer zbog vremenskog koraka ombrografskih uređaja od 5 min ne sadrže dovoljno informacija o vremenskoj varijabilnosti oborine. Drugi razred čine oborine trajanja duljeg od 1 h i kraćeg ili jednakog od 3 h. Ove oborine su vrlo intenzivne te imaju vrlo izraženu vremensku varijabilnost. Oborine trajanja kraćeg od 3 h i kraćeg ili jednakog od 6 h čine treći razred oborine. U ovom razredu trajanja očekuju se oborine slične vremenske varijabilnosti kao i oborine drugog razreda. Pritom, moguće je da oborine ovog trajanja imaju složeniji oblik s dva maksimuma trenutnog intenziteta. Posljednji, četvrti razred čine sve oborine trajanja dužeg od 6 h. Ovo su oborine nešto slabije izražene vremenske varijabilnosti, uz dva ili više odvojenih maksimuma trenutnog intenziteta.

3.4.2. Metoda prosječne varijabilnosti

Primjena metode prosječne varijabilnosti (Pilgrim, 1987) za definiranje vremenske raspodjele intenziteta oborine prikazat će se korak po korak na jednom pojednostavljenom primjeru.

Prvi korak je odabrati određeni broj kišnih događaja čije se ukupno trajanje nalazi unutar odabranog razreda. U ovom primjeru odabrana su četiri kišna događaja trajanja 45 min zabilježena na području Rijeke u razdoblju od 1961. – 1990. godine (Tablica 3.4.1.). Prema prethodnoj metodologiji događaji premašuju vrijednosti iz Tablice 3.1.1. te su transformirani u bezdimenzionalni oblik. Treba naglasiti kako primjena navedene metode za analize koje se provode u ovoj studiji zahtijeva duži niz oborina, preporučuje se minimalno 50 zabilježenih kišnih događaja kako bi se osigurala da dobivena krivulja bude reprezentativna za predmetno područje (Pilgrim, 1987). Također treba napomenuti kako je metodologija originalne metoda prosječne varijabilnosti definirana za obradu niza oborina identičnog trajanja (kao u ovom primjeru). Međutim, za potrebe ove studije metoda je modificirana na način da se krivulja pljuska za projektiranje može definirati s obzirom na niz oborina različitih trajanja unutar određenog raspona (prethodno definirana četiri razreda trajanja). Zbog toga, analiziraju se postotci oborine u različitim periodima (bezdimenzionalni oblik pljuska), a ne stvarne količine.

Karakteristike odabrana četiri kišna događaja prikazane su u Tablici 3.4.1. u stupcu 1 prikazan je datum pojedinog kišnog događaja, a u stupcu 2 ukupna količina oborine u mm. Nakon toga se svaki događaj podijeli u određeni broj perioda podjednakog trajanja. U ovom primjeru odabrana su tri perioda (trajanja 15 min) te su svakom periodu kronološki dodijeljene odgovarajuće postotne količine oborine (stupci 3-5).

Tablica 3.4.1. Jednostavni primjer proračuna krivulje pljuska za projektiranje prema metodi prosječne varijabilnosti na uzorku od četiri oborine trajanja 45 min

Datum (1)	Ukupna oborina u mm (2)	Postotak oborine u svakom periodu (%)			Rang oborine u svakom periodu			Postotak oborine u svakom rangu (%)		
		P 1 (3)	P 2 (4)	P 3 (5)	P 1 (6)	P 2 (7)	P 3 (8)	R 1 (9)	R 2 (10)	R 3 (11)
21.8.1982.	51.7	20.3%	44.9%	34.8%	3	1	2	44.9%	34.8%	20.3%
9.9.1967.	34.8	55.2%	42.0%	2.9%	1	2	3	55.2%	42.0%	2.9%
24.10.1982.	23.4	6.4%	73.1%	20.5%	3	1	2	73.1%	20.5%	6.4%
19.8.1968.	19	7.4%	43.2%	49.5%	3	2	1	49.5%	43.2%	7.4%
		Prosječno (a)			2.5	1.5	2	55.6%	35.1%	9.2%
		Dodijeljeni rang (b)			R3	R1	R2			
		Konačna vrijednost (c)			9.2%	55.6%	35.1%			
		Kumulativna krivulja (d)			9.2%	64.9%	100.0%			

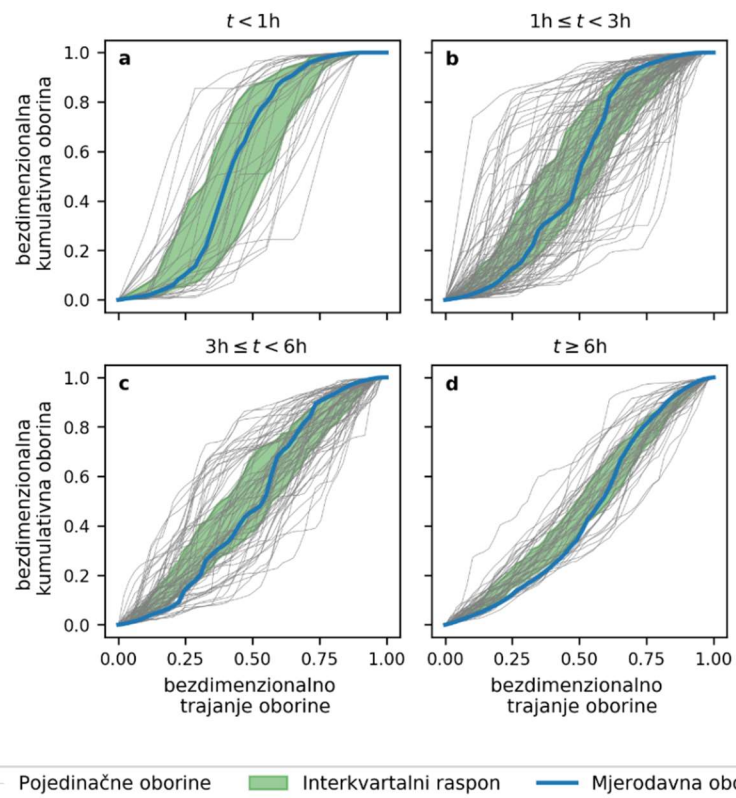
Broj perioda treba pažljivo odabrati uzimajući u obzir da premali broj perioda može rezultirati gubitkom bitnih informacija o stvarnom intenzitetu oborina u kratkom vremenu, dok preveliki broj perioda otežava praktičnu primjenu pljuska za projektiranje. Za potrebe analize pljuska za projektiranje u ovoj studiji, odabrano je da će svaka oborina biti podijeljena u 20 jednakih perioda, što se pokazao kao dobar kompromis između zadržavanja svih bitnih informacija o vremenskoj raspodjeli oborina, a omogućuje relativno jednostavno generiranje projektnog hijetograma i njegovu praktičnu primjenu.

U sljedećem se koraku svakom periodu oborine dodijeli rang s obzirom na količine oborina (stupci 6-8). Ako su u dva perioda zabilježene iste količine oborine, tada se dodjeljuje srednja vrijednost ranga. Potom se svakom rangu dodjeljuje pripadajuće vrijednosti oborina (stupci 9-11). Drugim riječima, sortiraju se postotne vrijednosti oborina od najveće prema najmanjoj.

Primjerice za prvi kišni događaj (21.8.1982.), prvom periodu (P1) pripada najmanji postotak oborine 23,3%, te mu je dodijeljen rang R3, drugom periodu P2 pripada najveći postotak oborine 44,9% te mu je dodijeljen rang R1, a trećem periodu s postotkom oborine 34,8% pripada rang R2. Sukladno tome, rangovima R1, R2, R3 pripadaju postoci oborine 44,9%, 34,8% i 20,3%.

Također se računaju i prosječne vrijednosti ranga za svaki period (stupci 6-8, redak (a)) te prosječne vrijednosti postotka oborina za svaki rang (stupci 9-11, redak (a)). Ova dio postupka bitan je kako bi se procijenio prosječni rang u svakom periodu, tj. kako bi se svakom periodu kasnije mogao dodijeliti oborina određenog ranga. Primjerice, u ovom slučaju, prosječni rang oborine u prvom periodu je 2,5 (najmanji intenzitet), prosječni rang u drugom periodu je 1,5 (najveći intenzitet), kojeg slijedi 2 (srednji intenzitet). U završnom koraku, dodjeljuje se novi rang s obzirom na prosječne vrijednosti ranga za svaki period (redak (b)), te se svakom rangu pridruži izračunata prosječna vrijednost postotka oborine (redak (c)). Konačno, moguće je odrediti vrijednosti kumulativne oborine uzastopnim zbrajanjem vrijednosti iz prethodnog retka (redak (d)).

Na Slici 3.4.1 prikazan je jedan primjer generiranih kumulativnih krivulja pljuska za projektiranje prema metodi prosječne varijabilnosti za područje Rijeke (za deset odabranih godina u razdoblju 1961.-1990.), za četiri odabrana razreda trajanja oborine (Krvavica i sur., 2018). Može se primijetiti kako krivulja trajanja kraćeg od 1 sata ima najizraženiji S-oblik (Slika 3.4.1. a), dok je krivulja za trajanja veća od 6 sati najbliža ravnomjernom intenzitetu (Slika 3.4.1. d). Ovakav rezultat je i očekivan, s obzirom da je vremenska varijabilnost intenziteta oborina znatnije izražena kod kratkotrajnih, u pravilu konvektivnih oborina, u usporedbi s dugotrajnim ciklonalno uvjetovanim oborinama.



Slika 3.4.1. *Primjer izračunate kumulativne krivulje prema metodi prosječne varijabilnosti za područje Rijeke, za četiri odabrane razreda trajanja oborine: a) manje od 1 sata, b) između jednog i tri sata c) između 3 i 6 sati, d) između 6 i 24 sata (Krvavica i sur., 2018.)*

4. ANALIZA RASPOLOŽIVIH PODLOGA

4.1. Pregled propisa i drugih legislativnih dokumenata vezanih uz problematiku poplava i odvodnju oborinskih voda

U nastavku je dan prikaz nekoliko temeljnih zakona i propisa u Hrvatskoj legislativi koji se odnose na problematiku odvodnje oborinskih voda i uz to vezanu zaštitu od poplava

Zakon o vodama

Zakon o vodama („Narodne novine“, br. 153/09., 63/11., 130/11., 56/13., 14/14. i 46/18) u članku 1.: „uređuje pravni status voda, vodnoga dobra i vodnih građevina, upravljanje kakvoćom i količinom voda, zaštita od štetnog djelovanja voda, detaljna melioracijska odvodnja i navodnjavanje, djelatnosti javne vodoopskrbe i javne odvodnje, posebne djelatnosti za potrebe upravljanja vodama, institucionalni ustroj obavljanja tih djelatnosti i druga pitanja vezana za vode i vodno dobro.“

Zakon u članku 3. definira poplavu kao „privremenu pokrivenost vodom zemljišta, koja obično nije prekriveno vodom, uzrokovana izlivanjem rijeka, bujica, privremenih vodotoka, jezera i nakupljanja leda, kao i morske vode u priobalnim područjima i suvišnim podzemnim vodama. Uz napomenu da ovaj pojam ne obuhvaća poplave iz sustava javne odvodnje.“ Poplave unutarnjim vodama nastale uslijed jakih oborina u urbanim, ali i ruralnim sredinama nisu obuhvaćene ovom definicijom.

Među ciljevima upravljanja vodama (članak 4.) ističe se „zaštita ljudi i njihove imovine od poplava i drugih oblika štetnog djelovanja voda“, te se jedino poplave nezbrinutim ili neodgovarajuće zbrinutim oborinskim vodama u urbanim i ruralnim sredinama mogu prepoznati kao jedan od oblika „štetnog djelovanja voda“.

Prema Zakonu (članak 5.) među načelima upravljanja vodama navodi se: „Upravljanje rizicima od poplava zasniva se na načelima solidarnosti, prvenstva u potrebama, hitne službe, trajne imobilizacije i mobilizacije; planira se i koordinira na razini vodnog područja u cilju smanjenja rizika od štetnih posljedica poplava, posebno po život, zdravlje i imovinu ljudi, okoliš, kulturnu baštinu, gospodarske djelatnosti i infrastrukturu.“

U zakonu se navode „regulacijske i zaštitne vodne građevine“, te odvojeno „građevine za javnu odvodnju“ koje spadaju u kategoriju „komunalnih vodnih građevina“.

Regulacijske i zaštitne vodne građevine i građevine za osnovnu melioracijsku odvodnju u vlasništvu su Republike Hrvatske dok su komunalne vodne građevine javna dobra u javnoj uporabi, i u vlasništvu su isporučitelja vodne usluge. Regulacijskim i zaštitnim vodnim građevinama, građevinama za osnovnu melioracijsku odvodnju u vlasništvu Republike Hrvatske upravljaju Hrvatske vode, a komunalnim vodnim građevinama upravlja javni isporučitelj vodne usluge ili koncesionar.

Gradnja i održavanje regulacijskih i zaštitnih građevina i vodnih građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju u vlasništvu Republike Hrvatske provodi se prema Planu upravljanja vodama, građevina za detaljnu melioracijsku odvodnju u vlasništvu jedinica područne (regionalne) samouprave provodi se prema Planu upravljanja vodama, dok se gradnja i održavanje komunalnih vodnih građevina provodi se prema planu koji donosi skupština, odnosno

upravno vijeće javnog isporučitelja vodne usluge, a gradnja i održavanje komunalnih vodnih građevina pod koncesijom prema Ugovoru o koncesiji.

Višegodišnje programe gradnje komunalnih vodnih građevina, regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije izrađuju Hrvatske vode, a donosi Vlada RH (članak 37.).

Prema članku 62. „jedinice lokalne samouprave dužne su putem isporučitelja vodne usluge osigurati skupljanje i pročišćavanje komunalnih otpadnih voda, prije njihovog izravnog ili neizravnog ispuštanja u vode, u skladu sa izdanom vodopravnom dozvolom“, prema članku 3. tu spadaju: otpadne vode sustava javne odvodnje koje čine sanitarne otpadne vode ili otpadne vode koje su mješavina sanitarnih otpadnih voda s industrijskim otpadnim vodama i/ili oborinskim vodama određene aglomeracije“. Prema članku 63. zbrinjavanje oborinskih voda posebno analizira samo vezano uz aspekt kakvoće vode: „Građevine urbane oborinske odvodnje, kao i građevine oborinske odvodnje s cestovnih i željezničkih prometnica, zračnih luka, luka na unutarnjim vodama te površina u krugu industrijskih postrojenja i benzinskih crpki, projektiraju se i grade tako da opasne i druge onečišćujuće tvari u tim vodama ne prelaze granične vrijednosti emisija propisane za otpadne vode“.

Otpadne vode (prema članku 3. tu spadaju sve potencijalno onečišćene industrijske, sanitarne, oborinske i druge vode) se treba ispuštati putem građevina za javnu odvodnju, građevina urbane oborinske odvodnje i individualnih sustava odvodnje sukladno odluci o odvodnji otpadnih voda (članak 67.).

„Zaštita od štetnog djelovanja voda obuhvaća aktivnosti i mjere za obranu od poplava, obranu od leda na vodotocima i zaštitu od erozija i bujica“ (članak 105.)

Treba razmotriti mogućnost prilagodbe i primjene nekih od metodologija i procedura (članak 105.) koje se odnose na „poplave“ definirane u članku 3. Zakona na poplave nezbrinutim ili neodgovarajuće zbrinutim oborinskim vodama u urbanim i ruralnim sredinama kao jedan od oblika „štetnog djelovanja voda“.

Prema članku 105.: „Upravljanje rizicima od štetnog djelovanja voda obuhvaća: izradu prethodne procjene rizika od poplava, izradu i provedbu planova upravljanja rizicima od poplava i Državnoga plana obrane od poplave, provedbenih i logističkih planova uz taj plan, uređenje voda, provedbu redovite i izvanredne obrane od poplava, provedbu obrane od leda na vodotocima, zaštitu od erozija i bujica, osnovnu melioracijsku odvodnju i provedbu ograničenja prava vlasnika i drugih posjednika zemljišta.“ Državni plan obrane od poplava je objavljen u NN 84/2010.

Za svako vodno područje, a po potrebi i za njegove dijelove, Hrvatske vode izrađuju prethodnu procjenu rizika od poplava. Hrvatske vode su dužne izraditi karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava za vodno područje, a po potrebi za dijelove vodnog područja i podslivove.

Na osnovi tih karata Hrvatske vode donose planove upravljanja rizicima od poplava. Zaštita od poplava je detaljno obuhvaćena zakonom.

Posebno se analizira problematika zaštite od erozije u bujica (članak 122. i 123.).

Gradnja i održavanje građevine oborinske odvodnje s javnih površina obuhvaćena je člankom 125. gdje se navodi da građevine oborinske odvodnje s javnih površina, iz stambenih zgrada, poslovnih i drugih prostora koje se na njih imaju priključiti, u građevinskim područjima grade i održavaju jedinice lokalne samouprave iz svog proračuna“.

Zaključak: neophodno je prepoznati poplave nezbrinutim ili neodgovarajuće zbrinutim oborinskim vodama u urbanim i ruralnim sredinama kao jedan od oblika „štetnog djelovanja voda“ te proširiti

definiciju „poplave“, odnosno uvesti pojam poplave uzrokovane oborinskom vodom koja nije adekvatno zahvaćene sustavima javne odvodnje i zbrinjavanja oborinskih voda u urbanim, ali i ruralnim sredinama.

Zakon o komunalnom gospodarstvu

Prema Zakonu o komunalnom gospodarstvu (NN 68/18), „komunalne djelatnosti su djelatnosti kojima se osigurava građenje i/ili održavanje komunalne infrastrukture u stanju funkcionalne ispravnosti i komunalne djelatnosti kojima se pojedinačnim korisnicima pružaju usluge nužne za svakodnevni život i rad na području jedinice lokalne samouprave“ (Članak 21.)

U komunalne djelatnosti kojima se osigurava održavanje (ali ne i građenje) ubrajaju se: „građevine javne odvodnje oborinskih voda, a što „podrazumijeva upravljanje i održavanje građevina koje služe prihvatu, odvodnji i ispuštanju oborinskih voda iz građevina i površina javne namjene u građevinskom području, uključujući i građevine koje služe zajedničkom prihvatu, odvodnji i ispuštanju oborinskih i drugih otpadnih voda, osim građevina u vlasništvu javnih isporučitelja vodnih usluga koje, prema posebnim propisima o vodama, služe zajedničkom prihvatu, odvodnji i ispuštanju oborinskih i drugih otpadnih voda“ (članak 22.).

U ovom novom Zakonu ne uređuje se više djelatnost odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, što uređuju posebni zakoni.

Pravilnik o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti javne odvodnje (NN 28/11 i 16/14)

Ovim se Pravilnikom (NN 28/11 i 16/14) propisuju posebni uvjeti koje mora ispunjavati isporučitelj vodne usluge za obavljanje djelatnosti javne odvodnje.

Temeljem analize propisa i drugih legislativnih dokumenata vezanih uz problematiku poplava i odvodnje oborinskih voda može se zaključiti da poplave nezbrinutim ili neodgovarajuće zbrinutim oborinskim vodama uslijed intenzivnih oborina u urbanim i ruralnim sredinama nisu dovoljno prepoznate.

Trebalo bi ih obuhvatiti pod pojmom „poplave“ te kao jedan od oblika „štetnog djelovanja voda“.

Također se uočava potreba razrade metodologija i procedura za upravljanje rizicima od štetnog djelovanja nezbrinutih ili neodgovarajuće zbrinutih oborinskim vodama uslijed intenzivnih oborina u urbanim i ruralnim sredinama kako bi se definirala procedura procjene rizika i izrade karata rizika od tih poplava, procedure pravovremenog obavješćivanja i uzbunjivanja svih relevantnih dionika kao i stanovništva i dr.

S obzirom na vremenski karakter tih poplava može se razmotriti implementiranje procedura koje se primjenjuju za bujične poplave, koje također nisu detaljno obuhvaćene hrvatskom legislativom, ali se mogu pronaći kao primjeri dobre prakse ili vodiči kao npr. „Flash flood early warning system reference guide“ (University Corporation for Atmospheric Research, 2010).

4.2. Oborinski podaci

Obične kišomjerne postaje registriraju ukupnu količinu oborine tijekom protekla 24 sata, s time da je vrijeme njihove registracije 7:00 sati, odnosno 8:00 po ljetnom računanju vremena.

Registracija dinamike palih oborina unutar tih 24 sata provodi se putem ombrografskih postaja. Ombrograf (ili pluviograf) je automatski registrirni instrument za neprekidno praćenje količine i trajanja oborine. Na temelju njegovog zapisa, ombrograma (pluviograma), moguće je odrediti vrijeme početka, završetka i ukupno trajanje padanja te jačinu oborine. U Državnom hidrometeorološkom zavodu koristi se tzv. Hellmannov ombrograf koji radi na principu plovka. Neki ombrografi imaju uređaj za grijanje pomoću električne energije koji trebaju zagrijati unutrašnjost ombrografa toliko da se održi tekuće stanje oborine u posudi. Na taj se način produžuje razdoblje uporabe ombrografa uključujući ona kada je temperatura zraka ispod 0°C.

Upravo su podaci s tih ombrografskih postaja osnovne podloge za provedbu analiza koje pružaju mogućnost uvida u pojavnost kratkotrajnih jakih oborina te njihove prostorno-vremenske značajke. No, zbog osjetljivosti instrumenata kojima su opremljene ombrografske postaje, pogotovo dok su oni bili konstruktivno riješeni kao spomenuti sustavi s plovkom nategom, bili su česti zastoji u njihovom radu. U početcima ombrografske registracije, dok nije uvedeno grijanje kao zaštita od smrzavanja instrumenta, ombrografi su bili čak i po više mjeseci u hladnom dijelu godine isključivani iz rada kako im se sustav registracije s nategom ne bi smrznuo. Stoga dio osmotrenih podataka nema zabilježene značajke oborinskog režima tijekom tih zimskih mjeseci. No, kako se najintenzivnije oborine, pogotovo kraćih trajanja, uglavnom javljaju tijekom toplijeg dijela godine, pri ranijim obradama oborinskih podataka smatralo se da takav nedostatak informacija o palim oborinama tijekom hladnog dijela godine ne predstavlja neki poseban problem te su obrade provedene neovisno o spomenutom nedostatku. Kako takav šablonizirani pristup nije primjeren s obzirom da se i tijekom razdoblja kad ombrograf nije radio, mogu pojaviti značajne intenzivne oborine, nužno je provesti i detaljniju kontrolu kako bi se iz daljnjih obrada vjerojatnosti pojave jakih oborina isključile neke od godina za koje se utvrdi da su u pogledu zabilježenih podataka o palim intenzivnim oborinama manjkave.

Stoga je u ovom poglavlju provedena analiza prihvatljivosti ombrografskih podataka usporedbom mjerenja maksimalnih 24-satnih količina oborine prema ombrografu i raspoloživih maksimalnih dnevnih količina oborine prema kišomjeru na postajama koje su reprezentativne za dva pilot područja (Istra i Zagreb). U ranijim godinama mjerenja, na većini postaja nedostaju mjereni podaci tijekom hladnog dijela godine. Međutim, kako bi procjene očekivanih maksimalnih količina oborine za različite povratne periode bile što pouzdanije za primjenu u gospodarstvu, nužno je obuhvatiti nizove maksimalnih kratkotrajnih količina oborine (u trajanju od 5, 10, 20, ... minuta) tijekom cijele godine. Naime, u pojedinim godinama kad nije bilo mjerenja u svim mjesecima, postoji mogućnost da stvarni (primarni) maksimum nije zabilježen i tada će analize uključivati samo one koji su raspoloživi u toplom dijelu godine (npr. Gajić-Čapka i Horvat, 2009).

Za potrebe daljnjih analiza na pilot područjima Istre i Zagreba uspoređeni su podaci godišnjih maksimuma na ombrografskim postajama i godišnjih maksimalnih dnevnih količina oborine prema pripadnom kišomjeru na istoj lokaciji meteorološke postaje. Spomenimo da su visine otvora kišomjera i ombrografa postavljeni na istoj visini. Osim toga, količina oborine na kišomjernoj postaji mjeri se svakog dana u 7 sati po lokalnom vremenu, a dnevna količina oborine predstavlja količinu sakupljenu od 7 sati prethodnog do 7 sati onog dana u kojem se mjeri i na koji se izmjereni podatak odnosi.

Analiza je provedena za postaje na kojima postoje mjerenja prema ombrografu i kišomjeru (Tablica 4.2.1 i Slike 4.2.1 – 4.2.11). U nastavku je opisana metoda usporedbe vremenskih nizova količine oborine.

Za vremenske nizove na pojedinim postajama određen je godišnji maksimum 24-satne količine oborine (*Rmaks-24*) i vrijeme njegovog pojavljivanja, tj. u kojem mjesecu je maksimum izmjeren.

Zatim je za pripadni kišomjer na istoj lokaciji, određena maksimalna dnevna količina oborine (R_{maks-d}) za pojedinu godinu i utvrđen mjesec njezinog pojavljivanja. Iznosi $R_{maks-24}$ i R_{maks-d} i pripadni mjeseci njihovog pojavljivanja uspoređeni su za svaku pojedinačnu godinu.

Za one godine u kojima nije bilo ombrografskih mjerenja tijekom cijele godine, a mjesec pojavljivanja 24-satnog maksimuma se ne podudara s mjesecom pojavljivanja dnevne maksimalne količine oborine prema kišomjeru, provedene su detaljnije usporedbe podataka na sljedeći način:

1) Ukoliko se R_{maks-d} pojavio u onim mjesecima u kojima nije bilo ombrografskih mjerenja, i vrijedi $R_{maks-d} > R_{maks-24}$, podaci s ombrografa za tu godinu su nepotpuni i njihovo uključivanje u daljnje analize unosi određenu nepouzdanost konačnih procjena ekstrema.

2) Ukoliko se ne podudaraju mjeseci i vrijedi $R_{maks-d} < R_{maks-24}$, podaci s ombrografa se preporučuju za daljnju upotrebu prilikom proračuna očekivanih maksimalnih trajanja količina oborine na pilot područjima Istre i Zagreba.

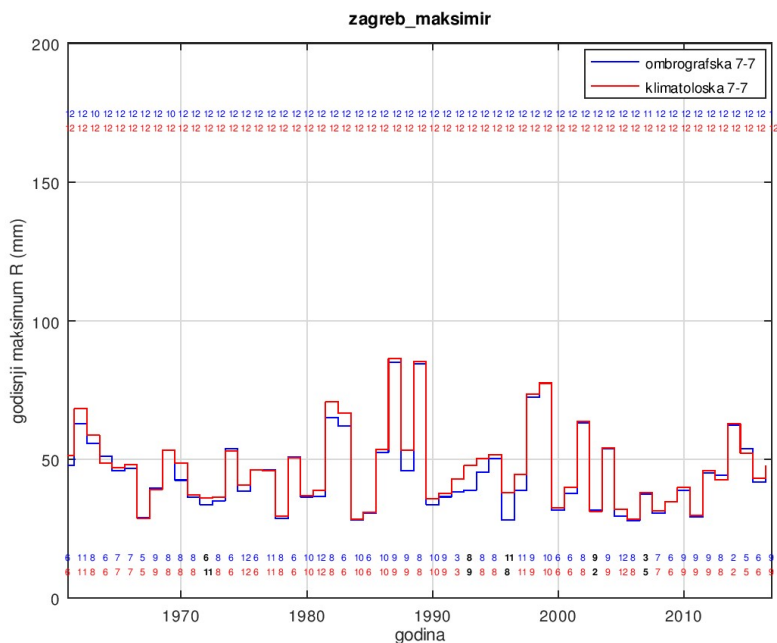
3) Za one godine u kojima je niz ombrografskih mjerenja potpun, bez obzira na (ne)slaganje s pojavljivanjem maksimuma s kišomjerne postaje, preporučuje se za daljnju analizu.

Tablica 4.2.1. Popis ombrografskih postaja na području Zagreba i Istre s raspoloživim dugogodišnjim razdobljem mjerenja prema ombrografu i kišomjeru te rezultirajuće nepouzdanе godine ombrografskih mjerenja

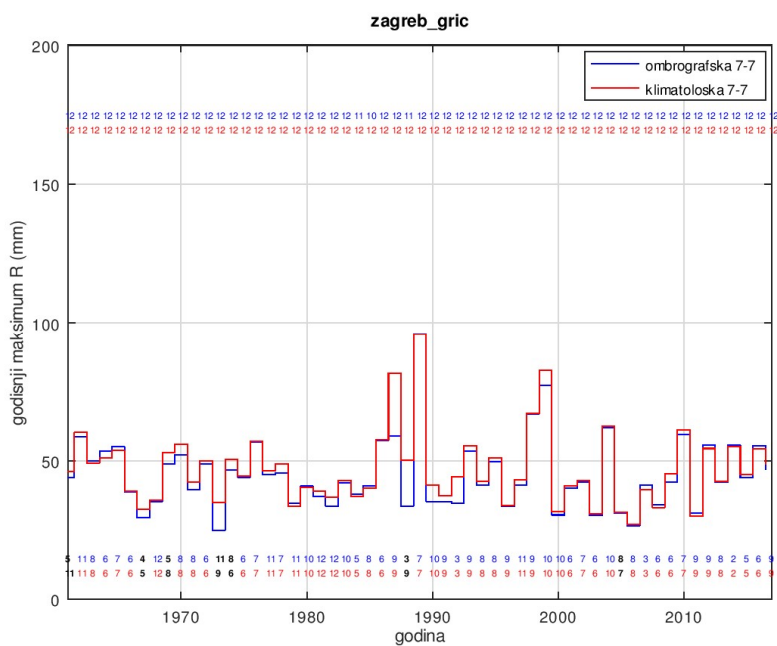
Postaja	Razdoblje - ombrograf	Razdoblje - kišomjer	Nepouzdanе godine**: ombrograf 0-24	Nepouzdanе godine**: ombrograf 7-7 + primjena dodatna kriterija
Zagrebačko područje				
Zagreb-Maksimir	1961-2016.	1961-2016.	Nema nepouzdanih godina.	Nema nepouzdanih godina.
Zagreb-Grič	1961-2016.	1961-2016.	Nema nepouzdanih godina.	1973., 1988.
Puntijarka	1961-2006., 2008.-2016.	1981-2016.	1981., 1984., 1990.	1981., 1984., 1990., 1992., 1993., 1998., 2003.
Zagreb-Bijenik	1980-2012., 2015-2016.	1961-2016.	1993.	1993.
Zagreb-Borčec*	1968-2007.	1991-2007.	1991., 1992., 1993.	1993.
Istra				
Poreč	1984-2016.	1981-2016.	1992.	1986., 1992., 1993.
Pula	1961-2016.	1963-2016.	1975., 1977., 1978., 1979., 1981., 1992., 1993.	1961., 1962., 1966., 1975., 1977., 1978., 1979., 1980., , 1992., 1993.
Abrami	1962-2016.	1981-2016.	Nema nepouzdanih godina.	1962., 1964., 1973., 1975., 1981.
Pazin	1963-2016.	1961-2016.	1972., 1974., 1975.	1971., 1972., 1974., 1975., 1987., 1988., 1989.
Letaj brana	1987-2016.	1995-2016.	Nema nepouzdanih godina.	Nema nepouzdanih godina.
Botonega	1987-2016.	1987-2016.	Nema nepouzdanih godina.	1991., 1992.
Celega	1982-2011.	1982-2012.	1985., 1986., 1998.	1985., 1986., 1998., 1999.
Grdinići	1985-2016.	1968-2016.	Nema nepouzdanih godina.	1992.

*Prestala s radom

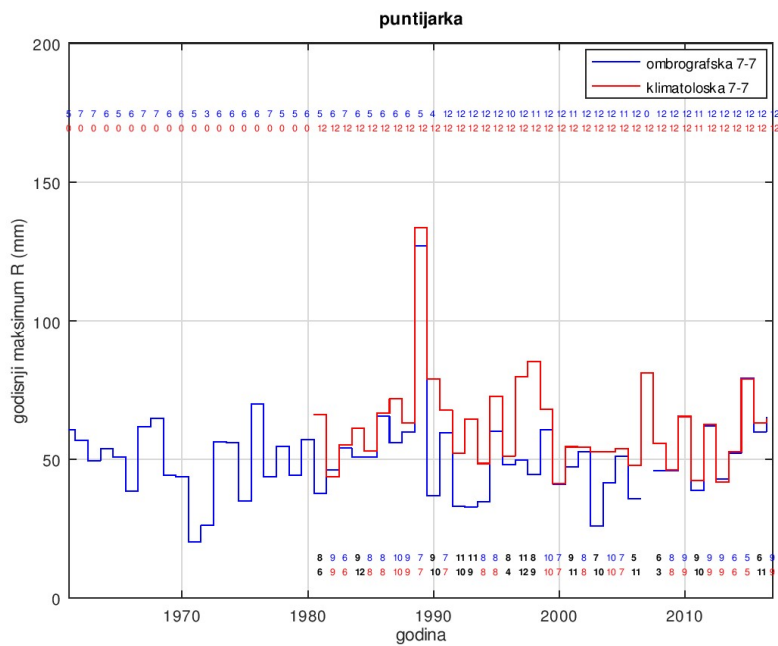
**Nepouzdanost utvrđena rezultatima ranije opisanog algoritma



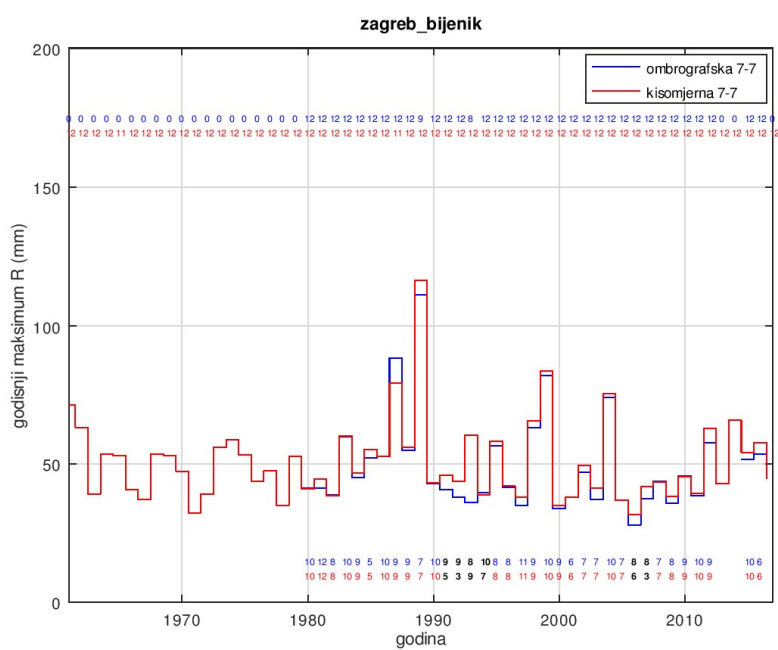
Slika 4.2.1. Usporedba vremenskih nizova maksimalne dnevne količine oborine prema kišomjeru (crvena krivulja) i ombrografu (plava krivulja) na postaji **Zagreb-Maksimir**, za raspoloživo zajedničko razdoblje mjerenja od **1961.** godine. Brojevi ispod krivulja označavaju mjesec u kojem je izmjeren pripadni maksimum (označen istom bojom kao i pripadni izvor). Crnom bojom su označeni oni slučajevi u kojima se maksimumi iz dva izvora ne podudaraju. Brojevi iznad krivulja označavaju za koliko je mjeseci unutar godine dostupna informacija o mjesečnom maksimumu dnevnih količina oborine.



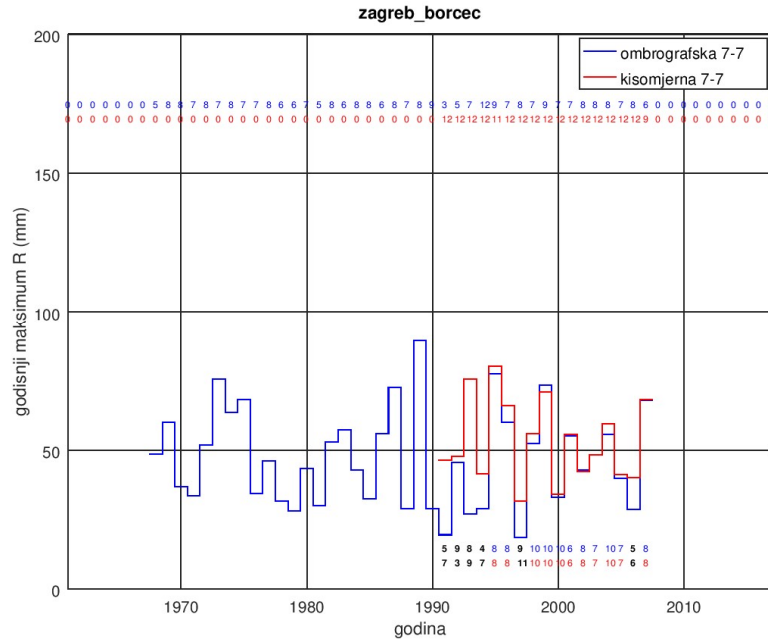
Slika 4.2.2. Kao Slika 2.1 za postaju **Zagreb-Grič.**



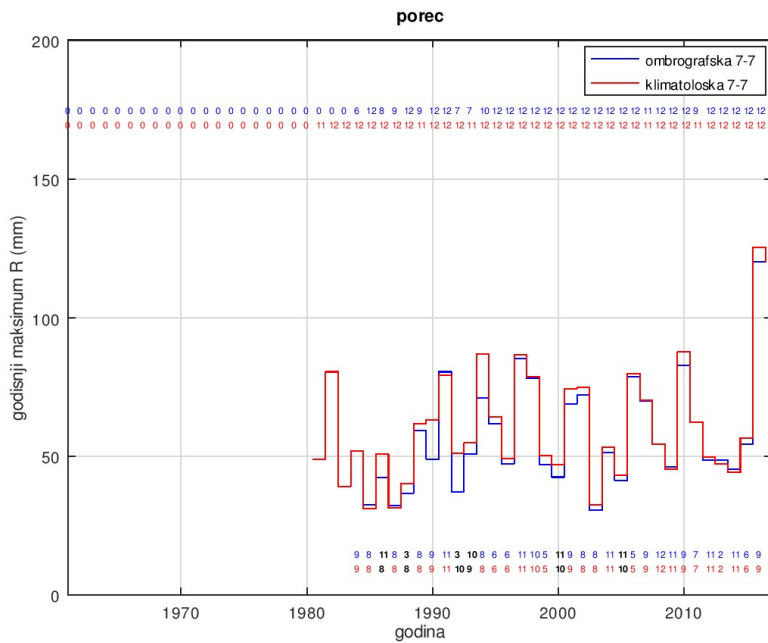
Slika 4.2.3. Kao Slika 2.1 za postaju **Puntijarka**.



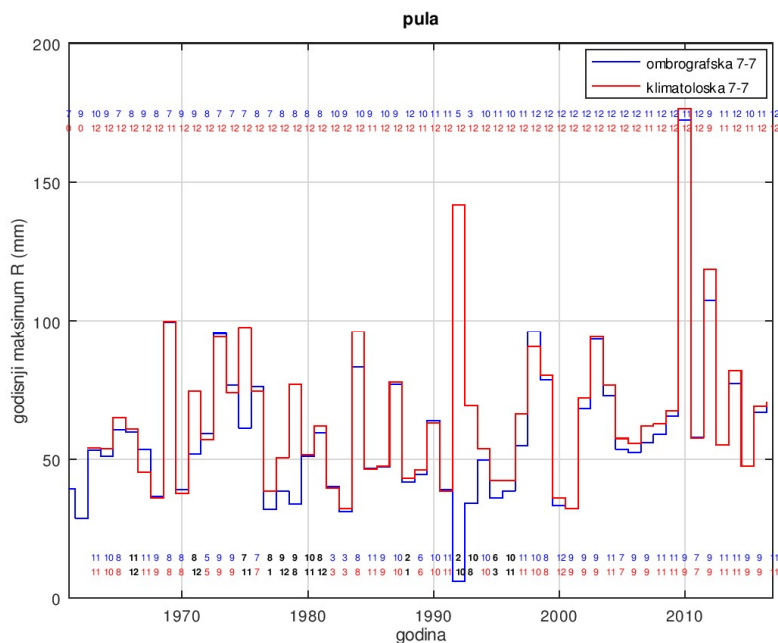
Slika 4.2.4. Kao Slika 2.1 za postaju **Zagreb-Bijenik**, za raspoloživo zajedničko razdoblje mjerenja od 1980. godine.



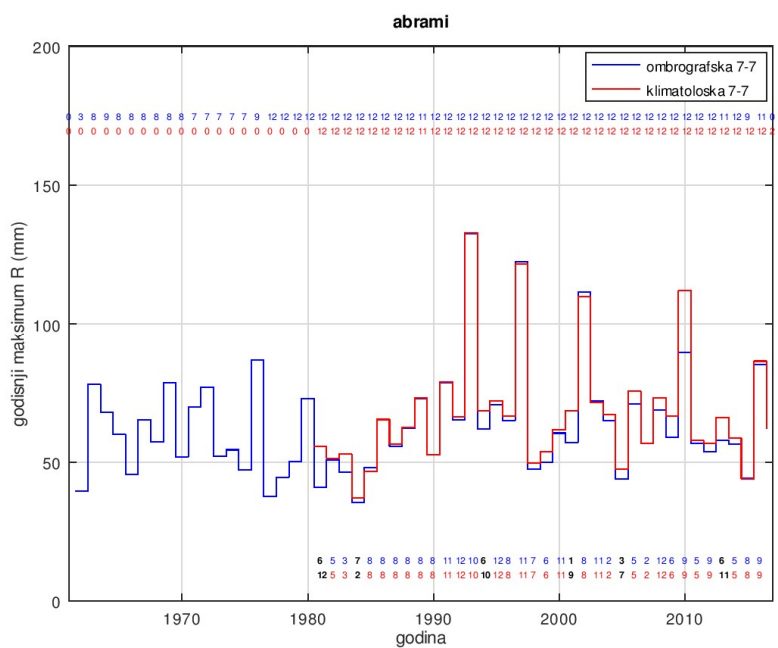
Slika 4.2.5. Kao Slika 2.1 za postaju **Zagreb-Borčec**, za raspoloživo zajedničko razdoblje mjerenja od **1991. godine**.



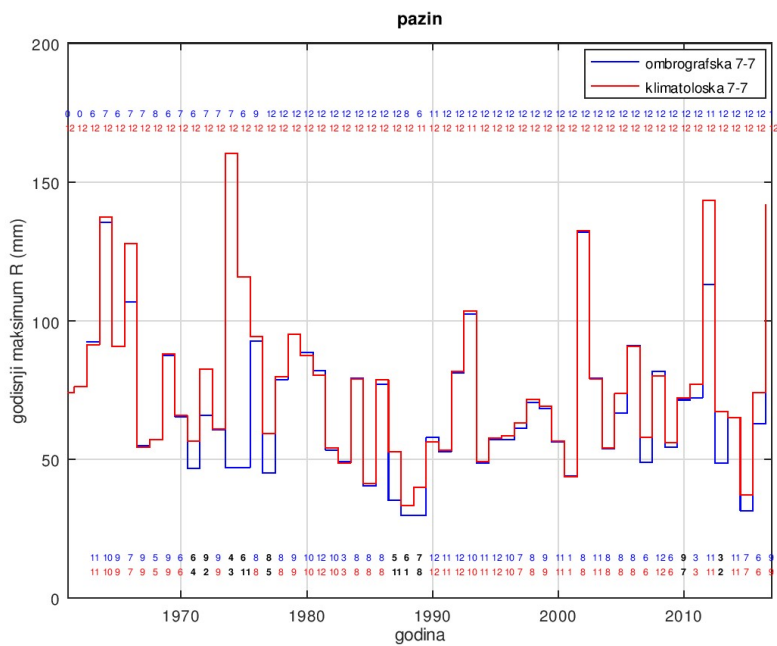
Slika 4.2.6. Kao Slika 2.1 za postaju **Poreč**, za raspoloživo zajedničko razdoblje mjerenja od **1984. godine**.



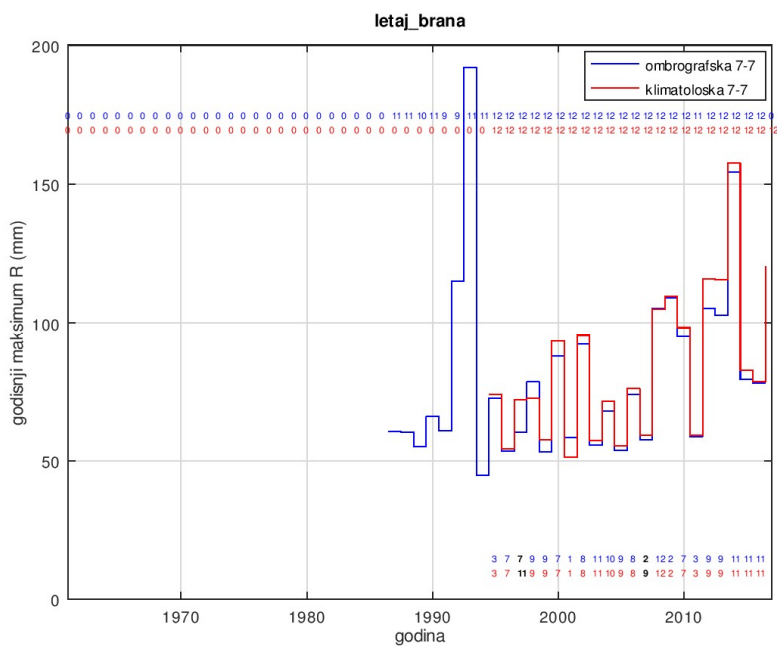
Slika 4.2.7. Kao Slika 2.1 za postaju **Pula**, za raspoloživo zajedničko razdoblje mjerenja od **1963.** godine.



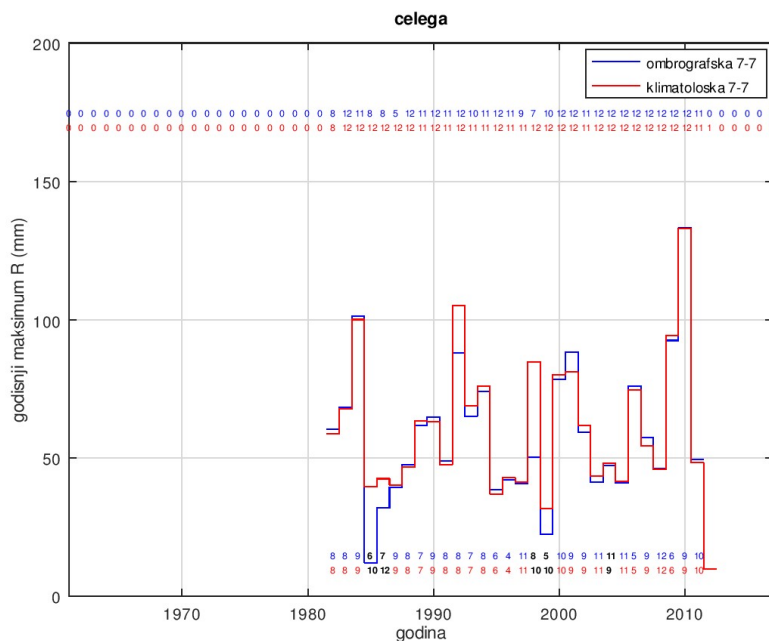
Slika 4.2.8. Kao Slika 2.1 za postaju **Abrami**, za raspoloživo zajedničko razdoblje mjerenja od **1981.** godine.



Slika 4.2.9. Kao Slika 2.1 za postaju **Pazin**, za raspoloživo zajedničko razdoblje mjerenja od 1963. godine.



Slika 4.2.10. Kao Slika 2.1 za postaju **Letaj brana**, za raspoloživo zajedničko razdoblje mjerenja od 1995. godine.



Slika 4.2.11. Kao Slika 2.1 za postaju **Celega**, za raspoloživo zajedničko razdoblje mjerenja od **1982.** godine.

Dodatno su uzeti u obzir i podaci o intenzitetima oborine različitog trajanja (od 10 min do 24 h). S obzirom na intenzitete, određene godine koje su zadovoljile prethodno navedene kriterije su ipak izuzete iz analize, ali su isto tako određene godine koje ne zadovoljavaju navedene kriterije ipak uključene u analizu. Pritom su korišteni sljedeći dodatni kriteriji:

- 1) One godine u kojima nije bilo ombrografskih mjerenja tijekom cijele godine, a mjesec pojavljivanja $R_{maks-24}$ se podudara s mjesecom pojavljivanja R_{maks-d} , su ipak izuzete ako niti jedan intenzitet ne premašuje vrijednosti prosječnih intenziteta zabilježenih na toj postaji.
- 2) One godine u kojima nije bilo ombrografskih mjerenja, a mjesec pojavljivanja $R_{maks-24}$ se ne podudara s mjesecom pojavljivanja R_{maks-d} , niti vrijedi $R_{maks-d} < R_{maks-24}$, ali intenziteti određenog trajanja nadilaze prosječne vrijednosti, se preporučuju za daljnju analizu.

Provedenom usporedbom detektirane su potencijalno nepouzdana godine ombrografskih mjerenja za daljnje procjene očekivanih ekstrema. U Tablici 4.2.1 (zadnja kolona) navedeni su rezultati, a na Slikama od 4.2.1 do 4.2.11 prikazani su nizovi R_{maks-d} i $R_{maks-24}$ za sve analizirane postaje, osim Botonega i Grdinići za koje su dostupna samo ombrografska mjerenja. Dodatno, za svaku postaju je ispitano (i) slaganje mjeseca dostizanja godišnjeg maksimuma (donji red; mjeseci tijekom godine od 1 do 12) te (ii) dostupnost mjerenja tijekom godine (gornji red; broj mjeseci tijekom godine od 1 do 12).

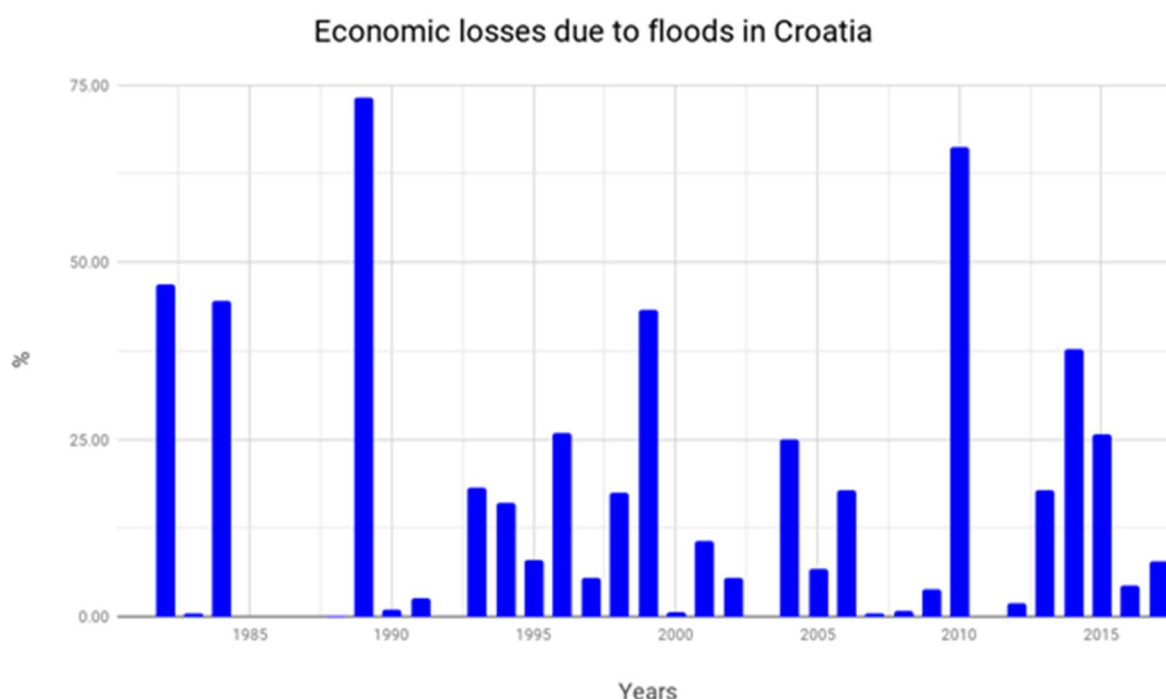
Na zagrebačkom području su potencijalno nepouzdana tri godine na postaji Puntijarka, jedna godina na postaji Zagreb-Bijenik i tri godine na postaji Zagreb-Borčec. Za postaje Zagreb-Grič i Zagreb-Maksimir primijenjenom metodologijom nisu detektirane nepouzdana godine.

Na istarskom području po jedna ili tri godine su procijenjene potencijalno nepouzdanim na postajama Poreč (1), Pazin (3) i Celega (3) dok je na postaji Pula detektirano čak sedam godina u kojima je maksimum prema kišomjeru izmjeren u onim mjesecima u kojima nedostaju mjerenja prema ombrografu. Za postaje Abrami, Botonega, Grdinići i Letaj brana primijenjenom metodologijom nisu detektirane nepouzdana godine.

4.3. Podaci o zabilježenim ekstremnim količinama oborine i njima izazvanim poplavnim štetama

Prema podacima o prijavljenim štetama od elementarnih nepogoda u Republici Hrvatskoj za razdoblje 1981. - 2017., poplave uzrokuju prosječno 14.5% ukupnih prijavljenih šteta (Slika 4.3.1). Na Slici 4.3.1 prikazan je udio šteta od poplava u Hrvatskoj, izražen u postocima od ukupnih šteta, po pojedinim godinama iz razdoblja 1981. - 2017. Vidljivo je da je, u navedenom razdoblju, najveći udio prijavljenih šteta od poplava bio 1989. godine (73%) i 2010. godine (66%).

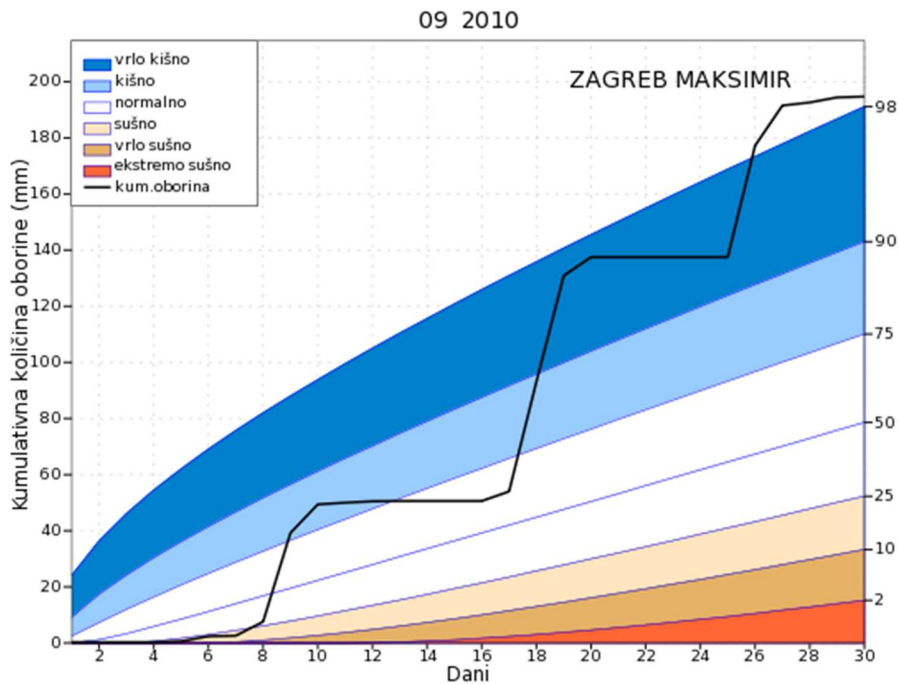
Velike štete zabilježene 1989. godine su najvećim dijelom uzrokovane poplavama na području Medvednice i grada Zagreba kada je u razdoblju od 3. do 4. srpnja 1989. zabilježena ekstremna količina oborine (Gajić-Čapka i sur., 2012) i prema podacima s postaje Zagreb-Grič iznosila je 95.8 mm. To je ujedno i najveća zabilježena maksimalna dnevna količina oborine na toj postaji u razdoblju od 1961. do 2017. godine.



Slika 4.3.1. Udio šteta od poplava u Hrvatskoj (izražen u postocima od ukupnih šteta) u razdoblju 1981. - 2012. (Perčec Tadić i sur., 2014) te 2013. – 2017. prema podacima <http://www.mfin.hr>

Velik udio šteta od poplava u 2010. godini posljedica je poplava zabilježenih na većem području Hrvatske, osobito na području Jadrana. U rujnu te godine, na postaji Zagreb-Maksimir zabilježena je ukupna količina oborine od 194.7 mm koja je uzrokovala ekstremno kišne prilike (Slika 4.3.2). Sava se na području Zagreba izlila iz korita i proširila do nasipa, prijetilo je izlivanje i u sam grad. Pojedine prometnice oko Zagreba bile su zatvorene za sav promet (DHMZ, 2010). Iz korita se izlila i rijeka Mirna u Istri. Na području Istre, poplavljeni su bili gradovi Umag, Novigrad, Buje i Pula te njihova okolica. Poplave su rezultirale velikim štetama u poljoprivredi, osobito u vinogradarstvu. Na meteorološkoj postaji Pula, u rujnu 2010. godine zabilježeno 230.5 mm kiše. To je druga najveća rujanska količina oborine na toj postaji nakon one zabilježene 2017. godine (241.6 mm). Na kišomjernoj postaji Umag rujanska količina oborine iznosila je 274.3 mm. Iste

godine, u studenom, na postaji Pula ukupna količina oborine iznosila je 286.9 mm i Pula je ponovno bila poplavljena.



Slika 4.3.2. Kumulativna količina oborine (mm) za rujan 2010. i krivulje teorijskih percentila (2., 10., 25., 50., 75., 90. i 98.) za razdoblje 1961. - 2000. (Izvor: www.meteo.hr)

U Tablici 4.3.1 kronološki su navedeni zapisi o pojavljivanju poplava, a uključuju područje Istre i Zagreba, prema novinskim izvješćima u razdoblju od 2000. do 2017. godine. Vidljivo je da su na dva pilot područja projekta Rainman poplave zabilježene gotovo svake godine. Posebno su u Istri učestale poplave u gradu Puli zbog problema koji se javljaju s gradskom oborinskom odvodnjom (Cindrić i sur., 2014, Uzelac, 2009).

Tablica 4.3.1. Kronologija pojavljivanja poplava na području Istre i Zagreba prema izvješćima iz novina za razdoblje od 2000. do 2017. (Izvor: DHMZ, pripremio D. Nikolić
http://meteo.hr/proizvodi.php?section=publikacije¶m=publikacije_publicacije_dhmz&el=bilteni;)

Lokacije u Hrvatskoj	Datum/razdoblje	Sažetak
Istra	21.11.2000.	Intenzivne oborine uzrokovale prelijevanje rijeke Raše iz korita i poplavljanje okolnih polja, također ulice poplavile u Opatiji
Sjeverozapadna Hrvatska Dalmacija Pula	16.9.-19.9.2001.	Intenzivne oborine poplavile gradove i sela, nekoliko manjih potoka poplavljeno, ceste i poljoprivredna područja pod vodom, provedene mjere zaštite od poplava Šibenik i Pula djelomično pod vodom uslijed intenzivnih oborina
Dalmacija Zagreb	13.11.2001.	Intenzivne oborine poplavile Kaštela, Vrliku, Šibenik itd. Poplavile rijeke u Dalmaciji (Betina) Intenzivne oborine poplavile ceste u okolici Zagreba
Sjeverna Hrvatska	27.4.2002.	Intenzivne oborine poplavile mnoga područja, visok vodostaj rijeke Save
Pula	6.6.2002.	Oborinske vode poplavile dijelove grada
Zagreb airport	4.7.2002.	Aerodrom Pleso poplavljen uslijed kratkotrajnih i intenzivnih oborina
Pula Zadar Virovitica	14.7.2002.	Olujni pljuskovi poplavili ulice u Puli Olujni pljuskovi poplavili ulice u Zadru, voda duboka pola metra Olujni pljuskovi poplavili ulice u Virovitici
Zagreb Požega	18.7.2002.	Olujne oborine poplavile dijelove grada
Zagreb Sisak	29.7.2002.	Olujne oborine poplavile dijelove grada
Rijeka, Split, Dubrovnik, Zagreb	6.8.2002.	Intenzivne oborine poplavile dijelove grada
Istra, Dalmacija	10.8.2002.	Intenzivne oborine poplavile Pazin, jezero formirano u blizini grada, pola metre vode na cestama, provedene mjere zaštite od poplava, ljudi se penjali na stabla Dijelovi Makarske poplavili uslijed intenzivnih oborina i bujica, slična situacija i na Pelješcu. U okolici Imotskog pojavio se veći broj izvora, poplavila rijeka Vrljika
Istra Dalmacija Zagreb	11.8.2002.	Intenzivne oborine poplavile gradove, rijeka Mirna se prelila iz korita, proglašena elementarna nepogoda Mnogi gradovi u Dalmaciji poplavili, Imotsko polje poplavilo s metar vode, proglašena elementarna nepogoda Zagreb djelomično poplavio uslijed obilnih oborina

Lokacije u Hrvatskoj	Datum/razdoblje	Sažetak
Split, Zadar, Gorski kotar, Lika, Istra	23.9.2002.	Intenzivne oborine poplavile dijelova Splita, Zadra i Pule Rijeka Dobra se izlila iz korita Područje Gospića poplavljeno oborinskom vodom
Sjeverni Jadran	16.11.2002.	Jako jugo uzrokovalo podizanje razine mora koje je poplavilo obalna područja
Istra	18.11.2002.	Rijeka Raša djelomično poplavila, provedene mjere zaštite od poplava
Istra Rijeka Zadar	29.6.2003.	Intenzivne oborine poplavile dijelove grada
Pula	28.9.2003.	Intenzivne oborine poplavile dijelove grada
Zagreb Novska Križevci Senj	26.8.2004.	Intenzivne oborine poplavile ceste u Zagrebu, Novskoj, Križevcima i Senju. U Senju zabilježene pojave klizišta u stijenskoj masi.
Gorski kotar Zagreb	11.10.2004.	Visoki vodostaj rijeke Kupe Save se prelila iz korita u blizini Zagreb i Zaprešića, provedene mjere zaštite od poplava
Rijeka Pula Rovinj	9.11.2004.	Intenzivne oborine poplavile dijelove grada Pojava plimnog vala u Puli, koji je poplavio obalna područja
Istra	10.11.2004.	Intenzivna oborina poplavila više gradova u Istri, u kratkom vremenu palo 50 do 100 litara po per m ² .
Lika Zagreb	13.2.2005.	Na području Like ceste poplavile uslijed naglog topljenja snijega. Jednaka situacija i u Zagrebu, područja u podnožju Sljemena
Rijeke Sava, Dunav	21.3.2005.	Visoki vodostaji rijeka, provedene mjere zaštite od poplava
Zagreb Lika Rijeka Dunav	27.3.2005.	Intenzivne oborine poplavile ulice Zagreba Naglo topljenje snijega uzrokovalo snažne bujice koje su poplavile ceste i kuće Visok vodostaj rijeke Dunav
Zagreb Hrvatsko zagorje	18.5.2005.	Intenzivne oborine na kratko vrijeme poplavile ulice Zagreba Intenzivne oborine u Zagorju uzrokovale snažne bujice koje su poplavile ceste i polja
Sjeverna Hrvatska i Slavonija	1.7.2005.	Olujni pljuskovi poplavili gradove i polja, ulice se pretvorile u potoke, proglašena elementarna nepogoda
Slavonija Istra	8.7.2005.	Intenzivne oborine uzrokovale snažne lokalne bujice koje su poplavile kuće i nekoliko gradova u Slavoniji, proglašena elementarna nepogoda

Lokacije u Hrvatskoj	Datum/razdoblje	Sažetak
Dalmacija		Pula poplavljena uslijed intenzivnih oborina Ulice Zadra pretvorene u potoke, intenzivne oborine poplavile ulice i kuće
Cijelo područje Hrvatske	Prva polovica srpnja	Učestale oborine s obilnim količinama poplavile različite dijelove Hrvatske
Zagreb	22.7.2005.	Intenzivna oborina poplavila ceste i podrume
Pula	12.8.2005.	Intenzivna oborina poplavila ceste i trgovu
Pula	18.9.2005.	Oborina poplavila podrume
Istra	9.5.2006.	Intenzivna oborina poplavila nekoliko gradova i cesta
Zagreb Osijek	29.7.2006.	Olujni pljuskovi poplavili dijelove grada
Zagreb Korčula	2006.	Olujni pljuskovi poplavili dijelove grada, ulice se u Korčuli pretvorile u potoke
Pula Dubrovnik	18.12.2006.	Intenzivna oborina poplavila dijelove grada, klizišta se pojavila u Dubrovniku, Konovalsko polje poplavilo
Zagreb Osijek	16.6.2007.	Olujni pljuskovi poplavili dijelove grada, ulice i ceste
Zagreb	9.8.2007.	Olujni pljuskovi poplavili nekoliko kuća i podruma
Zagreb Petrinja	13.8.2007.	Olujni pljuskovi poplavili podrume u Zagrebu i kuće u Petrinji
Sava blizu Zagreb	19.9.2007.	Rijeka Save se prelila iz korita, provedene mjere zaštite od poplava
Cijela Hrvatska	3.6.2008.	Olujni pljuskovi poplavili dijelove Zagreba te sela u Međimurju i Križevcima U zapadnoj Slavoniji zabilježena pojava malih izvora te poplavljene ceste i polja. Otočac, Crikvenica, Sinj, Knin, Komiža itd poplavljene.
Zagreb	4.6.2008.	Pljuskovi poplavili kuće i ulice
Zagreb i okolica Virovitica	8.8.2008.	Obilni pljuskovi poplavili kuće
Pula	13.11.2008.	Olujni pljuskovi poplavili dijelove grada
Sjeverni Jadran Dalmacija Istra Sava blizu Zagreb	10. do 12.12.2008.	Olujno jugo uzrokovalo izdizanje razine mora, koje je poplavilo obalna područja Intenzivne oborine u Dalmaciji poplavile Imotski kraj, zabilježen pojava krških izvora, snažne bujice poplavile Peljašac Rijeka Raša u Istri poplavila okolna područja, provedene mjere zaštite od poplava za nekoliko rijeka

Lokacije u Hrvatskoj	Datum/razdoblje	Sažetak
		Rijeka Sava se prelila iz korita u blizini Zagreba (ali između brana)
Istra Dalmacija Banija	16.12.2008.	Intenzivne oborine poplavile polja i sela
Istra Dalmacija Banija Karlovac Lika	18.12.2008.	Intenzivne oborine poplavile okolicu Pule U Dalmaciji, rijeke Krka, Matica i Betina poplavile okolna polja, zabilježena pojava većeg broja krških izvora Rijeka Una poplavila okolna područja, provedene mjere zaštite od poplava na više lokacija Rijeke u Karlovcu i Lici povremeno poplavile
Istra	3.2.2009.	Intenzivne oborine uzrokovale podizanje vodostaja nekoliko rijeka, koje se su prelile, stanovnice Raše evakuirani
Zagreb Slavonija i Baranja Rijeka Mura	26.6.2009.	Intenzivne oborine poplavile dijelove Zagreba, mnogo kuća i ulica poplavljeno U Slavoniji i Baranji intenzivne oborine poplavile sela, polja i ceste Vodostaj rijeke Mure visok, provedene mjere zaštite od poplava
Zagreb, Sisak, Virovitica Rijeka Drava	29.6.2009.	Intenzivne oborine poplavile dijelove grada Provedene mjere zaštite od poplava na rijeci Dravi
Cijela Hrvatska	7.7.2009.	Olujni pljuskovi poplavili više gradova i područja, Pula, Labin, Zagreb, Požega, Pag, Pelješac, na nekoliko područja proglašena elementarna nepogoda
Pula	11.8.2009.	Intenzivne oborine poplavile centar grada
Zagreb	29.8.2009.	Intenzivne oborine poplavile nekoliko podruma
Pula	16.9.2009.	Olujni pljuskovi poplavili dijelove grada
Pula	8. i 9.11.2009.	Olujni pljuskovi poplavili grad i okolicu
Istra Gorski kotar	22. i 23.12.2009	Topljenje snijega i intenzivne oborine podigle razine rijeka i poplavile okolna područja
Rijeka Istra Lika	23. do 27.12.2009.	Intenzivne oborine poplavile dijelove Rijeka i okolice Provedene mjere zaštite od poplava na rijeci Raši Topljenje snijega u Lici podiglo vodostaje rijeka koje se povremeno poplavile

Lokacije u Hrvatskoj	Datum/razdoblje	Sažetak
Rijeke Sava, Dobra, Kupa, Una		Podizanje vodostaja rijeka Save, Dobre, Kupe i Une, koje su i poplavile.
Cijela Hrvatska	2. do 15.1.2010.	Velike poplave po cijelom području zbog topljenja snijega i obilnih oborina. Najgore stanje u Lici i Kosinju, te Metkoviću zbog rijeke Neretve, gotovo sve rijeke poplavile, provedene mjere zaštite od poplava, proglašena elementarna nepogoda
Cijela Hrvatska	21. do 28.2.2010.	Naglo topljenje snijega uzrokovalo podizanje vodostaja mnogih rijeka, većina njih poplavila
Pula	28.2.2010.	Intenzivne oborine stvorile umjetno jezero blizu Pule
Pula	17.5.2010.	Intenzivne oborine poplavile ulice i trgove
Buzet u Istri	31.5.2010.	Olujni pljuskovi poplavili ceste
Zagreb Koprivnica	17.6.2010.	Olujni pljuskovi poplavili dijelove gradova, cesta i podruma
Zagreb, Sisak, Pula	5.8.2010.	Olujni pljuskovi poplavili ulice u Zagrebu, u Sisku nekoliko kuća poplavljeno, u Puli ceste pod vodom
Zagreb	13.8.2010.	Intenzivne oborine poplavile nekoliko kuća i ulica
Rijeka Sava (Zagreb, Turopolje) Sjeverna Hrvatska Istra	17. do 23.9.2010.	Intenzivne oborine u Sloveniji i Hrvatskoj uzrokovale visoki poplavni val na rijeci Savi, gdje su na više mjesta provedene mjere zaštite od poplava. Sava svejedno poplavila veliko područje u Turopolju, proglašena elementarna nepogoda, najviši ikad zabilježen vodostaj rijeke Save Mnogo drugih rijeka u sjevernoj Hrvatskoj poplavilo okolna područja Intenzivne oborine poplavile Umag i okolicu, ulice se pretvorile u potoke, skoro cijeli grad ispod 2 metra vode, proglašena elementarna nepogoda, snažne bujice uzrokovale velika oštećenja
Istra Dalmacija Sjeverna Hrvatska	25. i 26.9.2010.	Intenzivne oborine poplavile jug Istre i Pulu, palo oko 200 l/m ² oborine, proglašena elementarna nepogoda, provedene mjere zaštite od poplava na rijekama Raši i Mirni U Dalmaciji intenzivne oborine poplavile rijeke blizu Trogira, dijelovi Dubrovnika pod vodom, pojava klizišta Različiti problemi s intenzivnim oborinama u Samoboru, Sisku, Otočcu, itd.
Pula	2.11.2010.	Intenzivne oborine poplavile ulice i kuće
Istra Karlobag	29.11.2010.	Snažni lebić generirao valove visine nekoliko metara na zapadnoj obali Istre Snažna tramontana uzrokovala podizanje razine mora, koje je poplavio ceste blizu Karlobaga

Lokacije u Hrvatskoj	Datum/razdoblje	Sažetak
Istra	16. i 17. 3.2011.	Intenzivne oborine (oko 100 litara po m ²) poplavilo nekoliko polja, rijeka Pazinčica se izlila iz korita
Istra	20.7.2011.	Dijelovi nekoliko gradova poplavljani intenzivnim oborinama
Srednja Dalmacija Zagreb Slavonija	23.7.2011.	Intenzivne oborine uzrokovale bujice i poplavile Split, Šibenik te nekoliko sela u Dalmatinskoj Zagori U Zagrebu poplavljeno nekoliko podvožnjaka Poplavljene ceste i podrumi u Velikoj pored Požege
Istra	26.8.2012.	Intenzivne oborine poplavile dijelove gradova
Istra Rijeka Srednja Dalmacija Gorski kotar	12.-13.9.2012.	Intenzivne oborine poplavile dijelove Istre, Pulu i Rijeku Zadar, Šibenik i Split djelomično poplavljani Rijeka Dobra prelila iz korita i poplavila okolna područja
Rijeka, Pula	19.9.2012.	Intenzivne oborine poplavile veće dijelove gradova
Hrvatsko Zagorje Dalmacija Rijeka Istra	26.-29.10.2012.	Nekoliko manjih rijeka u Zagorju prelilo se iz korita i poplavilo okolna područja U Dalmaciji, intenzivne oborine u kombinaciji sa jakim jugom i visokom plimom poplavile obalna područja (poplave s mora) Intenzivne oborine u Rijeci poplavile kuće i podrumne U Istri, rijeka Mirna tekla uzvodno zbog jakog juga i visoke plime te poplavila okolna područja
Sjeverni Jadran Istra	1.11.2012.	Intenzivne oborine uzrokovale poplave, također poplave od više malih potoka
Sjeverna Hrvatska Rijeka	4.-9.11.2012.	Rijeke Sava, Drava i Mura poplavile veća područja zemlje Rijeke Sulta i Kupa poplavile Hrvatsko Zagorje i Gorski kotar Rijeka Rječina poplavila područja u blizini Rijeke
Dalmacija Istra	28.11.2012.	Intenzivne oborine poplavile gradove, kuće i ceste
Zagreb Gorski kotar	2.2.2013.	Topljenje snijega i kiše poplavile dijelove Zagreba Rijeka Kupa poplavila manje dijelove zemlje uslijed topljenja snijega i obilnih oborina
Buzet - Istra	3.2.2013.	Intenzivne oborine uzrokovale plavljenje male rijeke Bračana
Istra	11.2.2013.	Intenzivne oborine, jako jugo, visoke plime uzrokovale poplave rijeke Mirne, također more poplavilo zapadnu obalu Istre. Zabilježeno miješanje slane i slatke vode

Lokacije u Hrvatskoj	Datum/razdoblje	Sažetak
Zagrebačka županija	16.3.2013.	Visoki vodostaj rijeke Save poplavio Lonjsko polje
Zagrebačka županija Hrvatsko Zagorje Podravina i centralna Hrvatska Sjeverna Hrvatska Gorski kotar Kalovac Metković Zadar Vrgorac Dubrovnik	31.3.- 2.4.2013.	Rijeke Save i Odra poplavile veća područja zemlje Kanali i manji potoci poplavili ceste i kuće u Hrvatskom Zagorju Rijeka Drava poplavila dijelove Podravine, više potoka i kanal poplavilo veća područja Rijeke Bednja i Plitvica poplavile dijelove sjeverne Hrvatske Rijeka Kupa poplavila nekoliko cesta u Gorskom kotaru Rijeka Dobra poplavila Rijeka Neretva poplavila dijelove Metkovića, kuće i ceste Intenzivne oborine poplavile polja u blizini Zadra i Vrgorca te Konavle
Istra	24.-26.5.2013.	Olujni pljuskovi poplavili dijelove gradova u Istri, prvenstveno u Puli, formirale se bujice
Rijeka, Istra	11.7.2013.	Olujni pljuskovi poplavili dijelove Rijeke Bujice nastale u dijelovima Istre
Zadar Pula Rovinj	24.-25.8.2013.	Olujni pljuskovi poplavili ulice i kuće
Istra Dalmacija Podravina Međimurje	28.8.2013.	Olujni pljuskovi poplavili ulice U Dubrovniku se formirale bujice na cestama Nekoliko kuća poplavilo u Podravini i Međimurju
Rovinj - Istra	15.9.2013.	Intenzivne oborine poplavile gradove i kuće
Lonjsko polje	30.11.2013.	Rijeka Sava poplavila Lonjsko polje
Pula	4.2.2014.	Intenzivne oborine poplavile gradove, kuće, ceste i polja
Rijeka Istra Gorski kotar Lika Sjeverna Hrvatska Slavonija Dalmacija	10.-25.2.2014.	Naglo topljenje snijega i intenzivne oborine uzrokovale snažne poplave duž Hrvatske. Puno rijeka se izlilo iz korita
Istra	2.2014	Učestale oborine poplavile dijelove poluotoka, polja i gradova
Slavonija Zagrebačka županija Podravina Centralna Hrvatska	1.-4 .5.2014.	Ciklonalna aktivnost donijela intenzivne oborine u Hrvatskoj, puno gradova poplavljeno, polja su bila pod vodom. Puno rijeka i manjih potoka poplavilo okolna područja. Kiše formirale umjetna jezera.

Lokacije u Hrvatskoj	Datum/razdoblje	Sažetak
Zagreb Sisak	26.5.2014.	Olujni pljuskovi poplavili nekoliko cesta u gradovima
Zagreb Sisak area	13.6.2014.	Olujni pljuskovi poplavili ulice i ceste U Velikoj Ludini oborine poplavile polja i ceste
Vela Luka – otok Korčula Umag	25.6.2014.	Poplave od plimnog vala Pljuskovi poplavili neke kuće
Pula Istra	14..7.2014.	Olujni pljuskovi poplavili šire područje Pule, ulice, kuće, bolnice, bujice nastale na ulicama
Labin	29.7.2014.	Intenzivne oborine poplavile ulice i kuće, bujice nastale na ulicama
Dalmacija Istra Zagreb Međimurje	30.7.2014.	Intenzivne oborine poplavile ulice gradova, okolna područja, kuće, ceste
Pula	16.8.2014.	Intenzivne oborine poplavile dijelove grada
Dalmacija Istra Zagreb Hrvatsko Zagorje Podravina Međimurje	1.9.2014.	Intenzivne oborine poplavile gradove, bujice se formirale u Dalmaciji i Istri U Zagrebu, H. Zagorju i Podravini poplavile ulice i kuće u nekoliko gradova Rijeka Mura poplavila manja područja u Međimurju
Zapadna Hrvatska	8-30.9.2014.	Skoro sve rijeke poplavile veća područja gradova, cesta, itd..
Istra Dalmacija	20.9.2014.	Intenzivne oborine poplavile nekoliko naselja u Istri i Dalmaciji, pojava bujica
Karlovac Zagreb Podravina Sjeverni Jadran Istra Gorski kotar	15.10.2014.	Intenzivne oborine poplavile više područja, kuća, cesta, polja, bujice se pojavile
Međimurje Varaždin H. Zagorje Zagrebačka županija Podravina Slavonija Karlovac	22.-23.10.2014.	Intenzivne oborine zabilježene na svim navedenim područjima, poplave gradova, polja, cesta, kuća, neke rijeke izlile se iz korita i poplavile okolna područja

Lokacije u Hrvatskoj	Datum/razdoblje	Sažetak
Gorski kotar		
Istra	7.11.2014.	Rijeka Raša poplavlila okolna područja
Istra	9.11.2014.	Intenzivne oborine stvorile umjetno jezero blizu Lupoglava
Istra Split	12.-13.11.2014.	Intenzivne oborine poplavile Rovinj i Medulin, pojavile se bujice, polja i podrumi ispod vode Intenzivne oborine poplavile nekoliko cesta u Splitu
Pula	16.-17.11.2014.	Nakon intenzivnih oborina bujice tekle ulicama Pule
Sveti Ivan Zelina	14.5.2015.	Intenzivne oborine poplavile nekoliko kuća
Zagrebačka županija H. Zagorje Karlovac Podravina Slavonija Zadar	21.-24.5.2015.	Intenzivne oborine poplavile brojne gradove, sela, polja, ceste, kuće Nekoliko manjih rijeka poplavlilo
Zagreb Slavonija	23.7.2015.	Intenzivne oborine poplavile ceste i kuće u Zagrebu i Novoj Gradiški
Buzet	25.8.2015.	Intenzivne oborine poplavile ulice i kuće, nastale bujice
Karlovac Sisak Zagreb H.Zagorje Slavonija	11.-20.11.2015.	Nakon obilnih oborina rijeke Korana, Kupa, Mrežnica i Dobra poplavile grad i okolna sela, polja i ceste U Sisku poplavlilo manje područje U Zagrebu poplavlilo oko 100 kuća zbog visoke razine podzemne vode U H. Zagorju i Slavoniji manji potoci i kanali poplavalili nekoliko područja
Istra Sjeverni Jadran Dalmacija Baranja	12.6.2016.	Intenzivne oborine uzrokovale pojavu bujica u Pazinu i Labinu, koje su poplavile kuće i ceste Intenzivne oborine poplavile dijelove Novog Vinodolskog . Mali potok Suha Rečina poplavlila okolna područja Intenzivne oborine poplavile dijelove Makarske Snažne oborine poplavile nekoliko cesta u Baranji
Sisačko-Moslavačka županija Zagreb	19.-20.6.2016.	Intenzivne oborine poplavile manje potoke u Lekeniku Intenzivne oborine poplavile manje dijelove Zagreba
Istra - Novigrad	10.8.2016.	Intenzivne oborine poplavile dijelove Novigrada
Poreč	16.9.2016.	Intenzivne oborine („vodena bomba“) poplavlila ceste u kuće, nastale bujice
Istra Dalmacija	18.9.2016.	Intenzivne oborine poplavile dijelove Pule i Makarske
Istra Dalmacija	15.10.2016.	Intenzivne oborine uzrokovale pojavu bujica koje su poplavile dijelove Pule i Labina, kuće i ceste

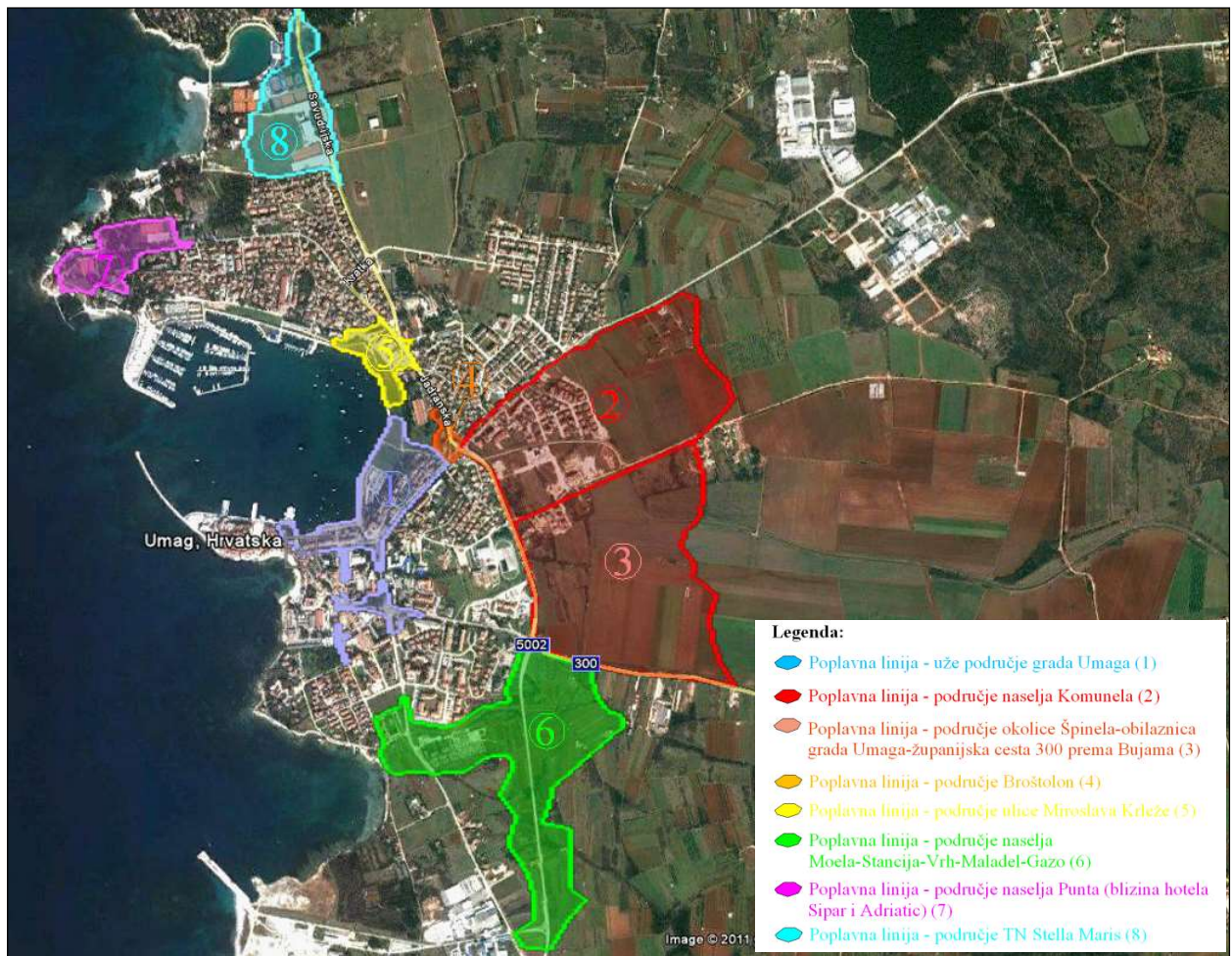
Lokacije u Hrvatskoj	Datum/razdoblje	Sažetak
		Intenzivne oborine poplavile dijelove Vodica i Šibenika, nastale bujice
Pazin	25.11.2016.	Intenzivne oborine poplavile rijeku Pazinčicu, bujice nastale na okolnim poljima
Zadar Sjeverna Hrvatska	25.6.2017.	Pljuskovi poplavili kuće Od H. Zagorja do Slavonije i Baranje olujni pljuskovi poplavili više gradova, ulica, kuća i cesta
Zagreb	28.8.2017.	Intenzivne oborine poplavile nekoliko ulica
Istra Okolica Rijeke Dalmacija	10.9.2017.	Intenzivne oborine u Istri uzrokovale pojavu bujica koje su poplavile više gradova, a polja, kuće, ceste i ulice ispod vode Usljed intenzivnih oborina rijeka Rječina poplavila Klanu, nastale i bujice Intenzivne oborine poplavile dijelove Zadra, Brela, Baške Vode
Sjeverni Jadran Zagreb Gorski kotar – Ogulin Dalmacija	16.-17.9.2017.	Intenzivne oborine poplavile Crikvenicu, Novi Vinodolski. Na otocima Krku i Rabu neke ceste ispod vode Snažna oborina nakratko poplavila neke ceste u Zagrebu Rijeka Dobra poplavila Ogulin Intenzivne oborine poplavile neke dijelove Splita i Sinja
Istra – Pula i Novigrad	24 .9.2017.	Intenzivne oborine poplavile nekoliko ulica u Puli, i nekoliko kuća u Novigradu
Istra	11.-12.12.2017.	Intenzivne oborine poplavile ceste, kuće i polja

Kao ilustracija mogućih štetnih posljedica od pojave intenzivnih oborina i njima izazvanih poplava na urbanim područjima može poslužiti u prethodnoj tablici spomenuta poplava od dne 19.9. 2010.g. u Umagu, a koja je detaljnije analizirana u dokumentu Građevinskog fakulteta u Rijeci (2011), iz kojega su preuzete informacije dane u nastavku.

Iznimno velike količine oborina koje su dana 18./19. rujna 2010. pale na grad Umag, s dnevnom količinom od oko 140 mm u samoj gradskoj jezgri, a u uzvodnijim dijelovima sliva Umaškog potoka i značajnije višom, prouzročile su na širem području grada nesvakidašnje velike poplave i velike materijalne štete. Olujno nevrijeme praćeno velikim oborinama u kratkom je vremenskom periodu formiralo mnogobrojne bujice koje su se prihranjivale sa područja sjeverozapadnog dijela Bujštine i stvarale veliki potop na području gradske jezgre (Slika 4.3.3 – 4.3.6).



Slika 4.3.3. Početak ulice Ernesta Miloša, 19.09.2010.



Slika 4.3.4. Prikaz poplavnih linija na dan 19.09.2010. godine za područje grada Umaga



Slika 4.3.5. Početak Trgovačke ulice, blizina IKB Umag, 19.09.2010.



Slika 4.3.6. Prelijevanje oborinske vode u Umašku luku, 19.09.2010.

Provedenom analizom najkritičnijih poplavnih područja na širem području grada Umaga može se konstatirati da je ukupna površina poplavljenog dijela približno 161,42 ha, dok se ukupna količina zadržane oborinske vode na poplavljenim područjima procjenjuje sa približno 246.280 m³ (Tablica 4.3.2). Treba napomenuti da su u proračun uzeta samo najkritičnija područja grada Umaga te da je zasigurno bilo još manjih poplavnih dijelova unutar užeg ili šireg područja grada koja se zbog nedostatka podataka (slika i video zapisa) nisu mogla obuhvatiti proračunom.

Tablica 4.3.2. Procijenjene površine poplavnih područja i količine akumulirane oborinske vode na širem području grada Umaga

Poplavno područje	Procijenjena površina poplavnog područja [m²]	Procijenjena količina akumulirane oborinske vode [m³]
(1) Uže područje grada Umaga	146.210	25.670
(2) Područje naselja Komunela	410.310	99.890
(3) Područje okolice Špinela - obilaznica grada Umaga- županijska cesta 300 prema Bujama	440.575	52.540
(4) Područje Broštolon	12.120	2.150
(5) Područje ulice Miroslava Krleže	45.015	3.610
(6) Područje naselja Moela – Stancija – Vrh – Maladel – Gazo	355.810	36.560
(7) Područje naselja Punta (blizina hotela Sipar i Adriatic)	72.600	11.760
(8) Područje TN Stella Maris	131.510	14.100
Ukupno:	1.614.150	246.280

Prema dokumentima Stožera za zaštitu i spašavanje Grada Umaga ukupno je prijavljeno materijalne štete kod 345 fizičkih i pravnih osoba. Od toga, pomoć je ostvarilo 279 fizičkih i 45 pravnih osoba, dok 21 osoba nije ostvarila pomoć zbog neadekvatnog ispunjenja zahtjeva za odštetu vlastite imovine. Na sanaciji i otklanjanju posljedica prouzročenih velikom poplavom sudjelovale su Javne vatrogasne postrojbe iz Umaga, Rovinja, Pule i Pazina te DVD-a iz Umaga. Pored njih, terensku angažiranost su provodili komunalno poduzeće 6. maj d.o.o. Umag, snage Hrvatskih voda, odnosno Vodoprivrede d.o.o. Buzet, Istarske ceste d.o.o. Pula, policijske postrojbe grada Umaga, Hrvatska elektroprivreda te mnogobrojni građani koji su vlastitim snagama poduzimali radnje sa ciljem dovođenja stanja u normalan život.

Olujno nevrijeme na širem području grada Umaga uzrokovalo je veliki broj intervencija ispumpavanja oborinske vode, izvlačenja "zarobljenih" automobila u bujicama vode, osiguranje prohodnosti prometnica od slomljenih grana stabala, odstranjivanje porušenih stabala i pomoći u osiguranju stanovništva namirnicama i ostalim potrebštinama, kao i rad sa isušivačima vlage po objektima zahvaćenih poplavom. Ukupno je provedeno 168 intervencija, ponajviše na području naselja Komunela-Istok i naselju Moela. Od ukupnog broja intervencija, 142 se odnose na ispumpavanja, 1 intervencija pri oslobađanju prometnice te 25 intervencija izvlačenja automobila iz bujica. U navedenim intervencijama je sudjelovalo 60 pripadnika vatrogasne djelatnosti sa ukupno 10 vozila i pratećom opremom (dva vozila za ispumpavanje, dvije prevozne motorne pumpe, sedam prijenosnih motornih pumpi, tri potopne električne pumpe, dvije plutajuće pumpe, dva agregata te jedno plovilo). Izvršeno je ukupno 4.400 radnih sati i utrošeno je oko 1480 litara goriva. Ukupni troškovi intervencija procijenjeni su na vrijednost od 749.520,00 kuna (rad ljudstva: 388.800,00 kn, rad opreme i strojeva: 347.400,00 kn, utrošeno za gorivo: 13.320,00 kn).

Terenskim uvidom ugroženih područja Povjerenstvo za procjenu šteta od elementarnih nepogoda Grada Umaga okvirno je utvrdilo da proizašle štete na imovini građana, imovini gospodarskih subjekata, imovini Grada Umaga, poljoprivrednim površinama i državnim i županijskim cestama te pomorskom dobru iznose otprilike 50.000.000,00 kuna. Na imovini građana Povjerenstvo je utvrdilo da su štete na stambenim objektima, obiteljskim kućama, zgradama, poslovnim objektima, osobnoj imovini građana (namještaj, kućanski aparati, razni alati i strojevi, odjeća i obuća) reda veličine 40.000.000,00 kuna. Na imovini gospodarskih subjekata (oprema, namještaj, sirovine, reprodukcijски materijal i sl.) procijenjena je šteta u iznosu od 3.000.000,00 kuna. Imovina Grada Umaga obuhvaća štete nastale na lokalnim cestama, poslovnim i stambenim prostorima i javnim površinama u vlasništvu Grada Umaga, a procijenjene su na iznos od 4.500.000,00 kuna. Iznimno velike količine oborina prouzročile su velike materijalne štete na poljoprivrednim površinama (vinogradima, maslinicima, voćnjacima, ratarskim, krmnim i povrtnim kulturama) koje se procjenjuju na približno 500.000,00 kuna. Štete na državnim i županijskim cestama te pomorskom dobru utvrđene su u iznosu od 2.000.000,00 kuna.

Interesantno je razmotriti utjecaj razine mora na kapacitet najnižvodnije, zatvorene dionice toka Umaškog potoka (Slika 4.3.6.), a kakva je analiza provedena u radu Rubinića i sur. (2012). Naime, jedna od glavnih posljedica klimatskih promjena je i očekivano podizanje razine. To podizanje razine mora utječe i na kapacitete odvodnih sustava oborinske odvodnje, odnosno smanjivanje njihove učinkovitosti u nekim budućim klimatskim uvjetima. U Tablici 4.3.3. dan je prikaz međuodnosa između razine mora i kapaciteta istjecanja spomenutog kanala, te ocjena povratnog perioda za njegov maksimalni kapacitet. Iz danih je međuodnosa vidljivo da podizanje razina mora može bitno smanjiti učinkovitost izgrađenih odvodnih sustava, odnosno uvjetovati i da se puno učestalije javljaju situacije kada će biti u potpunosti iskorištena maksimalna protočnost najnižvodnije dionice toka, a time onda i povećani rizici poplavlivanja pri pojavama obilnih oborina. Stoga je nužno prilikom planiranja izgradnje odvodnih sustava procijeniti i moguće utjecaje klimatskih promjena, te ih respektirati kako se u vrijeme životnog vijeka planiranih sustava ne smanji njihova učinkovitost.



Slika 4.3.6. Pogled na zatvorenu dionicu najnižvodnijeg dijela toka Umaškog potoka – lijevo: pogled morki zaljev te na parter unutar koga je locirano korito, desno; ulazni dio u zatvorenu dionicu toka.

Tablica 4.3.3. Međudnos proračunatih razina mora i korespondentnih protočnih kapaciteta s karakterom njihove povratnog perioda njihove pojave (Rubinić i sur., 2012)

Razina mora [m n.m.]	Kapacitet korita [m ³ /s]	Povratni period [god.]
1.00	26.71	41
1.10	25.34	35
1.20	23.89	30
1.30	22.34	25
1.40	20.69	20
1.50	18.88	16
1.60	16.89	12
1.70	14.63	9

Primjera sličnih događanja bilo je na analiziranim pilot područjima još dosta, ali s nažalost puno manjom razinom njihove dokumentiranosti – kako u pogledu analize uzroka poplavlivanja, tako i u pogledu dokumentiranja poplavljenih područja te štetnih posljedica. No, to su vrlo važni dokumenti jer se na temelju njih mogu definirati primjerenija tehnička rješenja odvodnje suvišnih oborinskih voda, kao i inicirati promjene unutar prostorno-planske dokumentacije.

5. ANALIZA KRATKOTRAJNIH JAKIH KOLIČINA OBORINE NA ODABRANIM PODRUČJIMA

5.1. Analiza nizova maksimalnih kratkotrajnih (do 24h) i višednevnih količina oborine, analiza trendova pripadnih nizova i vjerojatnosti njihove pojave za odabrane ombrografske postaje

5.1.1. Analiza nizova godišnjih maksimalnih kratkotrajnih (do 24h) količina oborine

Analiza ekstremnih količina oborine važna je za potrebe projektiranja i rada objekata koji ovise o oborinskom režimu te moraju biti u stanju podnijeti ekstremne količine oborine. Pri tome je nužno poznavati velike količine oborine koje padnu u kratkim vremenskim intervalima. Za analizu kratkotrajnih količina oborine koriste se zapisi ombrografa s kojih se može očitati količina oborine u kratkim vremenskim razdobljima, a najčešći način formiranja nizova podataka na osnovu kojih se provode procjene vjerojatnosti pojave njihovih ekstremnih vrijednosti je formiranje nizova godišnjih ekstrema kada se za svaku godinu izdvaja najveća zabilježena vrijednost oborine određenoga trajanja. Puno rjeđe se koriste i neki drugačiji načini formiranja nizova oborina kao što su nizovi prekoračenja, ili pak uzimanja u analizu većeg broja zabilježenih jakih kiša određenog trajanja tijekom godine (npr. 3 ili pak 10 kao što je to provedeno u okviru točke 5.1.2.)

U ovoj poglavlju analizirane su maksimalne godišnje količine oborine na području Istre i Zagreba za sljedeća trajanja: 10, 20, 30, 40, 50 i 60 minuta, 2, 4, 6, 12, 18 i 24 sata te 1 do 5 dana. Analize nizova do 24h provedene su prema podacima s ombrografskih postaja, dok su analize dnevnih i višednevnih količina provedene prema podacima s kišomjernih postaja. U tablici 4.1. *Uvodnog izvješća* navedene su meteorološke postaje i pripadno razdoblje raspoloživosti oborinskih podataka. Prema dodatnoj analizi usporedbe podataka prema ombrografu i kišomjeru provedenoj u poglavlju 4.1., pojedine nepouzdanе godine su isključene iz analize.

Procijenjene su očekivane maksimalne količine oborine pojedinog trajanja za različite povratne periode (2, 5, 10, 20, 50 i 100 godina) primjenom opće razdiobe ekstrema (*eng. Generalized Extreme Value distribution, GEV*) (Coles, 2001). Također su izračunate i pripadne standardne devijacije dobivenih procjena. Ovisno o stupnju preciznosti s kojim se žele procijenjeni ekstremi uvrstiti u projektne proračune mogu se koristiti intervali $x_T \pm \sigma$ na približno 68% razini povjerenja, $x_T \pm 1.28 \sigma$ na približno 80% razini povjerenja i $x_T \pm 1.65 \sigma$ na približno 90% razini povjerenja.

U tablici 5.1.1 navedene su srednje vrijednosti maksimalnih količina oborine za trajanja od **10 minuta do 24 sata**, pripadne standardne devijacije i koeficijenti varijacije na analiziranim postajama. Iz vrijednosti standardnih devijacija i koeficijenata varijacije vidi se promjenljivost godišnjih maksimuma od godine do godine.

Utvrđeno je da na **zagrebačkom** području srednje vrijednosti opaženih maksimuma imaju slične vrijednosti na svim postajama. Međutim, za trajanja do 2 sata, najmanje vrijednosti izmjerene su na gorskoj postaji Puntijarka, a najveće na postaji Zagreb-Borčec. Za dulja pak trajanja, na postaji Puntijarka se u prosjeku mogu očekivati najveće vrijednosti, a najmanje na gradskim postajama (Maksimir i Grič). Promjenljivost kratkotrajne količine oborine na svim postajama kreće se u rasponu od 26% do 41%. Uglavnom se koeficijent varijacije smanjuje s povećanjem trajanja, a samo se na postaji Zagreb-Bijenik promjenljivost najprije smanjuje idući od 10- do 30- minutnih trajanja, a potom se pretežno povećava. Izmjerene maksimalne količine oborine su za sva trajanja oko dva do tri puta veće od pripadne srednje vrijednosti. Pripadni povratni periodi određeni prema GEV razdiobi, na većini postaja ukazuju da se izmjereni maksimumi u analiziranom razdoblju imali karakter vrlo rijetkih događaja (povratni period veći od 50 godina). Na području **Istre** su

najmanje vrijednosti u prosjeku izmjerene na postaji Grdinići, a najveće na postaji Letaj Brana, dok se srednje vrijednosti na ostalim postajama ne razlikuju mnogo. Promjenjivost 10- do 60-minutne količine oborine kreće od 26% do 47% dok je za dulja trajanja raspon koeficijenta varijacije nešto veći i kreće se od 23% do 53%. Izmjerene maksimalne količine oborine su za sva trajanja oko dva do tri puta veće od pripadne srednje vrijednosti. Izmjereni maksimumi svih trajanja predstavljaju rijetke događaje i mogu se očekivati prosječno jednom u više od 50 godina. Samo se na postaji Grdinići izmjereni maksimumi za sva trajanja mogu očekivati s nešto većom vjerojatnošću (prosječno jednom u 20 do 50 godina).

Tablica 5.1.1. Osnovna statistika nizova godišnjih maksimuma kratkotrajnih količina oborine (R_{sred} -srednjak, σ --standardna devijacija, c_v -koeficijent varijacije), R_{maks} - najveća registrirana količina oborine i pripadni povratni period T izračunato pomoću opće razdiobe ekstremnih vrijednosti.

Trajanje (min)	R_{sred} (mm)	σ (mm)	c_v	R_{maks} (mm)	T (god)
ZAGREB-MAKSIMIR					
10 min	10.6	4.2	0.40	24.2	97
20 min	16.3	6.4	0.39	39.9	192
30 min	19.7	7.7	0.39	45	112
40 min	21.7	8.1	0.37	48.3	108
50 min	22.9	8.3	0.36	48.9	98
60 min	23.9	8.6	0.36	50	90
2h	28.0	9.0	0.32	53.8	99
4h	32.7	9.5	0.29	64.9	244
6h	36.4	10.3	0.28	72.9	216
12h	43.6	13.0	0.30	84.2	75
18h	47.1	14.0	0.30	84.8	54
24h	50.2	14.4	0.29	89	68
ZAGREB-GRİČ					
10 min	10.1	4.0	0.39	25.4	186
20 min	15.7	6.4	0.41	43.4	185
30 min	19.1	7.7	0.40	46.9	116
40 min	21.3	8.5	0.40	48.4	82
50 min	22.8	9.1	0.40	50.2	72
60 min	23.7	9.6	0.40	52	66
2h	27.7	11.0	0.40	69.3	200
4h	32.9	11.9	0.36	78.4	251
6h	36.4	12.2	0.34	81.3	261
12h	43.6	14.8	0.34	106.4	535
18h	47.5	16.1	0.34	109.8	270
24h	50.7	16.3	0.32	120.3	514

Trajanje (min)	R _{sred} (mm)	σ (mm)	C _v	R _{maks} (mm)	T (god)
PUNTIJARKA					
10 min	9.9	3.6	0.36	19	51
20 min	15.2	5.6	0.37	29.5	43
30 min	18.3	6.8	0.37	40.1	78
40 min	20.2	7.2	0.36	47.8	134
50 min	21.7	7.5	0.34	49.9	120
60 min	22.8	7.5	0.33	50.8	99
2h	28.1	7.4	0.26	56.1	367
4h	36.5	11.2	0.31	88.4	826
6h	41.8	13.3	0.32	106.9	1426
12h	51.8	16.2	0.31	127.1	1438
18h	57.6	16.3	0.28	127.1	1258
24h	61.8	16.8	0.27	127.1	1008
ZAGREB-BIJENIK					
10 min	10.2	3.5	0.35	17	32
20 min	15.5	4.5	0.29	24.1	93
30 min	19.1	5.4	0.28	29.8	44
40 min	21.3	6.2	0.29	33.1	26
50 min	23.0	6.7	0.29	36.4	25
60 min	24.2	7.0	0.29	39.1	27
2h	28.9	8.6	0.30	58.8	177
4h	34.6	10.4	0.30	79.7	385
6h	38.9	12.0	0.31	86.1	116
12h	47.8	16.8	0.35	111.2	42
18h	51.9	17.5	0.34	111.3	33
24h	54.9	17.2	0.31	111.3	40
ZAGREB-BORČEC					
10 min	10.9	4.1	0.38	19.7	65
20 min	16.7	6.5	0.39	31.6	62
30 min	20.2	8.2	0.41	39.7	49
40 min	22.1	9.4	0.42	43.6	37
50 min	23.5	9.9	0.42	48.8	49
60 min	24.8	10.5	0.42	52.2	48
2h	29.3	11.5	0.39	57.9	43
4h	35.0	12.5	0.36	65.5	60
6h	39.1	13.4	0.34	73.1	81
12h	48.0	17.1	0.36	89.5	51
18h	51.1	17.4	0.34	89.5	37
24h	53.6	16.9	0.32	89.5	36

Trajanje (min)	Rsred (mm)	σ (mm)	cv	Rmaks (mm)	T (god)
POREČ					
10 min	13.6	4.7	0.35	24.2	24
20 min	21.4	7.1	0.33	38.8	28
30 min	26.2	8.6	0.33	50.4	38
40 min	29.4	9.0	0.31	56.2	32
50 min	31.9	9.9	0.31	63.3	51
60 min	33.9	10.9	0.32	70	69
2h	40.3	14.3	0.36	88.7	120
4h	48.1	16.3	0.34	106.4	110
6h	51.6	17.1	0.33	112.1	103
12h	59.0	17.9	0.30	112.4	66
18h	63.3	20.2	0.32	120.2	62
24h	67.8	21.2	0.31	120.2	30
PULA					
10 min	13.4	4.7	0.35	23.5	61
20 min	20.3	6.8	0.34	35.6	67
30 min	25.2	9.1	0.36	46.7	58
40 min	28.8	10.7	0.37	52.5	47
50 min	31.4	11.9	0.38	58.9	52
60 min	33.2	12.8	0.38	66.1	71
2h	40.6	17.7	0.44	93.9	119
4h	49.1	22.5	0.46	144	136
6h	54.1	25.0	0.46	168.5	166
12h	60.5	25.2	0.42	172.2	142
18h	64.4	25.2	0.39	174.2	170
24h	66.7	25.0	0.38	174.2	133
ABRAMI					
10 min	14.8	5.9	0.40	42.1	305
20 min	22.0	7.9	0.36	51.8	190
30 min	26.7	9.0	0.34	56.2	80
40 min	30.1	9.8	0.32	57.7	59
50 min	32.5	10.5	0.32	59.8	54
60 min	34.3	11.3	0.33	62.8	49
2h	41.8	12.4	0.30	72.6	57
4h	48.9	13.6	0.28	87.8	101
6h	52.4	13.7	0.26	92.2	115
12h	60.6	15.9	0.26	110.4	97
18h	65.7	19.6	0.30	123.4	56
24h	70.3	21.3	0.30	140.2	54

Trajanje (min)	Rsred (mm)	σ (mm)	cv	Rmaks (mm)	T (god)
PAZIN					
10 min	14.1	4.7	0.33	29	159
20 min	22.2	8.2	0.37	58	409
30 min	27.5	9.9	0.36	71.5	434
40 min	30.9	11.0	0.36	78.7	387
50 min	33.1	11.6	0.35	82.4	419
60 min	34.8	12.1	0.35	85.5	444
2h	42.5	14.6	0.34	94.5	209
4h	50.8	16.0	0.31	96.6	68
6h	55.6	17.8	0.32	99.8	31
12h	65.3	20.7	0.32	130.7	45
18h	72.6	22.2	0.31	134.7	49
24h	78.4	23.7	0.30	145	55
LETAJ BRANA					
10 min	14.6	4.7	0.32	24.7	53
20 min	22.5	7.1	0.31	41.4	88
30 min	28.4	9.5	0.34	58.7	123
40 min	32.5	10.9	0.34	67	111
50 min	35.6	12.1	0.34	74.3	96
60 min	38.1	13.2	0.35	79.2	69
2h	47.7	17.4	0.36	90.8	28
4h	58.3	22.9	0.39	133.9	53
6h	63.1	25.1	0.40	148.8	59
12h	73.4	28.5	0.39	161.5	42
18h	80.0	31.4	0.39	182.3	36
24h	85.5	34.5	0.40	198.6	37
BOTONEGA					
10 min	12.9	3.7	0.29	20.7	27
20 min	20.0	5.3	0.26	35.9	92
30 min	25.1	7.2	0.29	48.9	92
40 min	28.9	7.8	0.27	54.6	86
50 min	31.6	8.3	0.26	60.3	102
60 min	33.6	9.1	0.27	65.5	126
2h	38.7	12.7	0.33	86	148
4h	46.9	12.6	0.27	86.7	105
6h	52.5	12.2	0.23	87	67
12h	60.4	17.1	0.28	105.4	32
18h	64.4	18.8	0.29	110.7	31
24h	70.2	21.4	0.30	128	40

Trajanje (min)	Rsred (mm)	σ (mm)	cv	Rmaks (mm)	T (god)
CELEGA					
10 min	13.4	6.4	0.48	30.3	50
20 min	21.3	10.4	0.49	50.4	58
30 min	25.8	12.6	0.49	58.9	48
40 min	28.8	13.7	0.48	65	53
50 min	31.3	14.4	0.46	67.3	46
60 min	33.5	15.2	0.45	74	59
2h	41.9	17.5	0.42	91.2	112
4h	48.0	19.4	0.40	92.3	61
6h	50.5	18.8	0.37	92.4	56
12h	58.3	24.4	0.42	128.4	97
18h	61.9	25.7	0.41	135.9	106
24h	65.4	26.0	0.40	137.7	135
GRDINIĆI					
10 min	11.4	3.7	0.33	19.7	39
20 min	18.1	6.2	0.34	35.3	43
30 min	22.6	7.8	0.35	43.1	37
40 min	25.8	9.0	0.35	45.7	22
50 min	28.4	10.0	0.35	50.7	21
60 min	30.4	10.8	0.36	54	22
2h	37.5	17.3	0.46	91.6	33
4h	47.1	25.1	0.53	128.3	50
6h	51.8	25.1	0.48	133.9	46
12h	60.3	27.5	0.46	151.5	37
18h	66.8	30.4	0.45	163	43
24h	71.3	30.7	0.43	163.7	46

U tablici 5.1.2 navedene su procijenjene očekivane godišnje maksimalne količine oborine i pripadne standardne devijacije za sva trajanja od 10 minuta do 24 sata i povratne periode od 5, 10, 20, 50 i 100 godina za sve analizirane postaje u Istri i Zagrebu.

Tablica 5.1.2. Procjene maksimalnih kratkotrajnih količina oborine (R_{maks} , u mm) na području Istre i Zagreba i pripadne standardne devijacije (σ) iza različite povratne periode (T , god) izračunate pomoću opće razdiobe ekstremnih vrijednosti.

Trajanje /T	2		5		10		20		50		100	
	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ
ZAGREB -MAKSIMIR												
10 min	9.8	0.5	13.6	0.7	16.1	0.9	18.6	1.2	21.8	1.5	24.3	1.8
20 min	15.2	0.7	20.8	1.1	24.5	1.4	28.1	1.7	32.9	2.1	36.5	2.5
30 min	18.4	0.9	25.1	1.4	29.6	1.7	34.1	2.1	39.8	2.6	44.3	3.0
40 min	20.2	1.0	27.4	1.5	32.2	1.9	36.9	2.3	43.1	2.8	47.8	3.2
50 min	21.5	1.0	28.9	1.5	33.8	1.9	38.5	2.3	44.5	2.8	49.0	3.2
60 min	22.6	1.1	30.2	1.6	35.2	2.0	40.0	2.4	46.1	2.9	50.7	3.3
2h	26.8	1.1	34.9	1.6	39.9	2.0	44.4	2.3	50.0	2.8	53.9	3.1
4h	31.6	1.2	40.2	1.7	45.4	2.1	50.2	2.5	56.0	2.9	60.0	3.2
6h	34.9	1.3	44.1	1.9	50.0	2.3	55.5	2.8	62.4	3.3	67.4	3.8
12h	41.1	1.7	52.8	2.6	60.9	3.4	68.8	4.1	79.5	5.1	87.7	5.8
18h	44.7	1.8	57.4	2.8	65.7	3.5	73.7	4.2	84.0	5.1	91.7	5.8
24h	48.2	1.9	61.2	2.9	69.4	3.5	76.8	4.2	86.1	5.0	92.7	5.5
ZAGREB - GRIČ												
	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ
10 min	9.3	0.4	12.8	0.6	15.2	0.7	17.5	0.9	20.7	1.2	23.1	1.4
20 min	14.3	0.6	19.9	1.0	24.0	1.3	28.3	1.6	34.1	2.0	38.9	2.4
30 min	17.5	0.8	24.4	1.2	29.2	1.5	34.0	1.9	40.6	2.3	45.8	2.7
40 min	19.7	0.8	27.3	1.3	32.5	1.6	37.7	2.0	44.6	2.5	49.9	2.9
50 min	21.1	0.9	29.2	1.4	34.7	1.7	40.1	2.1	47.4	2.6	52.9	3.0
60 min	21.9	0.9	30.5	1.4	36.3	1.8	42.0	2.2	49.7	2.8	55.6	3.2
2h	25.8	1.0	35.4	1.5	41.8	2.0	48.2	2.4	56.5	3.0	62.9	3.5
4h	31.0	1.1	41.5	1.7	48.4	2.1	55.0	2.5	63.6	3.1	70.0	3.6
6h	34.6	1.2	45.4	1.7	52.4	2.1	58.9	2.5	67.1	3.1	73.2	3.5
12h	41.4	1.4	54.5	2.0	63.0	2.6	71.0	3.1	81.2	3.8	88.7	4.3
18h	44.9	1.5	59.1	2.3	68.5	2.9	77.4	3.5	89.0	4.3	97.6	4.9
24h	48.2	1.5	62.6	2.3	72.0	2.9	80.9	3.5	92.3	4.3	100.8	4.9

Trajanje /T	2		5		10		20		50		100	
PUNTIJARKA												
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
10 min	9.4	0.5	12.6	0.7	14.6	0.9	16.5	1.1	19.0	1.3	20.7	1.6
20 min	14.1	0.8	19.1	1.2	22.5	1.5	25.8	1.8	30.2	2.3	33.6	2.7
30 min	16.9	0.9	22.8	1.4	27.0	1.8	31.2	2.3	37.1	3.0	41.8	3.5
40 min	18.6	0.9	24.7	1.4	29.1	1.9	33.7	2.4	40.2	3.2	45.5	3.9
50 min	20.0	1.0	26.5	1.6	31.1	2.0	36.0	2.6	42.8	3.4	48.4	4.1
60 min	21.1	1.0	27.6	1.6	32.5	2.1	37.6	2.7	44.8	3.6	50.8	4.3
2h	27.2	1.0	33.8	1.5	38.0	1.8	41.8	2.2	46.6	2.6	50.0	3.0
4h	34.8	1.5	44.5	2.2	50.9	2.8	57.0	3.4	64.8	4.1	70.7	4.7
6h	40.1	1.7	51.6	2.6	59.1	3.2	66.2	3.9	75.3	4.8	82.0	5.4
12h	49.9	2.2	64.4	3.2	73.5	3.9	82.0	4.7	92.5	5.6	100.2	6.4
18h	56.1	2.3	71.1	3.2	80.2	3.9	88.5	4.6	98.4	5.5	105.3	6.1
24h	60.6	2.5	76.4	3.4	85.7	4.1	93.8	4.7	103.3	5.5	109.6	6.1
ZAGREB - BIJENK												
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
10 min	10.0	0.7	13.1	0.9	14.8	1.0	16.2	1.1	17.7	1.2	18.7	1.3
20 min	15.8	0.9	19.5	1.1	21.2	1.2	22.4	1.3	23.5	1.3	24.2	1.4
30 min	18.8	1.1	23.5	1.4	26.0	1.6	28.0	1.8	30.1	1.9	31.4	2.0
40 min	20.7	1.3	26.2	1.9	29.4	2.2	32.2	2.4	35.4	2.7	37.6	2.9
50 min	22.0	1.4	28.0	2.0	31.8	2.4	35.3	2.8	39.6	3.2	42.7	3.5
60 min	23.0	1.4	29.3	2.0	33.5	2.5	37.5	3.0	42.6	3.5	46.4	4.0
2h	27.6	1.4	35.2	2.1	40.2	2.6	44.8	3.2	50.8	3.9	55.2	4.4
4h	32.7	1.5	41.1	2.3	47.0	3.0	52.8	3.8	60.7	4.8	66.9	5.6
6h	36.1	1.7	45.8	2.9	53.4	3.9	61.5	5.1	73.5	6.9	83.8	8.4
12h	42.0	1.8	54.6	4.0	67.6	6.5	85.1	9.9	118.6	16.8	155.3	24.8
18h	45.7	2.1	59.9	4.6	74.2	7.3	93.3	10.9	129.6	18.2	168.9	26.3
24h	49.7	2.5	64.2	4.7	77.0	6.8	92.4	9.3	118.0	13.6	142.5	17.9

Trajanje /T	2		5		10		20		50		100	
ZAGREB - BORČEC												
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
10 min	10.8	0.7	14.4	0.9	16.3	1.0	17.8	1.1	19.3	1.2	20.3	1.3
20 min	16.2	1.1	22.0	1.5	25.2	1.8	27.9	2.0	31.0	2.3	32.9	2.4
30 min	19.2	1.4	26.6	2.0	31.1	2.4	35.0	2.8	39.8	3.3	43.0	3.6
40 min	20.7	1.6	29.1	2.3	34.5	2.9	39.4	3.4	45.6	4.0	50.1	4.5
50 min	21.9	1.7	30.8	2.5	36.6	3.1	42.1	3.7	49.0	4.4	54.1	5.0
60 min	22.9	1.7	32.4	2.6	38.6	3.3	44.7	4.0	52.6	4.9	58.6	5.6
2h	27.4	2.0	37.7	3.0	44.5	3.7	50.9	4.5	59.2	5.4	65.3	6.1
4h	33.6	2.1	44.8	3.0	51.4	3.6	57.3	4.2	64.2	4.9	68.9	5.3
6h	37.9	2.3	49.9	3.2	56.8	3.8	62.8	4.4	69.8	5.1	74.4	5.5
12h	45.8	2.9	61.1	4.1	70.5	5.1	79.0	6.0	89.3	7.1	96.6	7.9
18h	48.9	3.0	64.5	4.5	74.0	5.5	82.6	6.4	92.9	7.5	100.2	8.3
24h	51.8	3.1	66.9	4.5	75.8	5.4	83.6	6.3	92.7	7.3	98.8	7.9
POREČ												
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
10 min	12.5	1.0	17.0	1.3	19.6	1.6	21.9	1.8	24.6	2.1	26.5	2.2
20 min	19.6	1.4	26.3	2.0	30.6	2.5	34.6	2.9	39.7	3.5	43.3	4.0
30 min	23.7	1.5	31.5	2.3	36.9	3.0	42.3	3.6	49.6	4.6	55.2	5.4
40 min	26.6	1.5	34.7	2.4	40.6	3.2	46.5	4.0	54.7	5.1	61.2	6.0
50 min	29.0	1.7	38.0	2.7	44.3	3.5	50.6	4.3	59.1	5.4	65.8	6.3
60 min	30.7	1.9	40.7	3.0	47.5	3.8	54.3	4.7	63.4	5.9	70.4	6.8
2h	37.1	2.4	49.8	3.8	58.5	4.9	67.1	6.0	78.5	7.5	87.4	8.7
4h	44.1	2.9	59.0	4.3	68.7	5.4	77.9	6.5	89.7	8.0	98.5	9.1
6h	47.6	3.0	63.3	4.5	73.4	5.6	82.9	6.8	94.9	8.2	103.7	9.3
12h	54.1	3.2	70.4	5.0	81.6	6.5	92.6	7.9	107.4	9.9	118.9	11.5
18h	57.9	3.7	76.3	6.0	89.1	7.7	101.9	9.4	119.1	11.8	132.6	13.7
24h	61.1	4.0	81.0	6.7	95.9	9.0	111.5	11.3	134.0	14.7	152.8	17.5

Trajanje /T	2		5		10		20		50		100	
PULA												
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
10 min	13.1	0.8	17.2	1.0	19.4	1.1	21.2	1.2	23.1	1.3	24.3	1.4
20 min	19.9	1.1	26.0	1.4	29.2	1.6	31.9	1.8	34.8	2.0	36.6	2.2
30 min	24.4	1.4	32.5	1.9	37.2	2.3	41.3	2.7	46.0	3.0	49.1	3.3
40 min	27.8	1.7	37.3	2.4	42.7	2.8	47.4	3.2	52.8	3.7	56.4	4.0
50 min	30.2	1.9	40.8	2.6	47.0	3.2	52.4	3.6	58.6	4.2	62.8	4.6
60 min	31.7	2.0	43.1	2.9	50.0	3.5	56.2	4.1	63.5	4.7	68.6	5.2
2h	38.4	2.5	54.2	3.6	64.0	4.4	73.1	5.2	84.1	6.2	92.0	7.0
4h	43.7	2.7	62.4	4.6	76.8	6.2	92.3	8.0	115.1	10.7	134.6	13.1
6h	48.0	2.8	68.1	4.9	83.9	6.7	101.2	8.8	127.3	11.9	150.0	14.7
12h	54.2	2.8	74.7	5.0	90.8	6.8	108.6	9.0	135.5	12.2	159.1	15.1
18h	58.6	3.0	79.6	5.1	95.4	6.8	112.2	8.7	136.6	11.6	157.1	14.0
24h	60.7	3.1	82.0	5.4	98.4	7.3	116.0	9.4	142.1	12.5	164.3	15.2
ABRAMI												
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
10 min	13.6	0.7	18.4	1.1	21.9	1.5	25.6	1.9	30.7	2.5	34.8	3.0
20 min	20.6	1.0	27.4	1.5	32.1	2.0	36.6	2.4	42.7	3.0	47.4	3.5
30 min	24.8	1.1	32.6	1.8	38.2	2.4	44.0	3.0	51.9	3.8	58.3	4.5
40 min	28.3	1.3	36.9	2.0	42.8	2.6	48.6	3.1	56.3	3.9	62.2	4.5
50 min	30.8	1.4	40.1	2.1	46.2	2.7	51.9	3.2	59.2	3.9	64.6	4.4
60 min	32.6	1.6	42.7	2.3	49.2	2.9	55.3	3.5	62.9	4.2	68.5	4.7
2h	40.2	1.8	51.3	2.6	58.1	3.2	64.2	3.8	71.6	4.4	76.8	4.9
4h	47.2	2.0	59.4	2.9	67.0	3.6	73.7	4.2	82.0	4.9	87.7	5.5
6h	50.8	2.0	63.1	2.8	70.6	3.5	77.4	4.1	85.5	4.8	91.1	5.3
12h	58.0	2.1	72.0	3.2	81.4	4.1	90.3	5.0	102.0	6.1	110.7	7.0
18h	61.5	2.5	78.6	4.0	90.9	5.3	103.5	6.6	121.1	8.5	135.3	10.1
24h	64.9	2.7	83.8	4.7	98.4	6.4	114.3	8.3	138.1	11.1	158.5	13.5

Trajanje /T	2		5		10		20		50		100	
PAZIN												
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
10 min	13.5	0.7	17.7	1.0	20.3	1.2	22.7	1.4	25.6	1.7	27.7	1.9
20 min	20.8	1.1	27.9	1.7	32.6	2.2	37.3	2.6	43.5	3.3	48.2	3.8
30 min	25.9	1.3	34.4	2.0	40.2	2.6	45.8	3.2	53.3	4.0	59.0	4.6
40 min	29.0	1.5	38.4	2.3	44.8	2.9	51.1	3.5	59.4	4.4	65.8	5.1
50 min	31.3	1.6	41.3	2.4	48.0	3.0	54.4	3.7	62.8	4.5	69.2	5.2
60 min	32.9	1.7	43.5	2.5	50.4	3.1	57.0	3.8	65.5	4.7	71.9	5.3
2h	40.3	2.1	53.4	3.1	61.8	3.9	69.7	4.7	79.6	5.7	86.9	6.4
4h	48.1	2.4	62.5	3.7	72.0	4.7	81.0	5.6	92.6	6.9	101.3	7.8
6h	51.5	2.6	67.5	4.3	79.3	5.6	91.5	7.0	108.8	9.1	123.0	10.8
12h	59.8	2.8	78.0	5.0	92.7	6.8	109.0	8.9	133.9	12.2	156.0	15.1
18h	68.0	3.1	87.5	5.0	101.4	6.5	115.6	8.1	135.2	10.4	150.9	12.2
24h	73.8	3.3	94.7	5.2	109.2	6.8	123.6	8.3	143.0	10.5	158.2	12.2
LETAJ BRANA												
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
10 min	14.4	1.0	18.5	1.3	20.8	1.5	22.6	1.6	24.6	1.8	25.8	1.9
20 min	21.8	1.4	28.2	1.9	31.9	2.3	35.3	2.7	39.2	3.1	41.9	3.4
30 min	27.0	1.7	35.3	2.5	40.7	3.1	45.9	3.7	52.4	4.6	57.3	5.2
40 min	30.8	1.9	40.4	2.8	46.7	3.6	52.7	4.3	60.4	5.3	66.2	6.1
50 min	33.4	2.1	43.9	3.2	51.1	4.1	58.1	5.0	67.5	6.3	74.7	7.3
60 min	35.4	2.3	46.9	3.6	55.1	4.7	63.5	5.9	75.0	7.6	84.2	8.9
2h	42.9	2.7	57.9	4.8	70.0	6.7	83.7	8.9	104.9	12.4	123.9	15.6
4h	52.2	3.6	71.7	6.5	87.5	9.0	105.0	11.8	132.1	16.2	156.1	20.2
6h	56.5	4.0	77.8	7.0	94.8	9.7	113.7	12.8	142.8	17.5	168.4	21.7
12h	65.1	4.1	88.5	7.7	108.5	11.0	131.9	15.0	170.0	21.5	205.6	27.8
18h	69.8	4.4	95.8	8.7	119.9	13.1	149.9	18.6	202.2	28.3	254.5	38.2
24h	74.1	4.5	101.2	9.2	127.1	14.0	160.5	20.3	220.4	31.9	282.4	43.9

Trajanje /T	2		5		10		20		50		100	
BOTONEGA												
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
10 min	12.4	0.8	15.7	1.1	17.9	1.3	19.9	1.5	22.4	1.9	24.2	2.2
20 min	19.2	1.0	23.9	1.4	26.9	1.8	29.8	2.2	33.5	2.7	36.2	3.0
30 min	23.7	1.2	29.7	1.9	34.1	2.5	38.5	3.1	44.6	4.1	49.5	4.9
40 min	27.3	1.3	33.9	2.1	38.6	2.8	43.5	3.5	50.3	4.5	55.8	5.4
50 min	29.9	1.4	37.1	2.3	42.1	3.0	47.3	3.7	54.5	4.8	60.2	5.7
60 min	31.8	1.6	39.5	2.5	44.9	3.2	50.4	3.9	57.7	5.0	63.5	5.9
2h	36.2	2.0	46.6	3.2	54.1	4.1	61.7	5.2	72.4	6.7	80.9	8.0
4h	44.8	2.4	56.0	3.6	63.4	4.5	70.4	5.4	79.5	6.6	86.3	7.6
6h	50.5	2.5	61.6	3.8	68.8	4.8	75.6	5.7	84.2	6.9	90.6	7.7
12h	56.3	3.6	72.2	6.1	83.9	8.0	96.3	10.0	113.9	12.9	128.5	15.2
18h	60.3	4.1	77.6	6.7	90.0	8.7	102.6	10.8	120.2	13.6	134.4	15.8
24h	65.5	4.4	85.0	7.2	99.0	9.4	113.3	11.7	133.2	14.8	149.1	17.3
CELEGA												
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
10 min	12.3	1.1	18.0	1.7	21.8	2.2	25.5	2.6	30.3	3.2	34.0	3.7
20 min	19.4	1.8	28.7	2.8	35.0	3.5	41.1	4.3	49.1	5.3	55.3	6.1
30 min	23.5	2.2	34.8	3.4	42.3	4.3	49.7	5.2	59.3	6.4	66.7	7.4
40 min	26.5	2.2	38.6	3.4	46.7	4.3	54.4	5.3	64.4	6.6	71.9	7.6
50 min	29.0	2.5	41.8	3.7	50.1	4.7	58.0	5.6	68.1	6.9	75.6	7.8
60 min	31.2	2.6	44.6	3.9	53.4	4.9	61.6	5.9	72.1	7.2	79.9	8.2
2h	40.0	3.2	55.7	4.6	65.1	5.6	73.5	6.5	83.4	7.7	90.2	8.5
4h	46.8	3.8	64.1	5.1	73.7	6.1	81.7	6.9	90.5	7.9	96.2	8.5
6h	49.5	3.6	66.2	4.9	75.4	5.8	83.0	6.6	91.4	7.5	96.8	8.1
12h	55.1	4.4	76.9	6.4	90.5	7.9	102.9	9.4	118.1	11.2	128.9	12.5
18h	58.7	4.7	81.7	6.7	95.9	8.3	108.6	9.8	124.1	11.6	135.0	12.9
24h	63.1	4.9	86.6	6.8	100.1	8.2	111.8	9.5	125.2	11.0	134.1	12.1

Trajanje /T	2		5		10		20		50		100	
GRDINIĆI												
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
10 min	11.0	0.7	14.3	1.0	16.3	1.2	18.1	1.3	20.3	1.6	21.7	1.8
20 min	16.7	1.0	22.1	1.6	26.1	2.2	30.3	2.8	36.4	3.8	41.5	4.7
30 min	20.9	1.3	27.8	2.1	32.9	2.8	38.2	3.6	45.7	4.7	51.9	5.7
40 min	23.6	1.6	31.7	2.6	37.9	3.5	44.6	4.5	54.3	6.0	62.6	7.3
50 min	25.8	1.7	34.9	3.0	42.1	4.1	49.9	5.3	61.7	7.1	71.8	8.8
60 min	27.7	1.9	37.5	3.2	45.0	4.3	53.0	5.4	64.7	7.2	74.6	8.8
2h	31.8	2.3	46.0	4.7	59.4	7.1	76.6	10.3	107.1	16.1	138.4	22.3
4h	39.7	3.0	58.0	5.9	74.5	8.7	94.5	12.2	128.4	18.2	161.4	24.2
6h	43.9	2.8	61.7	5.7	78.6	8.8	100.0	12.7	138.1	19.9	177.0	27.5
12h	51.1	3.2	71.2	6.9	91.6	10.9	118.9	16.3	170.6	26.7	226.7	38.2
18h	57.7	4.0	81.2	7.7	102.2	11.3	127.6	15.7	170.3	23.2	211.8	30.6
24h	62.8	4.2	86.9	7.7	107.1	10.9	130.4	14.7	167.6	20.8	201.8	26.6

5.1.2. Analiza nizova godišnjih ekstrema kratkotrajnih količina oborine formiranih od nizova s izdvojenim većim brojem intenzivnih oborina

Primjena opće razdiobe ekstrema (GEV) za procjenu očekivanih maksimalnih količina oborine podrazumijeva ograničene ulazne duljine nizova, tj. primjenjuje se samo na godišnje maksimume izmjerenih podataka. Kako su ekstremi po definiciji rijetki događaji, procjene povratnih vrijednosti za različite povratne periode primjenom GEV razdiobe imaju veliku varijancu. Stoga su razvijeni i teorijski modeli za prilagodbu na nizove ekstrema koji uključuju i druge ekstremne veličine osim godišnjeg maksimuma. U praksi se često koriste modeli koji se primijenjuju na nizove prekoračenja, odnosno ulazni nizovi uključuju sve vrijednosti veće od neke unaprijed definirane granične vrijednosti (praga). Međutim, razvijene su i karakterizacije opće razdiobe ekstrema na nizove r najvećih međusobno nezavisnih godišnjih veličina. U ovom dokumentu korištena su dva slučaja, s po 10 i 3 izdvojenih maksimalnih oborina u pojedinim godinama, pri čemu je primijenjena prilagodba opće razdiobe ekstrema. Više informacija o tom modelu opisano je u Coles (2001). Taj model također sadrži tri parametra kao i standardna GEV razdioba, ali se očekuje poboljšana preciznost samih procjena budući da je analiziran dulji niz koji osigurava više informacija od samo jedne vrijednosti godišnje.

Izbor trajanja i broja izdvojenih maksimalnih oborina po godini determiniran programskim rješenjima baze podataka o kratkotrajnim jakim oborinama DHMZ-a. U trenutnoj bazi podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda ulazni podaci godišnjih maksimuma i podaci za 10, kao i 3 najveće količine oborine u godini nisu raspoloživi za istovjetna trajanja. Ova studija ukazala je na potrebu proširivanja dostupnih ulaznih nizova za takve nizove. Treba napomenuti da u ovom slučaju nije bilo isključivanja potencijalno nepuzdanih godina kao u slučaju godišnjih maksimuma.

Korištenje 10 godišnjih ekstrema trajanja do 2 sata

Procijenjene su očekivane maksimalne količine oborine za trajanja od 5 minuta do 2 sata za različite povratne periode (2, 5, 10, 20, 50 i 100 godina) te su procijenjeni i pripadni 95%-tni intervali pouzdanosti (Tablice 5.1.3a i 5.1.3b). Dodatno, GEV razdiobe za 13 analiziranih postaja prikazane su na slikama od 5.1.1 do 5.1.13.

Usporedbom dobivenih rezultata s onima dobivenim u prethodnom poglavlju vidljivo je da prilagođen model na dulje ulazne nizove osigurava veće procjene ekstremnih vrijednosti koje omogućuju pouzdanije procjene za praktičnu primjenu.

Tablica 5.1.3a Procjene maksimalnih količina oborine (u mm) na području Istre i Zagreba za trajanja od 5 do 120 minuta, za različite povratne periode (T, god: 2, 5, 10) izračunate pomoću opće razdiobe ekstremnih vrijednosti prilagođene za 10 najvećih vrijednosti u godini. Za svaki povratni period prikazana je procijenjena vrijednosti i interval pouzdanosti.

	Trajanje/ T(god)	PP 2 god			PP 5 god			PP 10 god		
ZAGREB MAKSIMIR	5	5,7	6,0	6,3	8,1	8,6	9,2	9,8	10,7	11,6
	10	9,4	9,8	10,3	13,1	13,9	14,8	15,7	17,1	18,5
	15	12,3	12,8	13,3	17,1	18,2	19,4	20,6	22,4	24,3
	20	14,3	15,0	15,6	20,0	21,4	22,8	24,3	26,4	28,7
	30	17,1	17,8	18,6	23,7	25,3	26,9	28,7	31,1	33,7
	40	18,7	19,5	20,3	25,7	27,3	29,0	30,9	33,4	36,0
	50	20,0	20,8	21,6	27,1	28,7	30,4	32,3	34,7	37,3
	60	21,0	21,8	22,6	28,2	29,8	31,5	33,4	35,8	38,4
	90	23,3	24,1	24,9	30,4	31,9	33,5	35,3	37,6	39,9
	120	25,1	25,9	26,7	32,2	33,7	35,3	37,0	39,3	41,6
ZAGREB GRIČ	5	5,4	5,6	5,8	7,8	8,3	8,8	9,7	10,5	11,3
	10	8,9	9,2	9,5	12,4	13,1	13,8	15,0	16,1	17,2
	15	11,6	12,0	12,4	16,2	17,0	17,9	19,5	20,9	22,3
	20	13,7	14,1	14,6	19,2	20,3	21,4	23,4	25,1	26,9
	30	16,4	17,0	17,6	23,2	24,5	25,9	28,4	30,5	32,6
	40	18,1	18,8	19,4	25,5	26,9	28,3	31,2	33,4	35,7
	50	19,4	20,0	20,7	26,9	28,2	29,6	32,5	34,6	36,8
	60	20,3	20,9	21,5	27,8	29,2	30,6	33,5	35,6	37,8
	90	22,4	23,0	23,7	29,9	31,1	32,5	35,3	37,2	39,2
	120	24,4	25,1	25,7	32,0	33,3	34,6	37,4	39,3	41,3
PUNTIJARKA	5	5,5	5,7	6,0	7,4	7,9	8,5	8,8	9,5	10,4
	10	9,0	9,4	9,8	11,8	12,5	13,2	13,7	14,6	15,7
	15	11,7	12,1	12,6	15,1	15,9	16,7	17,3	18,4	19,6
	20	13,6	14,1	14,6	17,5	18,4	19,3	20,0	21,3	22,7
	30	16,2	16,8	17,4	21,0	22,2	23,3	24,2	25,8	27,5
	40	18,1	18,7	19,4	23,4	24,7	26,1	27,0	28,8	30,8
	50	19,7	20,4	21,1	25,2	26,5	27,8	28,8	30,5	32,4
	60	21,0	21,7	22,4	26,5	27,8	29,1	30,1	31,8	33,7
	90	23,8	24,5	25,3	29,7	31,0	32,3	33,4	35,1	37,0
	120	26,1	26,9	27,7	32,3	33,6	35,0	36,0	37,9	39,8
ZAGREB BIJENIK	5	5,8	6,3	6,8	9,0	10,4	11,9	11,8	14,2	17,0
	10	9,1	9,8	10,5	13,3	15,1	16,9	16,7	19,6	22,9
	15	11,7	12,5	13,3	16,5	18,4	20,5	20,2	23,3	26,7
	20	13,5	14,4	15,4	19,1	21,3	23,7	23,5	27,0	31,0
	30	16,2	17,3	18,4	22,8	25,2	27,8	27,9	31,7	36,1
	40	18,1	19,2	20,4	25,2	27,7	30,4	30,7	34,7	39,1
	50	19,4	20,6	21,8	26,8	29,4	32,1	32,3	36,4	40,9
	60	20,6	21,7	22,9	27,8	30,4	33,2	33,2	37,2	41,6
	90	23,1	24,2	25,4	30,2	32,6	35,2	35,3	38,9	42,9
	120	25,2	26,3	27,5	32,1	34,3	36,6	36,7	39,9	43,4

	Trajanje/ T(god)	PP 2 god			PP 5 god			PP 10 god		
ZAGREB BORČEC	5	5,3	5,6	5,9	7,3	8,0	8,8	8,9	9,9	11,1
	10	8,8	9,3	9,8	12,0	13,1	14,2	14,3	15,9	17,7
	15	11,5	12,3	13,0	16,0	17,6	19,2	19,3	21,6	24,2
	20	13,5	14,4	15,3	18,7	20,6	22,5	22,5	25,2	28,2
	30	16,2	17,2	18,3	22,4	24,5	26,7	26,8	30,0	33,5
	40	18,0	19,1	20,2	24,6	26,8	29,1	29,2	32,5	36,1
	50	19,6	20,7	21,8	26,3	28,5	30,8	31,0	34,1	37,6
	60	20,8	22,0	23,2	27,9	30,1	32,4	32,7	35,9	39,4
	90	23,4	24,6	25,8	30,6	32,8	35,0	35,3	38,4	41,7
	120	25,8	27,1	28,4	33,5	35,9	38,3	38,5	41,8	45,3
POREČ	5	7,1	7,6	8,2	10,2	11,5	12,9	12,7	14,7	17,0
	10	11,6	12,3	13,0	15,4	16,8	18,3	18,0	20,0	22,2
	15	15,3	16,2	17,0	20,1	21,7	23,5	23,2	25,6	28,2
	20	18,2	19,2	20,2	23,8	25,8	27,8	27,6	30,4	33,4
	30	22,4	23,6	24,8	29,3	31,7	34,2	33,9	37,3	41,0
	40	25,1	26,5	27,8	32,7	35,3	38,0	37,6	41,3	45,4
	50	27,1	28,5	30,0	35,3	38,1	41,0	40,6	44,7	49,0
	60	28,7	30,3	31,8	37,4	40,4	43,5	43,2	47,4	52,0
	90	32,3	33,9	35,6	42,1	45,3	48,6	48,6	53,2	58,1
	120	34,8	36,6	38,4	45,3	48,7	52,2	52,2	57,0	62,2
PULA	5	7,0	7,4	7,9	10,7	11,8	12,9	13,9	15,6	17,5
	10	11,2	11,8	12,4	16,1	17,4	18,8	19,8	21,9	24,2
	15	14,4	15,1	15,8	20,2	21,7	23,3	24,4	26,8	29,4
	20	17,0	17,8	18,6	23,5	25,2	26,9	28,1	30,6	33,3
	30	21,1	22,0	23,0	29,1	31,2	33,3	34,8	38,0	41,3
	40	24,0	25,1	26,3	33,4	35,9	38,4	40,2	44,0	48,0
	50	26,2	27,5	28,8	36,9	39,7	42,6	44,8	49,1	53,8
	60	27,8	29,2	30,5	39,1	42,1	45,1	47,5	52,0	56,9
	90	31,5	33,0	34,5	43,7	46,8	50,0	52,6	57,3	62,3
	120	33,9	35,5	37,0	47,0	50,2	53,6	56,6	61,5	66,7
ABRAMI	5	8,5	8,9	9,2	11,4	12,1	12,9	13,3	14,4	15,6
	10	13,4	13,9	14,5	17,6	18,7	19,8	20,5	22,0	23,6
	15	17,0	17,7	18,4	22,3	23,6	25,0	25,8	27,7	29,8
	20	19,9	20,7	21,5	26,2	27,8	29,5	30,4	32,7	35,2
	30	23,9	24,8	25,8	31,1	33,0	34,9	36,0	38,7	41,5
	40	26,7	27,7	28,8	34,8	36,9	39,1	40,2	43,3	46,6
	50	28,8	29,9	31,1	37,7	40,0	42,5	43,8	47,2	51,0
	60	30,2	31,5	32,7	39,8	42,4	45,1	46,5	50,3	54,5
	90	33,8	35,2	36,6	44,2	47,0	49,8	51,4	55,4	59,7
	120	36,2	37,6	39,0	46,9	49,7	52,7	54,3	58,4	62,8

	Trajanje/ T(god)	PP 2 god			PP 5 god			PP 10 god		
PAZIN	5	7,5	7,9	8,3	10,6	11,5	12,4	12,9	14,3	15,8
	10	12,3	12,8	13,4	16,6	17,8	19,0	19,6	21,5	23,5
	15	16,0	16,8	17,5	21,6	23,1	24,7	25,5	27,8	30,3
	20	19,2	20,0	20,9	25,8	27,7	29,6	30,6	33,4	36,5
	30	23,5	24,6	25,7	32,0	34,4	36,9	38,1	41,8	45,9
	40	26,5	27,7	28,9	35,7	38,4	41,2	42,4	46,5	50,9
	50	28,4	29,7	31,0	38,3	41,2	44,2	45,5	50,0	54,8
	60	30,0	31,3	32,7	40,2	43,2	46,2	47,6	52,1	57,0
	90	33,6	35,1	36,6	45,0	48,2	51,6	53,2	58,1	63,5
	120	36,2	37,8	39,5	48,5	52,0	55,7	57,5	62,8	68,6
LETAJ	5	7,8	8,4	9,1	11,2	12,7	14,3	13,7	16,1	18,9
	10	12,3	13,1	14,0	16,8	18,7	20,7	20,1	23,0	26,3
	15	16,0	17,0	18,1	21,5	23,7	26,0	25,4	28,7	32,4
	20	19,0	20,2	21,3	25,2	27,6	30,2	29,5	33,1	37,1
	30	23,7	25,2	26,7	31,7	34,8	38,1	37,3	42,0	47,2
	40	27,0	28,7	30,4	36,2	39,8	43,6	42,7	48,2	54,2
	50	29,6	31,5	33,5	40,1	44,3	48,9	47,7	54,2	61,6
	60	31,8	33,9	36,0	43,0	47,6	52,4	51,2	58,1	65,8
	90	36,2	38,8	41,5	50,7	57,0	63,8	62,1	72,3	83,9
	120	39,5	42,1	44,8	54,2	60,1	66,5	65,3	74,7	85,2
BOTONEGA	5	7,3	7,8	8,3	9,8	10,9	12,1	11,5	13,2	15,1
	10	11,2	11,8	12,5	14,4	15,6	16,9	16,4	18,1	20,0
	15	14,5	15,2	16,0	18,3	19,7	21,2	20,7	22,7	24,9
	20	17,4	18,2	19,1	21,8	23,4	25,1	24,6	26,8	29,2
	30	21,9	23,0	24,2	27,9	30,1	32,4	31,7	34,8	38,2
	40	24,8	26,1	27,4	31,6	34,0	36,6	35,9	39,3	43,1
	50	27,1	28,5	30,0	34,6	37,4	40,4	39,5	43,5	48,0
	60	28,6	30,2	31,7	36,7	39,8	43,0	42,0	46,5	51,4
	90	32,3	34,0	35,7	41,4	44,6	48,0	47,3	52,0	57,0
	120	34,1	35,9	37,7	43,7	47,1	50,7	50,0	54,9	60,2
CELEGA	5	7,5	8,0	8,6	10,6	11,9	13,2	12,9	14,9	17,1
	10	12,1	12,9	13,6	16,5	18,1	19,7	19,5	21,9	24,5
	15	16,1	17,0	18,0	21,6	23,5	25,6	25,4	28,2	31,3
	20	19,0	20,1	21,3	25,5	27,7	30,1	30,0	33,2	36,7
	30	22,9	24,2	25,5	30,6	33,1	35,7	35,7	39,4	43,3
	40	25,4	26,9	28,4	34,0	36,9	39,9	39,9	44,1	48,7
	50	27,3	29,0	30,6	36,8	40,1	43,5	43,4	48,2	53,4
	60	29,0	30,7	32,4	39,2	42,7	46,3	46,3	51,4	57,0
	90	32,4	34,3	36,3	44,1	48,2	52,5	52,6	58,7	65,4
	120	34,6	36,8	39,0	47,5	52,1	57,0	56,9	63,9	71,6

	Trajanje/ T(god)	PP 2 god			PP 5 god			PP 10 god		
GRDINIĆI	5	6,5	7,0	7,5	9,2	10,3	11,4	11,2	12,9	14,9
	10	10,4	11,0	11,6	13,7	14,9	16,2	15,9	17,7	19,7
	15	13,5	14,2	14,9	17,4	18,8	20,2	20,0	22,0	24,1
	20	16,2	17,0	17,8	20,8	22,4	24,1	23,9	26,2	28,7
	30	20,2	21,3	22,4	26,2	28,4	30,7	30,3	33,5	36,9
	40	23,1	24,3	25,5	30,0	32,5	35,2	34,7	38,4	42,5
	50	25,2	26,6	28,0	33,0	35,9	38,9	38,4	42,8	47,5
	60	26,8	28,3	29,7	35,0	37,8	40,9	40,5	44,8	49,4
	90	30,3	31,8	33,4	39,4	42,5	45,7	45,7	50,2	55,0
	120	32,7	34,4	36,2	43,1	46,7	50,5	50,6	55,9	61,8

Tablica 5.1.3b Procjene maksimalnih količina oborine (u mm) na području Istre i Zagreba za trajanja od 5 do 120 minuta, za različite povratne periode (T, god: 20, 50, 100) izračunate pomoću opće razdiobe ekstremnih vrijednosti prilagođene za 10 najvećih vrijednosti u godini. Za svaki povratni period je prikazana procijenjena vrijednosti i interval pouzdanosti.

	Trajanje/ T(god)	PP 20 god			PP 50 god			PP 100 god		
ZAGREB MAKSIMIR	5	11,7	12,9	14,3	14,3	16,2	18,5	16,5	19,1	22,2
	10	18,5	20,4	22,5	22,4	25,3	28,6	25,7	29,5	33,9
	15	24,4	26,9	29,8	29,7	33,6	38,1	34,2	39,4	45,5
	20	28,7	31,8	35,2	35,2	39,9	45,3	40,5	46,9	54,4
	30	33,9	37,3	41,1	41,3	46,6	52,6	47,5	54,6	62,8
	40	36,3	39,8	43,7	44,0	49,3	55,3	50,3	57,4	65,5
	50	37,7	41,1	44,9	45,2	50,4	56,2	51,3	58,1	65,9
	60	38,7	42,1	45,8	46,1	51,2	56,8	52,1	58,7	66,1
	90	40,2	43,3	46,6	46,9	51,3	56,2	52,1	57,7	64,1
	120	41,8	44,8	48,0	48,1	52,4	57,1	53,0	58,4	64,4
ZAGREB GRIČ	5	11,8	13,0	14,2	15,0	16,9	19,0	17,8	20,4	23,4
	10	17,8	19,3	21,0	21,7	24,1	26,7	25,0	28,2	31,8
	15	23,1	25,0	27,1	28,1	31,1	34,4	32,4	36,3	40,8
	20	27,9	30,4	33,1	34,6	38,4	42,7	40,1	45,3	51,2
	30	34,1	37,1	40,3	42,4	47,1	52,4	49,5	56,0	63,3
	40	37,3	40,5	44,0	46,4	51,4	57,1	54,1	61,0	68,9
	50	38,5	41,6	44,9	47,3	52,0	57,2	54,6	61,0	68,1
	60	39,5	42,5	45,7	48,2	52,8	57,8	55,4	61,6	68,5
	90	40,8	43,5	46,4	48,6	52,7	57,0	55,0	60,2	66,0
	120	42,9	45,5	48,3	50,4	54,2	58,3	56,3	61,2	66,6
PUNTIJARKA	5	10,1	11,2	12,4	12,0	13,5	15,3	13,4	15,4	17,8
	10	15,4	16,8	18,2	17,7	19,6	21,7	19,4	21,8	24,5
	15	19,4	20,9	22,5	22,0	24,1	26,4	24,0	26,5	29,4
	20	22,4	24,1	26,0	25,5	27,8	30,4	27,8	30,7	33,9
	30	27,2	29,4	31,8	31,2	34,3	37,7	34,2	38,0	42,3
	40	30,4	33,0	35,7	34,9	38,5	42,5	38,3	42,8	48,0
	50	32,1	34,5	37,0	36,4	39,6	43,2	39,5	43,5	48,0
	60	33,4	35,7	38,2	37,5	40,7	44,1	40,6	44,4	48,6
	90	36,8	39,0	41,5	40,9	44,0	47,3	43,9	47,6	51,7
	120	39,4	41,8	44,3	43,6	46,7	50,0	46,5	50,2	54,2

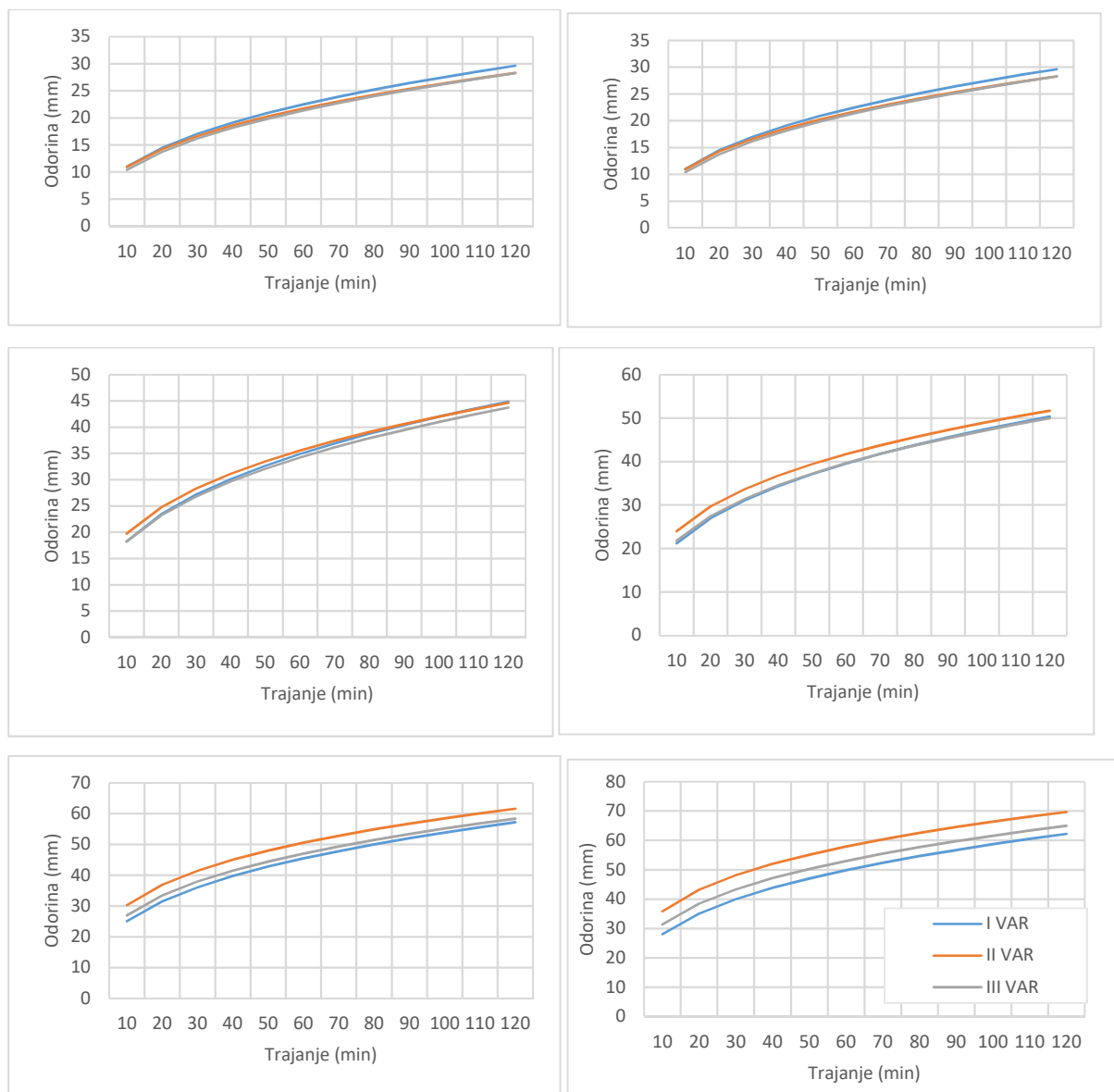
	Trajanje/ T(god)	PP 20 god			PP 50 god			PP 100 god		
ZAGREB BIJENIK	5	15,2	19,0	23,7	20,7	27,5	36,4	25,9	36,0	50,1
	10	20,4	24,9	30,3	26,1	33,5	43,1	31,2	41,7	56,0
	15	24,2	28,7	34,1	30,0	37,2	46,3	35,0	44,9	58,0
	20	28,3	33,6	39,9	35,5	44,0	54,7	41,6	53,5	69,0
	30	33,4	39,1	45,9	41,5	50,7	62,1	48,5	61,2	77,6
	40	36,6	42,5	49,3	45,4	54,7	66,0	52,9	65,6	81,7
	50	38,3	44,3	51,1	47,0	56,4	67,7	54,4	67,1	83,1
	60	38,8	44,6	51,3	46,8	55,7	66,5	53,4	65,4	80,4
	90	40,4	45,5	51,3	47,4	55,0	64,0	53,0	62,9	75,1
	120	41,2	45,6	50,4	47,1	53,3	60,5	51,6	59,5	68,8
ZAGREB BORČEC	5	10,5	12,0	13,6	12,7	15,0	17,6	14,6	17,5	21,1
	10	16,6	18,9	21,4	19,8	23,2	27,1	22,4	26,7	32,0
	15	22,7	26,0	29,8	27,4	32,4	38,4	31,3	37,9	46,0
	20	26,4	30,3	34,7	31,7	37,6	44,5	36,1	43,8	53,3
	30	31,3	35,8	40,9	37,6	44,3	52,2	42,6	51,4	62,2
	40	33,9	38,5	43,7	40,3	47,1	55,1	45,4	54,2	64,9
	50	35,6	39,9	44,8	41,8	48,0	55,2	46,5	54,5	64,0
	60	37,5	41,8	46,7	43,8	50,0	57,2	48,6	56,6	65,9
	90	39,8	44,0	48,5	45,7	51,5	58,0	50,1	57,3	65,6
	120	43,2	47,6	52,4	49,3	55,3	62,1	53,8	61,2	69,8
POREČ	5	15,3	18,3	21,9	19,2	23,9	30,0	22,4	29,0	37,7
	10	20,4	23,2	26,4	23,6	27,6	32,3	26,0	31,1	37,3
	15	26,2	29,5	33,2	30,1	34,7	40,1	33,0	38,8	45,8
	20	31,1	34,9	39,2	35,8	41,1	47,4	39,2	45,9	54,0
	30	38,3	42,9	48,1	43,9	50,5	58,1	48,2	56,4	66,3
	40	42,3	47,3	53,0	48,3	55,3	63,6	52,7	61,6	72,2
	50	45,7	51,2	57,3	52,3	60,0	69,0	57,2	66,8	78,4
	60	48,7	54,4	60,8	55,8	63,8	73,1	61,1	71,1	83,2
	90	54,9	61,1	68,0	63,1	71,8	81,9	69,2	80,2	93,3
	120	58,8	65,4	72,6	67,5	76,6	87,2	73,9	85,4	99,0
PULA	5	17,4	20,1	23,2	23,1	27,6	33,0	28,3	34,7	42,6
	10	23,8	26,9	30,4	29,6	34,4	40,1	34,5	41,1	49,0
	15	28,8	32,2	36,0	35,0	40,2	46,2	40,1	47,0	55,2
	20	32,7	36,3	40,3	39,2	44,6	50,7	44,4	51,4	59,7
	30	40,7	45,1	50,1	48,8	55,4	63,1	55,3	64,0	74,3
	40	47,3	52,7	58,6	57,2	65,3	74,7	65,2	76,0	88,7
	50	53,0	59,3	66,3	64,9	74,5	85,7	74,7	87,6	102,9
	60	56,3	62,9	70,2	69,0	79,1	90,7	79,5	93,0	108,9
	90	61,8	68,5	75,8	74,8	84,8	96,2	85,4	98,6	114,0
	120	66,6	73,6	81,2	80,8	91,3	103,2	92,5	106,3	122,4

	Trajanje/ T(god)	PP 20 god			PP 50 god			PP 100 god		
ABRAMI	5	15,3	16,8	18,5	17,8	20,1	22,6	19,8	22,7	26,0
	10	23,2	25,3	27,5	26,8	29,7	33,0	29,6	33,2	37,5
	15	29,2	31,8	34,7	33,6	37,4	41,6	37,0	41,7	47,2
	20	34,5	37,7	41,3	40,0	44,6	49,8	44,1	50,0	56,8
	30	40,7	44,3	48,4	46,8	52,0	57,9	51,5	58,1	65,7
	40	45,5	49,7	54,3	52,4	58,5	65,3	57,7	65,3	74,2
	50	49,7	54,5	59,8	57,7	64,6	72,5	63,8	72,6	83,0
	60	53,1	58,5	64,4	62,1	69,9	78,9	69,1	79,2	91,1
	90	58,4	64,0	70,1	67,8	75,9	85,1	75,0	85,4	97,5
	120	61,5	67,2	73,5	71,1	79,3	88,7	78,4	89,0	101,3
PAZIN	5	15,3	17,3	19,6	18,7	21,9	25,6	21,6	25,8	31,0
	10	22,7	25,3	28,3	27,0	30,9	35,5	30,4	35,5	41,7
	15	29,5	32,8	36,5	35,0	40,0	45,6	39,5	45,9	53,6
	20	35,5	39,5	44,0	42,3	48,3	55,3	47,7	55,6	65,1
	30	44,5	49,9	55,9	53,4	61,7	71,3	60,8	71,7	84,9
	40	49,2	55,1	61,7	58,8	67,7	78,1	66,5	78,3	92,5
	50	53,0	59,3	66,5	63,4	73,1	84,5	71,9	84,7	100,4
	60	55,1	61,6	68,9	65,6	75,4	86,9	74,1	87,1	102,7
	90	61,6	68,7	76,6	73,4	84,1	96,5	83,0	97,1	114,0
	120	66,7	74,4	83,0	79,6	91,3	104,9	90,1	105,6	124,3
LETAJ	5	16,5	20,1	24,5	20,6	26,5	34,0	24,2	32,2	43,3
	10	23,5	27,8	32,8	28,4	34,9	43,1	32,3	41,1	52,6
	15	29,3	34,1	39,6	34,7	41,9	50,7	39,0	48,4	60,6
	20	33,8	38,8	44,7	39,5	47,0	56,2	44,1	53,8	66,2
	30	42,9	49,6	57,4	50,7	60,7	72,9	56,8	69,9	86,5
	40	49,3	57,0	66,0	58,3	69,9	84,1	65,5	80,7	100,1
	50	55,5	65,0	76,1	66,4	80,9	98,9	75,3	94,6	119,6
	60	59,5	69,5	81,1	71,2	86,3	105,1	80,6	100,7	126,7
	90	74,6	90,0	108,5	93,3	118,3	150,4	109,5	144,3	191,5
	120	77,2	91,1	107,3	94,6	116,3	143,5	109,2	138,8	177,5
BOTONEGA	5	13,2	15,6	18,5	15,5	19,1	23,6	17,3	22,0	28,2
	10	18,3	20,6	23,3	20,7	23,9	27,8	22,4	26,5	31,5
	15	22,8	25,6	28,6	25,5	29,3	33,7	27,4	32,0	37,7
	20	27,1	30,1	33,3	30,2	34,2	38,8	32,4	37,2	43,1
	30	35,3	39,4	44,0	39,7	45,4	52,1	43,0	50,0	58,6
	40	39,8	44,4	49,6	44,7	51,1	58,6	48,2	56,1	65,6
	50	44,0	49,5	55,7	49,7	57,4	66,5	53,9	63,5	75,3
	60	47,0	53,1	60,1	53,5	62,2	72,5	58,3	69,2	82,7
	90	52,9	59,2	66,1	60,1	68,8	79,0	65,4	76,2	89,3
	120	56,0	62,7	70,2	63,8	73,2	84,2	69,6	81,4	95,8

	Trajanje/ T(god)	PP 20 god			PP 50 god			PP 100 god		
CELEGA	5	15,4	18,3	21,7	18,9	23,4	29,1	21,7	27,9	35,9
	10	22,5	25,8	29,7	26,6	31,5	37,4	29,8	36,1	44,0
	15	29,1	33,1	37,5	34,1	39,8	46,5	38,0	45,3	54,2
	20	34,3	38,8	43,8	40,1	46,5	54,1	44,6	52,8	62,7
	30	40,8	45,7	51,2	47,4	54,5	62,7	52,5	61,5	72,1
	40	45,7	51,5	57,9	53,4	61,7	71,4	59,4	70,0	82,7
	50	49,9	56,6	64,0	58,7	68,4	79,6	65,6	78,0	93,0
	60	53,4	60,6	68,7	63,1	73,6	85,9	70,7	84,3	100,8
	90	61,2	69,8	79,6	73,1	85,9	101,1	82,6	99,4	120,0
	120	66,7	76,6	88,0	80,4	95,4	113,4	91,6	111,5	136,1
GRDINIĆI	5	13,3	15,9	19,0	16,5	20,6	25,7	19,1	24,7	32,1
	10	18,0	20,6	23,4	20,9	24,6	29,0	23,1	27,8	33,7
	15	22,5	25,1	28,2	25,6	29,5	33,9	28,0	32,8	38,7
	20	26,8	30,0	33,5	30,6	35,0	40,3	33,4	39,0	45,8
	30	34,3	38,6	43,6	39,5	45,8	53,2	43,5	51,5	61,3
	40	39,4	44,5	50,4	45,5	53,0	61,9	50,3	59,8	71,7
	50	43,8	49,9	56,8	51,2	60,1	70,8	56,9	68,4	82,9
	60	46,0	51,9	58,6	53,4	62,0	72,1	59,1	70,1	83,5
	90	52,0	58,2	65,1	60,5	69,5	79,8	67,2	78,6	92,3
	120	58,2	65,8	74,3	68,8	80,0	93,3	77,4	92,0	109,9

Analogne analize napravljene su i kod obrada pri kojima su korišteni nizovi ulaznih podataka s izdvojene po 3 najveće količine zabilježene oborine različitih trajanja (10, 30 i 60 min; 2,4,6,12, 18 i 24 sata). Usporedbe rezultata provedenih obrada po sve tri varijante izbora ulaznih podataka (VAR I – po 1 godišnja vrijednost ekstrema, VAR II – po 10 godišnjih vrijednosti ekstrema, VAR III - po 3 godišnje vrijednosti ekstrema), provedene na primjeru ombrografske postaje Maksimir - Zagreb s analiziranim trajanjima do 2 sata (Slika 5.1.), pokazale su da ne postoji neki ujednačeni međuodnos rezultata dobivenih prema spomenute tri varijante.

Tako su nizovi godišnjih ekstrema s po jednom izdvojenom vrijednošću dali veće vrijednosti kod učestalijih povratnih perioda (kod 2-godišnjeh te dijela trajanja 5 – godišnjeg, a kod rjeđih pojava – 10-100 godišnjeg povratnog perioda), veće vrijednosti daju pak nizovi formirani od većeg broja ulaznih podataka (po 10 vrijednosti). Za analizirana trajanja do 2 sata i povratne periode razlike se kreću do najviše oko 10%, a kod učestalijih povratih perioda su i puno manje. Stoga se, kao i zbog ograničenja postojeće baze DHMZ-a u pogledu mogućnosti izdvajanja po više istaknutih ekstrema tijekom godine i za dulja trajanja, kao reprezentativne prihvaćaju rezultati dobiveni na osnovu izdvojenih vrijednosti jednog ekstrema odabranih trajanja tijekom godine



Slika 5.1.1 Usporedba rezultata provedenih obrada vjerojatnosti pojava kratkotrajnih jakih oborina za tri varijante formiranja nizova ulaznih podataka na postaji Maksimir za PP od a) 2 god, b) 5 god, c) 10 god, d) 20 god, e) 50 god, f) 100 god.

Zanimljivo je usporediti rezultate više različitih obrada vjerojatnosti pojave kratkotrajnih jakih oborina, kako u pogledu duljine analiziranih nizova, tako i primjene različitih metodologija. Kao dobar primjer takvog kronološkog razvoja metodologije obrada, ali i utjecaja duljine niza na stabilizaciju rezultata obrada mogu poslužiti rezultati do sada provedenih obrada za Pulu, koja je za primjer uzeta i u radu Rubinića i sur. (2003), no u danom slučaju dopunjeno i s provedenim rezultatima obrade u studiji Građevinskog fakulteta u Rijeci (2010), kao i u ovoj studiji. U tablici 5.1.4. dan je usporedni prikaz rezultata provedenih obrada pojave maksimalnih godišnjih količina oborine za 2-godišnji, 20-godišnji i 100-godišnji povratni period za ranije (do 2003. godine) provedene obrade, a u tablici 5.1.5.s to je dopunjeno i s rezultatima najnovijih obrada različito formiranih nizova ulaznih podataka, te rezultatima provedenih obrada u studiji Građevinskog fakulteta u Rijeci (2010).

Tablica 5.1.4. Usporedni prikaz rezultata dosadašnjih obrada procjene vjerojatnosti pojave maksimalnih količina jakih oborina (u mm) postaje Pula za trajanja 10 min - 24 sata, te povratni periode od 2, 20 i 100 god. (preuzeto iz Rubinić i sur., 2003)

	navod iz studije Građ. Ins. Zagreb 1977.	Patrčević, 1979.	Institut za transfer tehnologije, Zagreb, Patrčević 1981.	Vodopriv. Rijeka, Rubinić 1988.	DHMZ, Zg. Gajić-Čapka, Zaninović 1996.		Urbis 72, Pula Martinčić 1997.	Hrvatske vode, VGI Labin Rubinić 1998.	Rubinić i sur., 2003 (po GEV-Raspodjeli)
					-prema nizu god. max	-prema ITP kr.			
Razdob. Obrade:	1957. - 1974.	1957. - 1974.	1957. - 1978.	1957. - 1978.	1957.- 1994. – bez 2 g.		1957.- 1994. bez 2 g.	1957. - 1996. - bez 7 god	
POVRATNI PERIOD 2 GOD									
10 min	18.6	16.5	7.9	18.2	13.4	17.2	15.3	17.9	13.8
20 min	27.9	23.7	11.5	23.0	19.2	21.9	22.5	22.7	19.5
30 min	33.4	28.0	14.5	26.4	22.6	25.3	26.6	26.2	22.8
40 min	36.9	31.0	15.9	29.1	25.0	28.0	29.3	28.9	25.2
50 min	39.4	33.2	16.4	31.4	26.9	30.2	31.3	31.2	27.0
1 sat	41.3	35.0	17.9	33.2	28.5	32.2	32.8	33.3	28.5
2 sata			22.1	38.1	34.3	41.0		38.1	34.2
4 sata			29.8	43.7	40.1			43.7	39.9
6 sati	NIJE	NIJE	31.0	47.4	43.5	NIJE	NIJE	47.4	43.2
12 sati			39.3	54.4	49.4			54.4	48.9
18 sati	RAČUN.	RAČUN.	59.6	58.9	52.8	RAČ.	RAČUN.	58.9	52.2
24 sata			53.7	62.3	55.2			62.3	54.6
POVRATNI PERIOD 20 GOD									
10 min			15.5	23.5	21.5	21.5		22.9	22.3
20 min			24.2	31.3	30.4	28.7		34.2	33.4
30 min			29.7	37.0	35.6	34.0		40.8	40.0
40 min	NIJE	NIJE	32.4	41.7	39.3	38.3	NIJE	45.5	44.5
50 min			33.9	45.7	42.1	42.0		49.1	48.0
1 sat			36.2	49.3	44.5	45.1		52.1	51.0
2 sata	RAČUN.	RAČUN.	42.8	62.8	53.4	60.5	RAČUN.	63.4	62.1
4 sata			55.7	73.9	62.3			74.6	73.2
6 sati			60.5	81.4	67.5	NIJE RAČ.		81.2	79.6
12 sati			74.2	95.9	76.4			92.5	90.7
18 sati			103.8	105.4	81.6			99.0	97.2
24 sata			93.0	112.9	85.3			103.7	101.8
POVRATNI PERIOD 100 GOD									
10 min			22.5	26.3	31.4			27.1	24.8
20 min			35.2	36.5	44.2			43.1	38.3
30 min			42.6	44.1	51.6			52.4	48.6
40 min	NIJE	NIJE	46.4	50.5	56.9	NIJE	NIJE	59.0	55.9
50 min			48.7	56.1	61.0			64.1	61.6
1 sat			51.4	61.1	64.4			68.3	66.2
2 sata	RAČUN.	RAČUN.	60.2	84.2	77.2	RAČ.	RAČUN.	84.2	83.9
4 sata			82.1	100.3	89.9			100.2	101.5
6 sati			91.8	111.2	97.4			109.5	111.8
12 sati			114.5	132.5	110.2			125.4	129.4
18 sati			143.6	146.8	117.6			134.7	139.8
24 sata			131.8	157.8	122.9			141.3	147.1

Ukoliko se usporede razlike između rezultata prethodnih analiza, prikazanih u Tablici 5.1.4., vidljive su, kod određenih trajanja i povratnih perioda, vrlo naglašene razlike u rezultatima, a koje su u većoj mjeri posljedica primijenjenih različitih metodologija obrade, nego li razlikama u značajkama ombrografskih nizova podataka po pojedinim analiziranim razdobljima. Kod učestalijih povratnih perioda do reda veličine između 2 i 5 godišnjeg, naglašene razlike su

uglavnom posljedica okolnosti da li su pri analizi korišteni nizovi godišnjih maksimalnih vrijednosti (u pravilu daju niže vrijednosti), ili nizovi prekoračenja, odnosno empiričkih vjerojatnosti. Kod rijedih povratnih perioda razlike su uglavnom posljedica ekstrapolacije po različitim teoretskim funkcija raspodjele. Pojedine obrade u analiziranim elaboratima razlikuju se i po analiziranim trajanjima oborina, kao i po tome da li je, i po kojoj funkciji vršeno izjednačenje HTP (ITP) krivulja. Stoga se iz iznesenoga može zaključiti da je, uz duljinu analiziranog niza podataka, i izbor funkcije raspodjele element koji bitno utječe na proračunate vrijednosti po funkcijskim ovisnostima HTP (ITP) krivulja.

Tablica 5.1.5. Usporedni prikaz rezultata procjene vjerojatnosti pojave maksimalnih količina jakih oborina postaje Pula obzirom na različito formirane nizove ulaznih podataka, za trajanja 10 min – 2 sata, te povratni periode od 2, 20 i 100 god.

Trajanje (min)	Iz niza maksimalnih godišnjih ekstrema VAR I (mm)	Iz niza s po 10 izdvojenih najintenzivnijih oborina VAR II (mm)	Iz niza s po 3 izdvojene najintenzivnije oborine VAR III (mm)	Rezultirajuća vrijednost po HTP krivulje – prema VAR I (mm)	Rezultati provedenih obrada u studiji Građevinskog fakulteta u Rijeci (2010)
Povratni period 2 god					
10	13,1	11,8	12,0	14,4	15,9
20	19,9	17,8		19,4	22,4
30	24,4	22,0	22,7	23,2	26,3
40	27,8	25,1		26,3	29,0
50	30,2	27,5		28,9	31,2
60	31,7	29,2	30,1	31,3	32,9
120	38,4	35,5	36,5	38,6	39,5
Povratni period 20 god					
10	21,2	26,9	21,8	22,6	21,9
20	31,9	36,3		32,0	33,4
30	41,3	45,1	40,4	39,2	40,1
40	47,4	52,7		45,3	44,9
50	52,4	59,3		50,7	48,6
60	56,2	62,9	54,5	55,6	51,7
120	73,1	73,6	69,4	78,4	63,2
Povratni period 100 god					
10	24,3	41,1	27,5	25,6	26,3
20	36,6	51,4		37,3	38,4
30	49,1	64,0	51,0	46,4	48,6
40	56,4	76,0		54,3	56,6
50	62,8	87,6		61,3	62,6
60	68,6	93,0	69,5	67,6	67,0
120	92,0	106,3	91,8	98,5	83,6

Prikazani rezultati provedenih recentnih obrada u sklopu predmetnog dokumenta (Tablica 5.1.5.) pokazali su da nizovi s po 10 ili 3 izdvojena ekstrema daju različite rezultate u odnosu na uobičajene pristupe pri kojima se analiziraju nizovi s po samo jednim izdvojenim maksimalnim ekstremom u godini. Razlike su naglašenije kod rijedih povratnih perioda kada nizovi s po 10 izdvojenih godišnjih ekstrema daju značajnije veće rezultirajuće vrijednosti u odnosu na rezultate iz ova dva druga niza s po 1 ili 3 izdvojena ekstrema čiji rezultati pokazuju vrlo dobru podudarnost. Zbog tog su kao mjerodavne i odabrane vrijednosti dobivene iz nizova formiranih prema

uobičajenom standardnom postupku – iz nizova s izdvojenim po jednim godišnjim ekstremom. Stoga su na osnovu njih i definirane mjerodavne HTP krivulje, na osnovu kojih su u spomenutoj Tablici 5.1.5. izračunate karakteristične vrijednosti.

Ukoliko se pak te, u ovom dokumentu definirane mjerodavne HTP vrijednosti uspoređi s rezultatima iz Tablice 5.1.4., kao i rezultatima posljednje obrade (Građevinski fakultet u Rijeci, 2010) koji su sadržani u posljednjoj koloni tablice 5.1.5., vidljivo je da su u recentnom dokumentu dobivene vrijednosti vrlo bliske rezultatima dobivenim u spomenutoj studiji iz 2010. (izuzev kod duljih trajanja (2 sata) rijeđih povratnih perioda, a što je uvjetovano značajkama registriranih oborina duljih trajanja nakon izrade spomenute studije. razlog trajanja u odnosu na rezultate posljedne prethodne obrade. Rezultati još ranijih obrada u pravilu daju još niže vrijednosti visina oborina za uspoređena trajanja i povratne periode.

5.1.3. Analiza nizova maksimalnih višednevnih količina oborine

U Tablici 5.1.6 navedene su srednje vrijednosti maksimalnih količina oborine za trajanja od **1 do 5 dana (RxNd, N=1,...5)**, pripadne standardne devijacije i koeficijenti varijacije na svim analiziranim postajama.

Na **zagrebačkom** području, prosječne maksimalne dnevne i višednevne količine oborine približno su jednake na svim gradskim lokacijama, dok su na gorskoj postaji Puntijarka te vrijednosti veće. Razlike u odnosu na ostale postaje kreću se od 10 mm do 15 mm za Rx1d, od 13 mm do 24 mm za Rx2d, od 24 mm do 29 mm za Rx3d, te od 24 mm do 33 mm za Rx4d i Rx5d. Prema vrijednostima standardnih devijacija i koeficijentata varijacije, promjenjivost od godine do godine kreće se u rasponu od 23% do 30% za sva trajanja. Samo je na postaji Zagreb-Borčec promjenjivost 2- do 5- dnevne količine oborine nešto manja (18% do 20%). Pripadni povratni periodi određeni prema GEV razdiobi ukazuju da su izmjereni maksimumi u analiziranom razdoblju imali karakter vrlo rijetkih događaja (povratni period veći od 50 godina) na svim postajama, osim na postaji Zagreb-Borčec gdje se opaženi višednevni maksimumi mogu očekivati s nešto većom vjerojatnošću. Međutim, treba naglasiti da su procjene na potonjoj postaji provedene iz vrlo kratkog niza (1991. - 2006.) i zato se mogu smatrati nepouzdanima (u tablici su rezultati navedeni kurzivom). Na slici 5.1.2 prikazane su procjene očekivanih maksimuma na zagrebačkim postajama za svih pet trajanja.

Na području **Istre**, najmanje vrijednosti dnevnih i višednevnih količina oborina javljaju se na obalnim postajama (Pula, Poreč i Celega), a najveće se mogu očekivati na postaji Letaj Brana. Na toj postaji je i najveća promjenjivost opaženih maksimuma od godine do godine i kreće se u rasponu od 36% do 51%, a smanjuje se s povećanjem trajanja. Na ostalim analiziranim postajama promjenjivost je međusobno slična i kreće se u rasponu od 24% (za Rx5d) do 41% (za Rx1d). Opaženi maksimumi na pojedinim postajama predstavljaju vrlo rijetke događaje. Na slici 5.1.3 prikazane su procjene očekivanih maksimuma na postajama u Istri za svih pet trajanja.

U tablici 5.1.7 navedene su procijenjene očekivane godišnje maksimalne količine oborine i pripadne standardne devijacije za trajanja od 1 do 5 dana i povratne periode od 5, 10, 20, 50 i 100 godina za sve analizirane postaje u Istri i Zagrebu. Treba napomenuti da u ovom slučaju nije bilo isključivanja potencijalno nepouzdanih godina kao u slučaju godišnjih maksimuma.

Tablica 5.1.6 Osnovna statistika niza godišnjih maksimuma 1- do 5- dnevnih količina oborine (R_{sred} - srednjak, σ - standardna devijacija, c_v - koeficijent varijacije), R_{maks} - najveća registrirana količina oborine i pripadni povratni period T izračunat pomoću opće razdiobe ekstremnih vrijednosti.

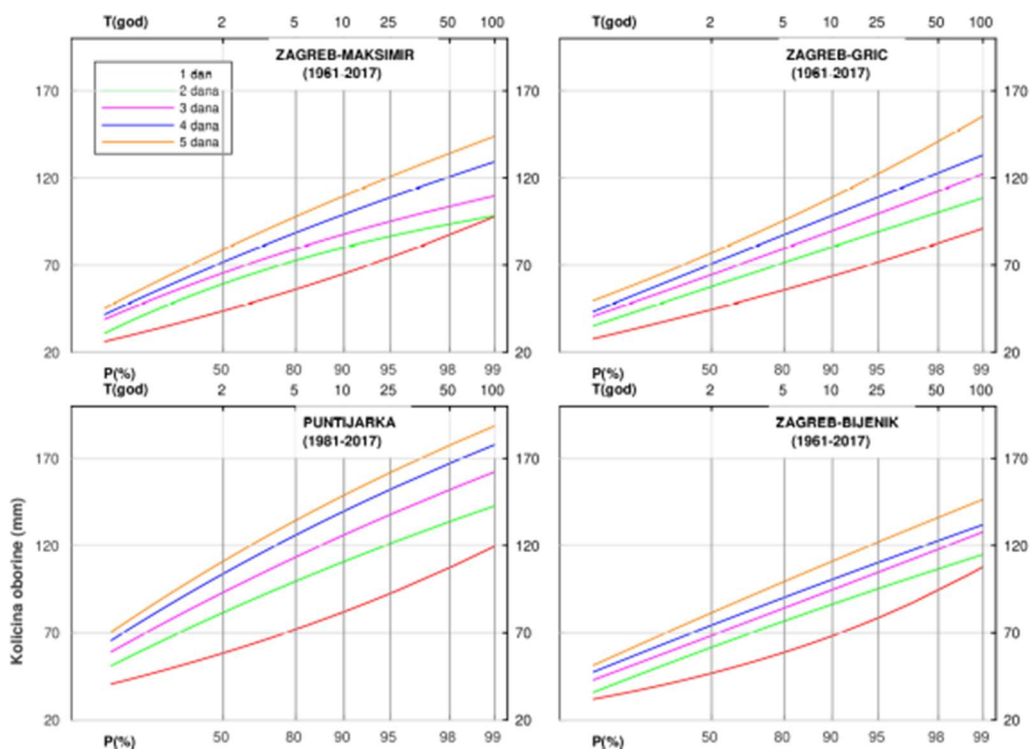
Trajanje (min)	R_{sred} (mm)	σ (mm)	c_v	R_{maks} (mm)	T (god)
ZAGREB-MAKSIMIR					
1	46.7	13.9	0.30	86.1	46.0
2	60.3	14.9	0.25	101.9	187.3
3	67.2	15.5	0.23	106.2	66.3
4	74.2	18.8	0.25	127.3	85.2
5	81.8	21.2	0.26	130	37.5
ZAGREB-GRIČ					
1	47.0	13.1	0.28	95.8	146.1
2	60.2	15.3	0.25	104	68.5
3	67.5	16.6	0.25	114.9	59.6
4	73.8	18.7	0.25	136	122.0
5	81.3	20.6	0.25	136.8	41.1
PUNTIJARKA					
1	61.9	16.7	0.27	133.7	207.8
2	84.1	20.3	0.24	143.5	105.6
3	96.1	22.9	0.24	162	97.6
4	107.1	24.9	0.23	164.5	42.0
5	114.3	26.2	0.23	183.7	72.6
ZAGREB – BIJENIK					
1	50.4	14.7	0.29	116.5	148.7
2	64.1	16.8	0.26	123.7	214.2
3	71.4	17.8	0.25	123.7	74.7
4	77.0	18.2	0.24	145.2	277.6
5	84.6	20.3	0.24	146.2	97.8
ZAGREB -BORČEC					
1	52.3	14.2	0.27	80.1	21.5
2	67.8	13.4	0.20	92.4	15.8
3	72.6	14.2	0.20	105.5	11.0
4	82.4	15.2	0.18	111.6	27.4
5	91.2	18.1	0.20	122	15.8
POREČ					
1	61.2	21.6	0.35	125.5	61.1
2	79.9	24.1	0.30	138.2	62.8
3	88.4	26.4	0.30	147.7	38.1
4	95.3	25.8	0.27	157.3	53.0
5	102.1	27.9	0.27	175.4	117.8

Trajanje (min)	R _{sred} (mm)	σ (mm)	c _v	R _{maks} (mm)	T (god)
PULA					
1	65.6	26.7	0.41	176.4	132.9
2	79.8	28.2	0.35	183.4	84.6
3	87.2	30.6	0.35	210.6	105.0
4	94.3	31.2	0.33	227.5	206.1
5	102.3	31.0	0.30	228.6	151.5
ABRAMI					
1	67.8	21.0	0.31	132.8	70.7
2	86.3	27.7	0.32	176.1	80.7
3	98.3	28.4	0.29	194.8	92.5
4	104.8	28.6	0.27	201.4	104.2
5	112.1	29.6	0.26	201.7	47.0
PAZIN					
1	75.8	28.0	0.37	160.4	63.2
2	92.1	32.3	0.35	171.6	31.8
3	106.2	36.6	0.34	204.3	46.1
4	115.9	36.3	0.31	212.9	63.1
5	123.7	36.2	0.29	215.6	75.9
LETAJ BRANA					
1	85.8	43.6	0.51	284.5	111.9
2	103.1	48.4	0.47	293	51.5
3	117.2	49.8	0.42	293	73.9
4	124.9	49.7	0.40	293	55.4
5	132.1	47.8	0.36	293	62.8
BOTONEGA					
1	65.6	20.9	0.32	125.7	30.6
2	83.7	24.2	0.29	164.3	53.5
3	93.5	26.2	0.28	178.5	119.4
4	100.2	25.9	0.26	190.9	203.0
5	106.7	27.6	0.26	191	111.9
CELEGA					
1	62.1	23.2	0.37	133	37.8
2	80.2	25.6	0.32	159	130.4
3	88.4	27.2	0.31	164	95.2
4	93.3	27.2	0.29	165.6	68.6
5	98.7	26.7	0.27	165.6	69.1
GRDINIĆI					
1	69.7	24.4	0.35	170.5	276.2
2	86.9	27.1	0.31	188.5	166.4
3	100.6	27.5	0.27	196.9	157.7
4	110.2	28.7	0.26	197.1	100.3
5	117.4	28.2	0.24	197.1	70.5

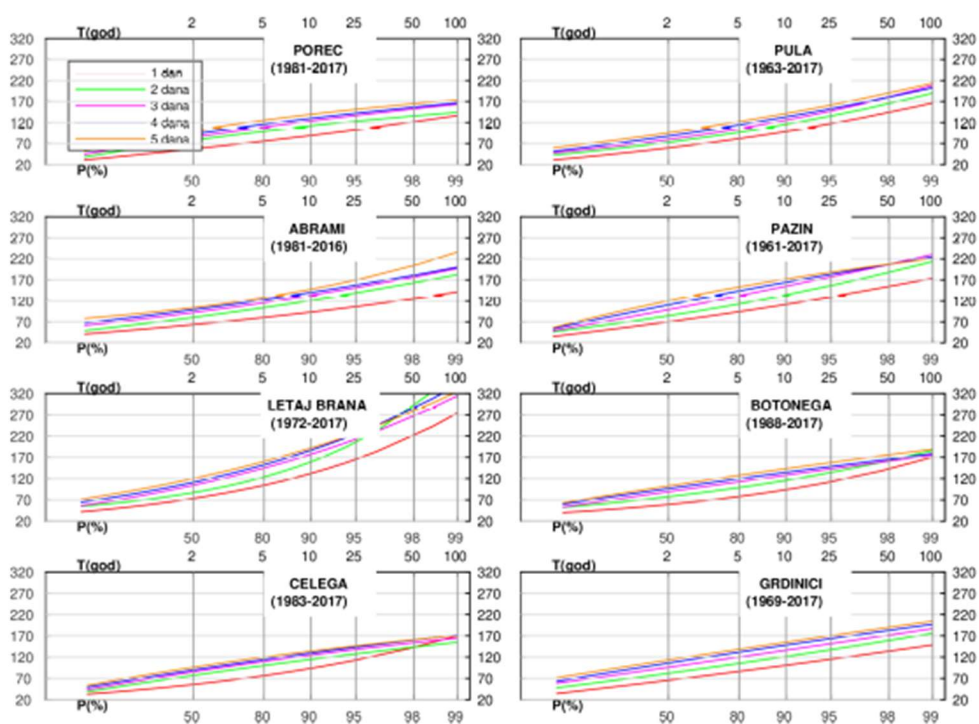
Tablica 5.1.7 Procjene maksimalnih količina oborine (R_{maks} , u mm) na području Istre i Zagreba i pripadne standardne devijacije (σ) za trajanja od 1 do 5 dana, za različite povratne periode izračunate pomoću opće razdiobe ekstremnih vrijednosti. Na postaji Zagreb - Borčec je raspoloživi niži vrlo kratak (1991.-2006.) pa su procjene nepouzdana (označene kurzivom).

ZAGREB-MAKSIMIR												
Trajanje/ T	2		5		10		20		50		100	
	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ	R_{Tmax}	σ
1	43.6	1.8	56.1	3.0	65.1	3.9	74.3	4.9	87.3	6.3	97.8	7.4
2	59.2	2.2	72.6	3.0	80.1	3.6	86.5	4.1	93.6	4.7	98.2	5.1
3	65.5	2.3	79.4	3.3	87.7	4.0	95.0	4.7	103.7	5.5	109.7	6.0
4	71.6	2.6	88.5	3.9	99.1	4.8	108.8	5.7	120.7	6.8	129.2	7.6
5	78.8	3.0	97.8	4.4	109.7	5.4	120.6	6.4	134.2	7.7	143.8	8.6
ZAGREB - GRIČ												
1	44.5	1.6	55.8	2.6	63.7	3.3	71.6	4.1	82.5	5.2	91.0	6.1
2	57.6	2.1	71.4	3.3	80.4	4.1	89.1	5.0	100.2	6.1	108.5	6.9
3	64.5	2.4	79.6	3.7	89.7	4.7	99.5	5.7	112.4	7.0	122.2	8.0
4	70.6	2.6	87.4	4.0	98.5	5.0	109.1	6.1	122.8	7.4	133.1	8.4
5	76.9	2.8	95.7	4.6	108.9	6.0	122.4	7.5	140.8	9.4	155.5	11.0
PUNTIJARKA												
1	58.4	2.3	72.0	3.9	82.0	5.2	92.5	6.5	107.4	8.5	119.7	10.2
2	81.6	3.3	99.6	4.8	110.9	5.9	121.2	7.1	133.8	8.4	142.8	9.5
3	93.2	3.8	113.5	5.4	126.1	6.7	137.8	8.0	152.1	9.6	162.3	10.7
4	103.8	4.4	126.1	6.4	139.8	7.8	152.2	9.3	167.3	11.0	177.9	12.3
5	111.0	4.6	134.5	6.6	148.9	8.2	161.9	9.7	177.7	11.5	188.7	12.8
ZAGREB - BIJENIK												
1	46.8	1.6	58.8	2.8	68.3	3.9	78.6	5.1	94.3	6.9	107.9	8.5
2	61.6	2.3	76.7	3.4	86.4	4.3	95.4	5.1	106.7	6.1	114.9	6.9
3	68.4	2.3	84.2	3.6	94.7	4.5	104.8	5.5	118.0	6.8	127.9	7.8
4	74.3	2.3	90.3	3.4	100.6	4.3	110.4	5.2	122.8	6.4	132.0	7.2
5	81.4	2.7	99.4	4.0	111.1	5.1	122.1	6.1	136.2	7.5	146.5	8.5
ZAGREB - BORČEC												
1	49.9	4.0	62.8	6.2	71.2	7.8	79.3	9.2	89.5	11.1	97.1	12.5
2	64.8	4.2	77.4	6.9	86.4	8.8	95.6	10.8	108.3	13.3	118.5	15.3
3	65.7	3.3	81.5	8.6	101.9	15.6	135.3	27.3	214.8	56.9	321.6	99.1
4	80.9	4.6	94.3	6.6	102.1	8.0	108.8	9.1	116.6	10.5	121.8	11.3
5	88.2	5.4	104.7	8.4	115.3	10.5	125.4	12.5	138.1	14.9	147.5	16.7
POREČ												
1	56.8	3.4	75.7	5.4	89.1	7.1	102.6	8.8	121.3	11.2	136.1	13.2
2	77.5	4.5	99.1	6.4	111.7	7.8	122.6	9.0	135.3	10.5	143.8	11.5
3	85.0	4.8	108.7	7.1	123.3	8.8	136.4	10.4	152.2	12.3	163.4	13.6
4	92.3	4.8	115.5	7.0	129.4	8.5	141.7	10.0	156.4	11.7	166.6	12.9
5	99.9	5.1	124.8	7.1	139.0	8.6	151.0	9.9	164.5	11.4	173.4	12.4

Trajanje/T	2		5		10		20		50		100	
	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ	R _{Tmax}	σ
PULA												
1	59.4	3.1	81.6	5.4	98.6	7.3	116.8	9.3	143.6	12.4	166.4	15.0
2	73.0	3.4	96.9	5.9	115.3	8.0	135.2	10.3	164.6	13.8	189.7	16.8
3	79.6	3.6	105.2	6.3	125.3	8.6	147.2	11.2	180.0	15.1	208.5	18.5
4	87.8	3.7	113.9	6.1	132.9	8.1	152.5	10.2	180.1	13.2	202.5	15.6
5	95.5	3.7	121.6	6.2	141.0	8.3	161.1	10.5	189.9	13.7	213.5	16.3
ABRAMI												
1	63.3	2.9	80.5	4.8	93.2	6.4	106.4	8.1	125.2	10.6	140.7	12.7
2	80.5	4.1	104.0	6.7	121.0	8.8	138.4	11.1	162.7	14.3	182.3	16.9
3	92.2	4.1	115.8	6.7	133.1	8.9	151.0	11.3	176.4	14.7	197.2	17.5
4	99.0	4.0	122.6	6.5	139.5	8.5	156.8	10.7	180.9	13.9	200.2	16.4
5	104.1	3.9	127.7	7.0	147.1	9.9	169.3	13.2	204.3	18.5	235.9	23.3
PAZIN												
1	70.0	3.4	94.3	5.5	111.6	7.3	129.3	9.1	153.9	11.7	173.5	13.8
2	84.5	3.9	112.8	6.5	133.9	8.7	156.0	11.1	187.7	14.6	214.0	17.5
3	99.1	5.0	132.0	7.9	154.6	10.2	177.0	12.6	207.0	15.8	230.2	18.3
4	110.6	5.1	143.2	7.6	163.9	9.6	183.1	11.4	207.0	13.8	224.3	15.5
5	120.2	5.2	152.6	7.4	171.6	9.0	188.3	10.5	207.6	12.3	220.7	13.5
LETAJ - BRANA												
1	73.4	4.2	104.6	8.1	132.1	11.9	165.3	16.5	221.0	24.5	274.7	32.2
2	87.3	4.9	123.9	10.1	159.4	15.6	205.5	22.7	289.6	35.9	377.6	49.8
3	104.6	6.0	145.0	10.7	177.2	14.7	212.8	19.3	266.9	26.4	314.5	32.6
4	111.4	6.2	152.7	11.2	186.6	15.7	225.1	20.9	285.4	29.1	340.0	36.5
5	120.1	6.1	160.2	10.8	191.8	14.8	226.5	19.2	278.7	26.1	324.1	32.1
BOTONEGA												
1	59.3	3.5	78.0	6.5	94.0	9.3	112.6	12.5	142.7	17.7	170.7	22.7
2	77.5	4.3	99.0	7.5	115.9	10.2	134.3	13.2	162.1	17.7	186.1	21.6
3	89.3	5.0	112.9	7.7	128.2	9.7	142.8	11.7	161.3	14.3	175.0	16.2
4	96.6	4.8	119.9	7.1	134.7	8.9	148.5	10.7	165.9	12.9	178.4	14.6
5	102.8	5.2	127.6	7.8	143.3	9.7	157.8	11.5	175.9	13.9	188.9	15.6
CELEGA												
1	55.5	3.9	76.3	7.0	93.4	9.8	112.7	13.0	142.9	18.0	170.0	22.5
2	76.8	5.0	100.0	7.3	114.4	9.1	127.5	10.8	143.5	12.9	154.8	14.3
3	85.1	5.4	109.6	8.0	124.5	9.8	137.8	11.5	153.7	13.6	164.8	15.0
4	89.6	5.6	114.1	8.4	129.3	10.5	143.2	12.4	160.1	14.7	172.0	16.3
5	95.8	5.5	119.8	8.0	133.9	9.7	146.3	11.3	160.9	13.2	170.8	14.5
GRDINIČI												
1	65.4	3.4	86.3	5.3	100.7	6.8	114.8	8.3	133.8	10.5	148.4	12.1
2	81.9	3.7	105.1	5.8	121.2	7.5	137.2	9.3	158.9	11.8	175.8	13.7
3	96.0	3.9	120.1	6.0	136.1	7.6	151.6	9.3	171.7	11.5	186.9	13.2
4	105.8	4.4	131.5	6.7	148.0	8.4	163.5	10.1	182.9	12.2	197.0	13.7
5	112.9	4.5	138.3	6.8	154.7	8.5	170.2	10.3	189.9	12.5	204.4	14.1



Slika 5.1.2 Procjene očekivanih godišnjih maksimuma dnevnih (R_{x1d}) i višednevnih količina oborine (R_{x2d} , R_{x3d} , R_{x4d} , R_{x5d}) izračunate pomoću opće razdiobe ekstrema na 4 postaje u Zagrebu. Za svaku postaju navedeno je raspoloživo razdoblje mjerenja.



Slika 5.1.3 Procjene očekivanih godišnjih maksimuma dnevnih (R_{x1d}) i višednevnih količina oborine (R_{x2d} , R_{x3d} , R_{x4d} , R_{x5d}) izračunate pomoću opće razdiobe ekstrema na 8 postaja u Istri. Za svaku postaju navedeno je raspoloživo razdoblje mjerenja.

5.1.4. Analiza trendova maksimalnih višednevnih nizova količine oborine

Za 13 analiziranih postaja na zagrebačkom (**Zagreb Maksimir, Zagreb Grič, Puntijarka, Zagreb Bijenik, Zagreb Borčec**) i istarskom (**Poreč, Pula, Abrami, Pazin, Letaj Brana, Botonega, Celega, Grdinići**) provedena je analiza trendova maksimalnih višednevnih nizova količine oborine. Za jednodnevne (Rx1d), dvodnevne (Rx2d), trodnevne (Rx3d), četverodnevne (Rx4d) i petodnevne (Rx5d) maksimalne količine oborine na sezonskim skalama te na godišnjoj skali određeni su linearni trendovi te Senov nagib (Sen 1968) kroz dva razdoblja: 1961.-2017. te 1981.-2010. U slučaju kratkih nizova ili postojanja duljih prekida u mjerenjima, analiza trendova nije provedena zbog nepouzdanosti procjena.

U tablici 5.1.8 predstavljeni su linearni trendovi i Senovi nagibi. Zbog kratkoće dostupnih nizova, analiza trendova nije provedena za razdoblje 1961.-2017. za postaje **Puntijarka, Poreč, Abrami, Letaj Brana, Celega** i **Grdinići** te za postaje **Zagreb Borčec** i **Botonega** za oba razdoblja. Statistički značajni trendovi (neparameterski Mann-Kendall-ov test (Gilbert 1987) na nivou značajnosti 5%) se javljaju samo u manjem broju slučajeva:

- negativni trendovi za ljetni Rx1d i Rx2d na postaji **Zagreb Maksimir** za razdoblje 1961.-2017.
- negativni trendovi za ljetni Rx3d, Rx4d i Rx5d na postaji **Zagreb Bijenik** za razdoblje 1961.-2017.
- negativni trendovi za ljetni Rx2d i Rx3d na postaji **Zagreb Bijenik** za razdoblje 1981.-2010.
- pozitivni trendovi za jesenski Rx2d, Rx3d, Rx4d i Rx5d na postaji **Poreč** za razdoblje 1981.-2010.
- pozitivni trendovi za jesenski Rx1d i Rx3d na postaji **Pula** i razdoblje 1961.-2017.
- pozitivni trendovi za jesenski Rx1d, Rx2d, Rx3d, Rx4d i Rx5d na postaji **Pula** za razdoblje 1981.-2010.
- pozitivni trendovi na godišnjoj skali za Rx2d, Rx3d, Rx4d i Rx5d na postaji **Pula** za razdoblje 1981.-2010.
- pozitivni trendovi na godišnjoj skali za Rx1d, Rx3d i Rx4d na postaji **Abrami** za razdoblje 1981.-2010.
- pozitivan trend na godišnjoj skali za Rx2d na postaji **Grdinići** za razdoblje 1981.-2010.

Generalno, na zagrebačkom području za dulje razdoblje 1961.-2017. (dostupno za **Zagreb Maksimir, Zagreb Grič** i **Zagreb Bijenik**) javlja se sustavan trend (iako uglavnom statistički neznačajan) sa sljedećim obrascem: za *ljetno* negativni trendovi za sve duljine trajanja, za *jesen* i *zimu* pozitivni trendovi za sve duljine trajanja, dok se za *proljeće* i na *godišnjoj* razini bilježe trendovi oba predznaka uz dominaciju pozitivnog. Istovremeno, na istarskom području za razdoblje 1961.-2017. (dostupno za **Pulu** i **Pazin**) tijekom *ljeta* se bilježi negativan trend za sve duljine trajanja, tijekom *jeseni* se za postaju **Pula** javlja isključivo pozitivan trend a za postaju **Pazin** isključivo negativan trend, tijekom *zime* dominira pozitivan trend, tijekom *proljeća* dominira negativan trend a na godišnjoj se razini ponovno bilježe isključivo pozitivni trendovi za **Pulu** i negativni trendovi za **Pazin**.

Slike od 5.1.4 do 5.1.8 prikazuju vremenske nizove za svih pet duljina trajanja oborinskog razdoblja na zagrebačkom području, a slike od 5.1.9 do 5.1.16 iste veličine na istarskom području. Za sve postaje su prikazani vremenski nizovi maksimalnih količina oborina na sezonskim skalama te na godišnjoj skali na temelju dostupnih mjerenja za razdoblje 1961.-2017.

Tablica 5.1.8 Linearni trend i Senov nagib (mm/god) za 13 odabranih postaja na zagrebačkom i istarskom području za maksimalne višednevne količine oborina (Rx1d, Rx2d, Rx3d, Rx4d i Rx5d) na sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) i godišnjoj (GOD) skali. Korišteni su dostupni podaci za dva razdoblja: 1961.-2017. te 1981.-2010. prema dostupnosti na pojedinoj postaji. Statistički značajni trendovi prema Mann-Kendall-ovom neparametarskom testu na nivou značajnosti 5% su označeni masno/bold.

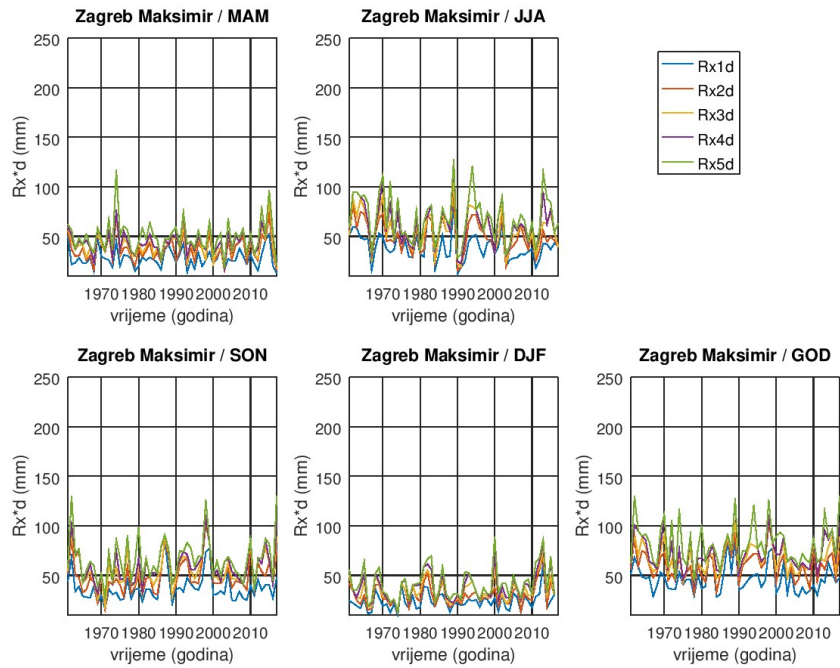
ZAGREB MAKSMIR										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	-0.02	-2.22	0.73	1.14	-0.76	-0.12	-3.83	-1.95	-2.29	-6.42
Rx2d	0.19	-2.67	2.24	1.17	-0.02	0.95	-3.18	1.51	-2.95	-2.50
Rx3d	0.28	-2.42	1.77	1.47	0.43	0.80	-3.34	1.31	-2.78	-1.55
Rx4d	0.43	-2.14	1.45	1.74	0.52	0.09	-4.28	0.12	-2.89	-2.69
Rx5d	-0.23	-1.89	1.32	1.91	0.05	-1.81	-3.54	0.24	-3.13	-1.47
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	0.06	-2.34	0.70	1.08	-0.92	0.06	-1.25	-1.67	-2.25	-5.75
Rx2d	0.27	-2.73	1.78	0.79	-0.13	1.33	-3.13	0.62	-1.83	-3.00
Rx3d	-0.05	-2.49	1.18	1.02	0.48	1.14	-2.82	-0.70	-2.12	-1.22
Rx4d	0.01	-2.43	1.45	1.39	0.21	0.22	-4.05	-1.50	-1.77	-3.75
Rx5d	-0.43	-2.55	1.36	1.35	-0.17	-2.33	-3.87	-1.33	-1.00	-1.67
ZAGREB GRIČ										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	0.12	-1.43	1.21	0.78	-0.21	0.47	1.48	-2.15	-2.21	-2.53
Rx2d	0.34	-2.09	2.75	0.59	0.16	2.61	-0.24	2.66	-4.45	-1.67
Rx3d	0.45	-2.86	2.48	0.75	0.38	1.21	-0.22	2.76	-4.02	-0.60
Rx4d	0.47	-2.60	1.80	1.09	0.49	0.65	0.24	1.74	-4.16	-0.13
Rx5d	0.29	-2.14	1.55	0.91	-0.09	0.46	3.05	1.01	-4.72	1.29
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	0.36	-1.53	1.09	0.55	-0.47	0.56	2.67	-2.42	-1.50	-2.07
Rx2d	0.76	-1.88	2.28	0.22	0.19	3.69	0.60	2.25	-3.00	-1.10
Rx3d	0.21	-2.41	2.14	0.40	0.93	1.40	0.79	1.89	-4.13	0.40
Rx4d	0.22	-2.13	1.76	0.54	0.86	1.00	1.64	0.26	-3.36	0.31
Rx5d	1.03	-1.76	1.71	0.42	0.29	0.86	5.48	0.65	-2.56	1.42

PUNTIJARKA										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					2.32	-3.13	-0.03	-2.21	-3.51
Rx2d						1.71	-5.01	8.16	-3.37	3.60
Rx3d						0.42	-6.43	10.75	-5.51	3.87
Rx4d						1.30	-7.48	9.53	-8.12	1.22
Rx5d						-1.53	-5.38	8.19	-8.29	1.10
Senov trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					1.45	-0.11	-0.26	-2.41	-2.33
Rx2d						1.61	-4.73	6.25	-3.27	2.30
Rx3d						3.00	-4.84	6.00	-5.63	2.22
Rx4d						5.40	-5.41	6.36	-7.97	0.74
Rx5d						1.88	-4.24	5.75	-8.14	2.41
ZAGREB BIJENIK										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	0.27	-0.61	0.68	1.01	-0.15	-0.12	-1.73	-3.94	-1.71	-5.17
Rx2d	0.20	-2.54	2.97	1.06	0.46	1.89	-6.69	2.25	-2.72	-2.37
Rx3d	0.41	-3.70	3.75	1.28	0.94	0.56	-7.30	3.62	-2.59	-1.35
Rx4d	0.65	-3.12	2.95	1.74	0.95	1.23	-7.62	2.46	-3.16	-1.41
Rx5d	0.63	-3.18	2.48	1.62	0.74	1.51	-6.79	1.85	-3.90	-0.68
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	0.10	-0.31	0.73	1.00	-0.27	-0.30	0.17	-5.80	-0.63	-3.92
Rx2d	-0.09	-2.65	2.99	0.67	-0.13	2.18	-6.50	1.86	-1.52	-2.82
Rx3d	0.15	-3.69	3.34	0.96	-0.19	0.86	-6.65	1.87	-1.68	-1.73
Rx4d	0.80	-3.45	2.77	1.50	0.25	1.62	-7.33	0.77	-1.25	-1.67
Rx5d	1.46	-3.14	2.53	1.53	0.42	2.80	-7.04	1.21	-0.64	-0.55
ZAGREB BORČEC										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>				
Rx2d										
Rx3d										
Rx4d										
Rx5d										
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>				
Rx2d										
Rx3d										
Rx4d										
Rx5d										

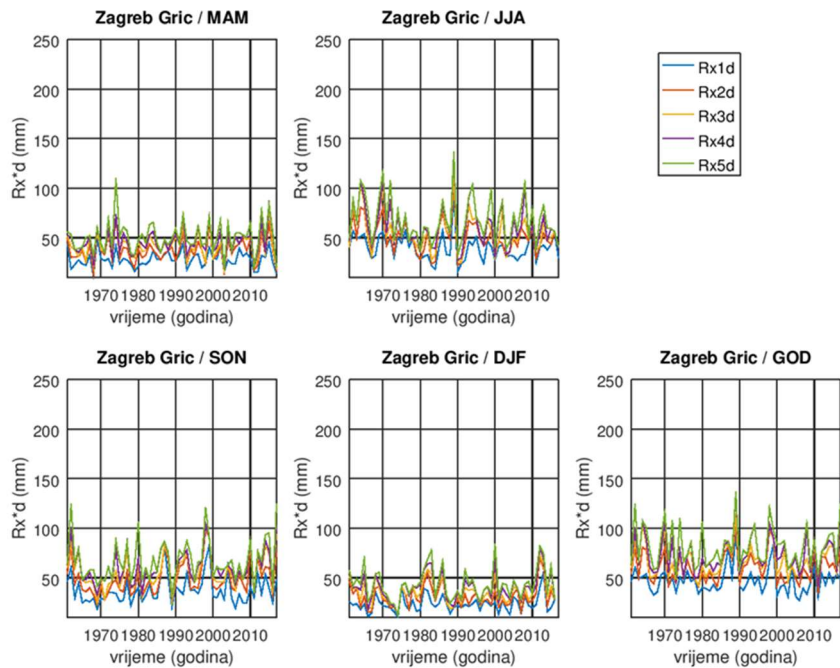
POREČ										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					0.62	-4.06	5.19	0.42	4.92
Rx2d						-0.71	-8.81	12.47	1.71	8.48
Rx3d						-2.17	-9.97	14.53	-0.16	7.88
Rx4d						-2.93	-9.06	15.45	0.41	4.28
Rx5d						-3.00	-8.20	16.28	0.94	5.14
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					-0.68	-2.92	2.95	-0.35	4.67
Rx2d						-2.31	-8.90	11.77	0.78	9.89
Rx3d						-3.83	-10.07	14.10	-0.24	8.50
Rx4d						-3.90	-7.56	15.90	-0.40	6.67
Rx5d						-4.00	-7.44	18.81	0.00	5.07
PULA										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	0.68	-1.74	4.84	-0.22	3.17	1.18	0.31	15.92	-4.77	10.82
Rx2d	0.46	-1.86	5.56	-0.34	3.88	-0.70	0.11	19.42	-3.76	14.46
Rx3d	-0.02	-1.33	5.24	0.32	3.29	-2.28	0.93	19.66	-4.36	14.58
Rx4d	-0.09	-1.07	4.90	0.80	2.70	-3.14	0.98	21.76	-3.74	14.77
Rx5d	0.01	-0.22	4.49	0.71	1.90	-2.55	2.79	23.31	-4.04	15.27
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	0.74	-1.79	3.96	0.18	2.05	0.25	0.70	12.33	-4.82	7.87
Rx2d	0.35	-1.79	4.65	-0.20	2.85	-1.20	2.00	17.32	-4.57	12.00
Rx3d	0.05	-1.07	4.56	-0.07	2.78	-2.65	1.29	18.50	-5.33	13.81
Rx4d	-0.05	-0.87	4.53	0.60	2.80	-2.80	1.00	20.45	-3.10	14.43
Rx5d	0.48	0.02	3.98	-0.05	1.18	-1.67	2.76	22.33	-2.95	15.62
ABRAMI										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					-1.67	2.07	4.86	3.77	8.29
Rx2d						0.21	3.08	6.85	6.99	11.61
Rx3d						-2.75	2.24	10.84	5.98	13.94
Rx4d						-2.75	4.50	9.63	6.64	11.21
Rx5d						-3.69	2.60	9.76	5.95	8.71
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					-3.16	1.72	1.33	3.43	7.14
Rx2d						-1.33	1.33	4.11	6.27	10.09
Rx3d						-3.08	1.50	9.80	6.14	13.21
Rx4d						-2.29	4.05	10.18	6.96	11.84
Rx5d						-2.36	2.00	9.93	5.29	8.23

PAZIN										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	-1.46	-0.75	-1.09	0.49	-2.03	3.73	8.61	7.41	2.05	5.94
Rx2d	-1.21	-1.45	-0.89	1.37	-1.40	3.49	5.57	8.45	5.28	8.98
Rx3d	-1.73	-1.80	-2.09	0.65	-2.80	3.05	4.54	8.83	6.03	6.57
Rx4d	-1.70	-1.24	-2.57	1.19	-3.02	0.59	3.64	8.73	6.11	5.21
Rx5d	-2.61	-1.88	-2.76	1.05	-3.70	-2.06	1.60	8.63	4.09	2.57
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	-0.38	-1.04	-1.88	0.65	-2.30	3.79	7.55	8.00	4.18	6.00
Rx2d	-0.63	-1.05	-1.89	1.17	-1.37	3.61	4.53	7.80	3.08	6.18
Rx3d	-1.00	-1.57	-1.67	0.15	-2.06	2.86	4.50	11.19	5.20	7.50
Rx4d	-1.09	-1.09	-1.74	0.43	-2.74	1.33	4.37	12.57	4.30	5.64
Rx5d	-2.16	-1.64	-2.59	0.45	-3.85	-1.33	2.50	9.60	3.47	2.25
LETAJ BRANA										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					0.58	-0.30	-3.45	5.17	0.66
Rx2d						-1.44	-1.85	0.37	8.72	5.34
Rx3d						-2.24	3.29	1.77	9.71	8.73
Rx4d						-2.43	5.81	3.98	9.90	10.23
Rx5d						-0.99	4.56	3.96	8.46	9.75
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					0.21	-2.00	0.17	4.56	4.64
Rx2d						-1.50	-2.08	3.86	6.17	7.55
Rx3d						-2.38	-2.00	2.85	7.44	10.09
Rx4d						-2.25	1.50	4.18	5.51	11.14
Rx5d						-1.92	-1.50	3.11	5.88	11.05
BOTONEGA										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>				
Rx2d										
Rx3d										
Rx4d										
Rx5d										
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>				
Rx2d										
Rx3d										
Rx4d										
Rx5d										

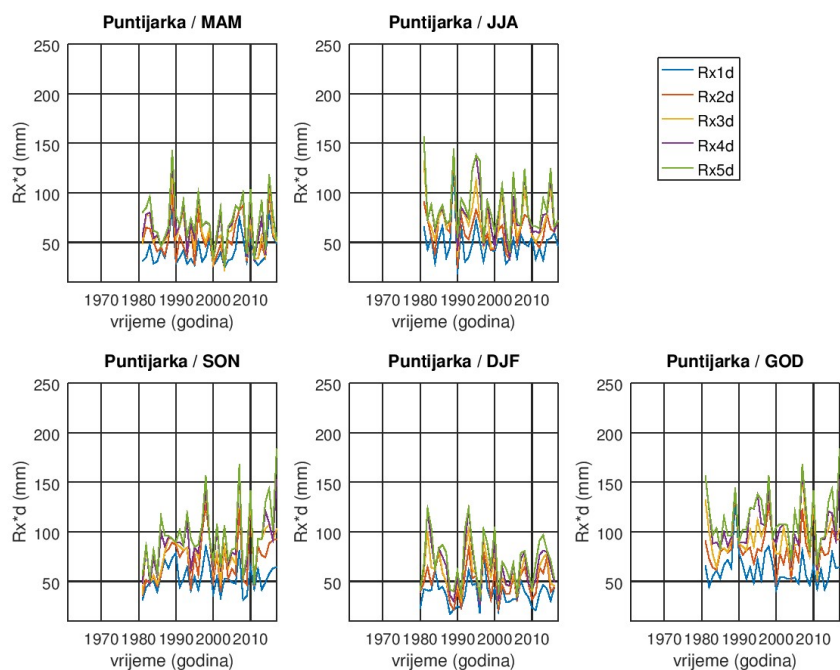
CELEGA										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					0.51	-3.81	3.96	0.07	5.60
Rx2d						-0.32	-9.91	9.32	2.10	5.73
Rx3d						-3.63	-10.29	12.35	1.46	7.31
Rx4d						-4.46	-9.63	13.04	1.97	6.77
Rx5d						-5.02	-11.03	12.25	1.44	5.28
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					-1.44	-5.25	0.73	-0.35	4.46
Rx2d						-2.11	-9.14	6.43	1.26	2.89
Rx3d						-5.10	-8.00	9.72	1.61	6.33
Rx4d						-4.12	-8.33	11.25	1.50	6.13
Rx5d						-4.33	-11.09	12.33	1.76	4.70
GRDINIĆI										
linearni trend (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					1.99	6.96	1.30	1.68	7.13
Rx2d						0.19	3.24	5.23	7.15	13.32
Rx3d						-3.22	4.17	4.85	5.36	9.83
Rx4d						-2.50	7.22	4.15	4.02	6.20
Rx5d						-4.95	5.73	5.69	3.36	4.77
Senov nagib (mm/10 god)	Prema dostupnim podacima iz 1961.-2017.					Prema dostupnim podacima iz 1981.-2010.				
	MAM	JJA	SON	DJF	God	MAM	JJA	SON	DJF	God
Rx1d	<i>Analiza trenda nije pouzdana zbog kratkoće dostupnog niza mjerenja.</i>					2.45	2.22	2.45	1.90	3.85
Rx2d						0.85	-1.67	7.86	3.89	10.50
Rx3d						-2.87	-2.50	8.22	2.33	8.67
Rx4d						-1.76	0.24	7.40	1.59	7.18
Rx5d						-6.10	-1.87	9.90	-0.15	3.18



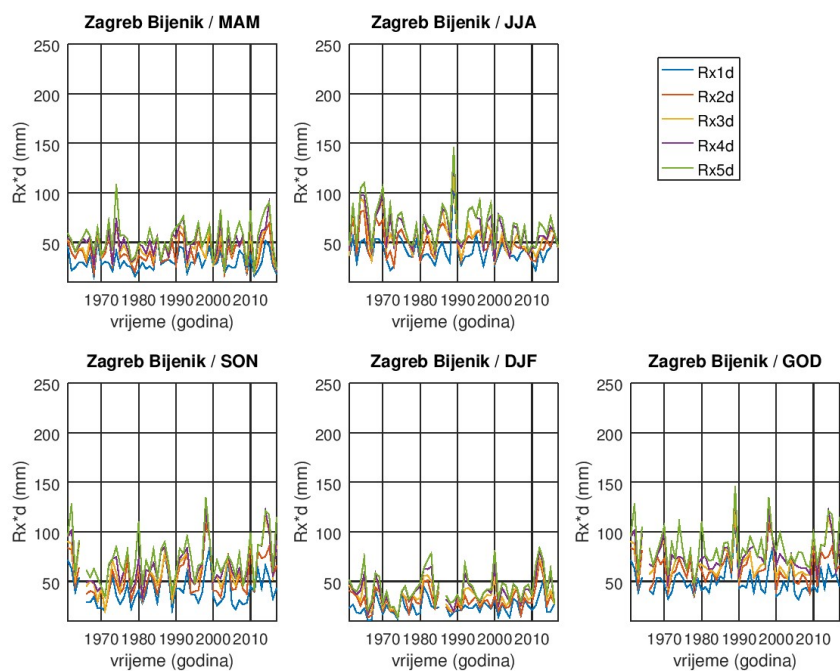
Slika 5.1.4 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Zagreb Maksimir



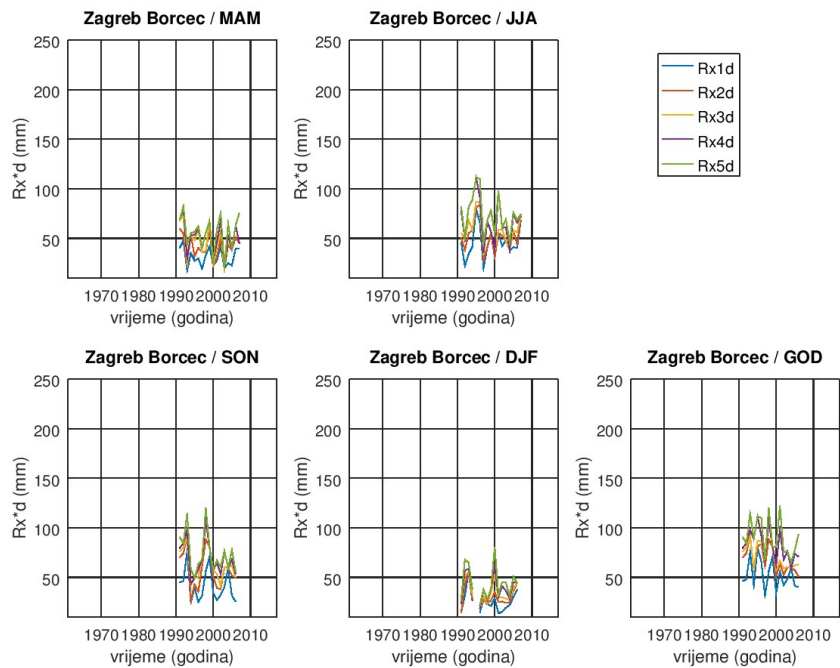
Slika 5.1.5 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Zagreb Grič.



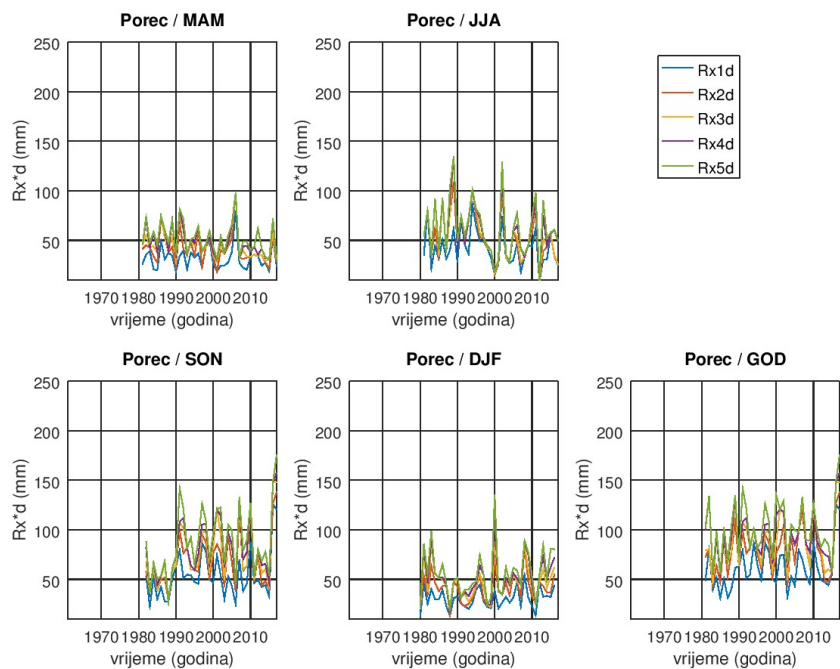
Slika 5.1.6 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Puntijarka.



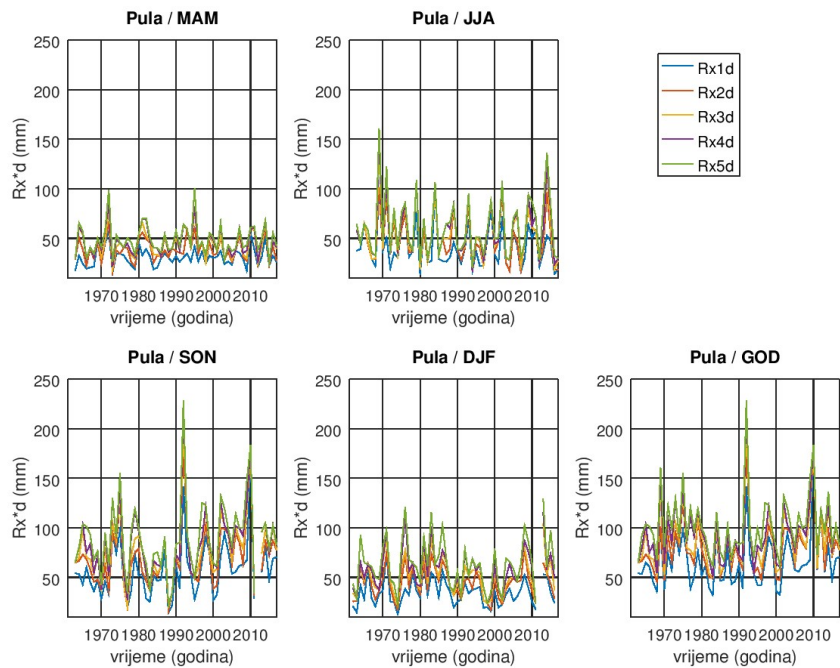
Slika 5.1.7 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Zagreb Bijenik.



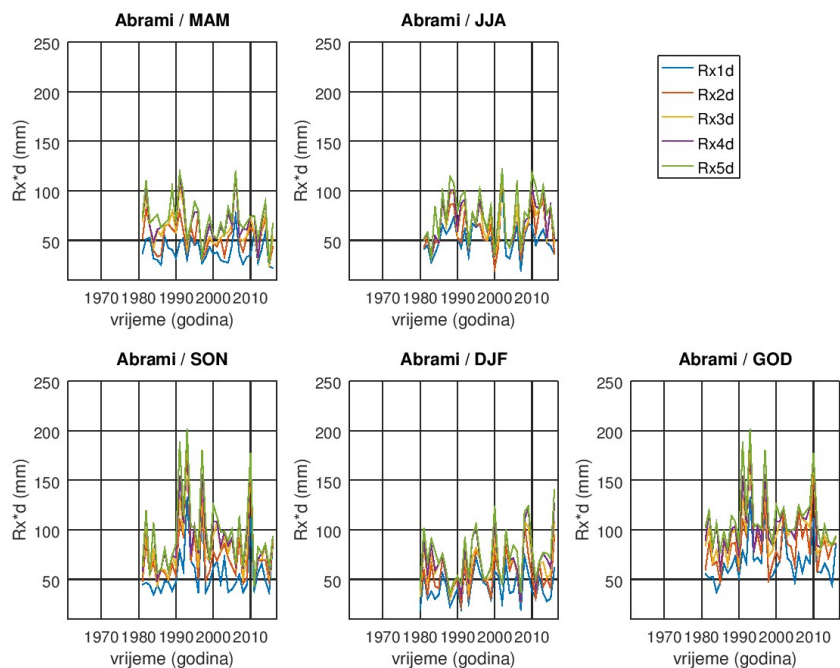
Slika 5.1.8 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Zagreb Borčec.



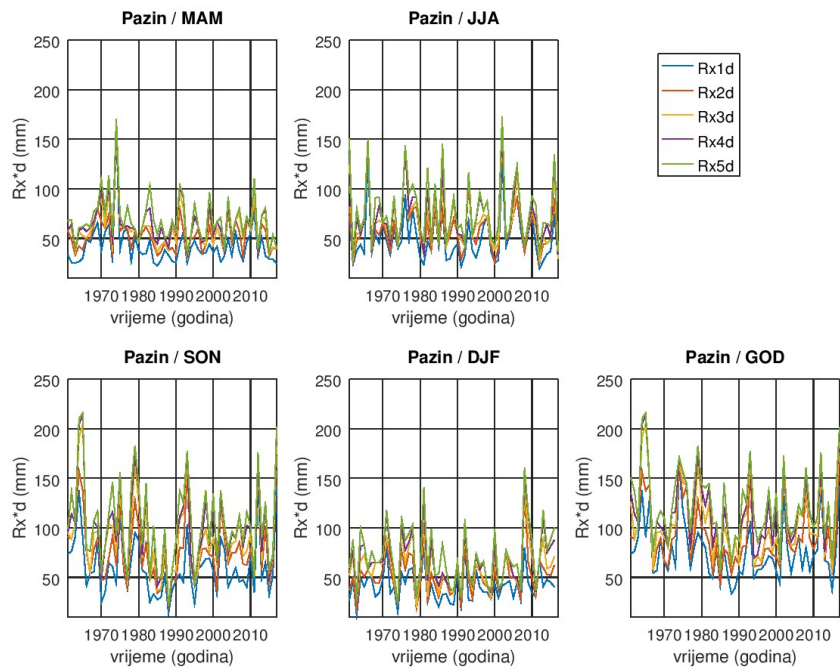
Slika 5.1.9 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Poreč.



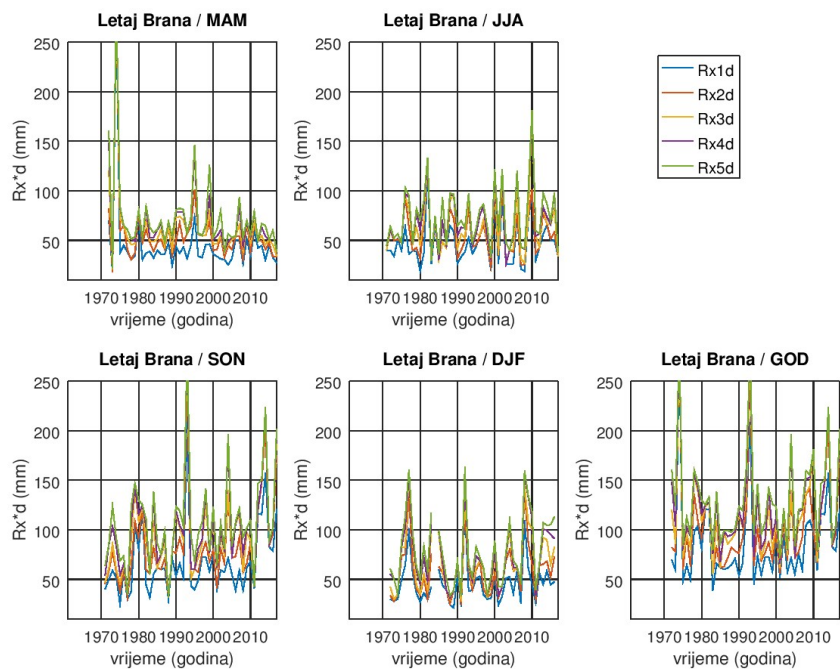
Slika 5.1.10 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Pula.



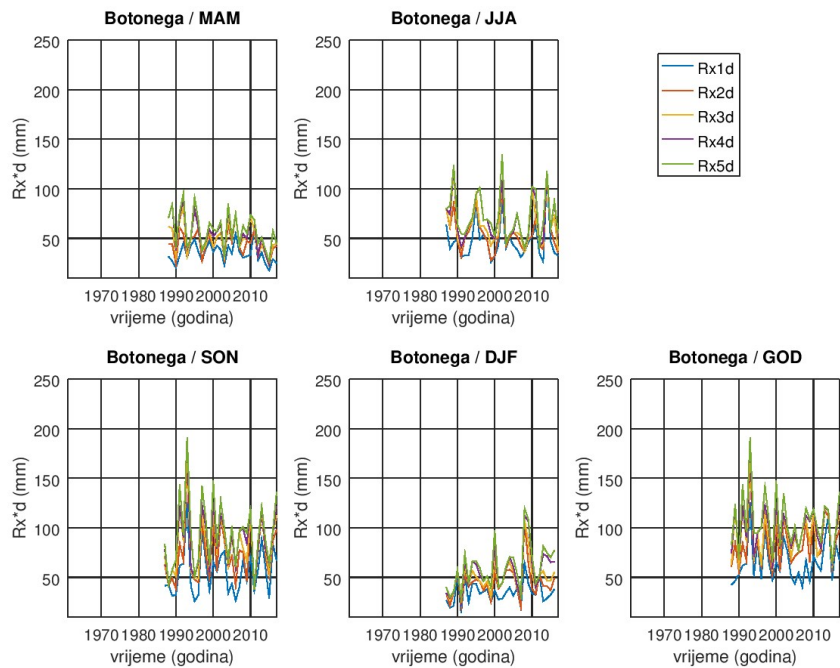
Slika 5.1.11 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Abrami.



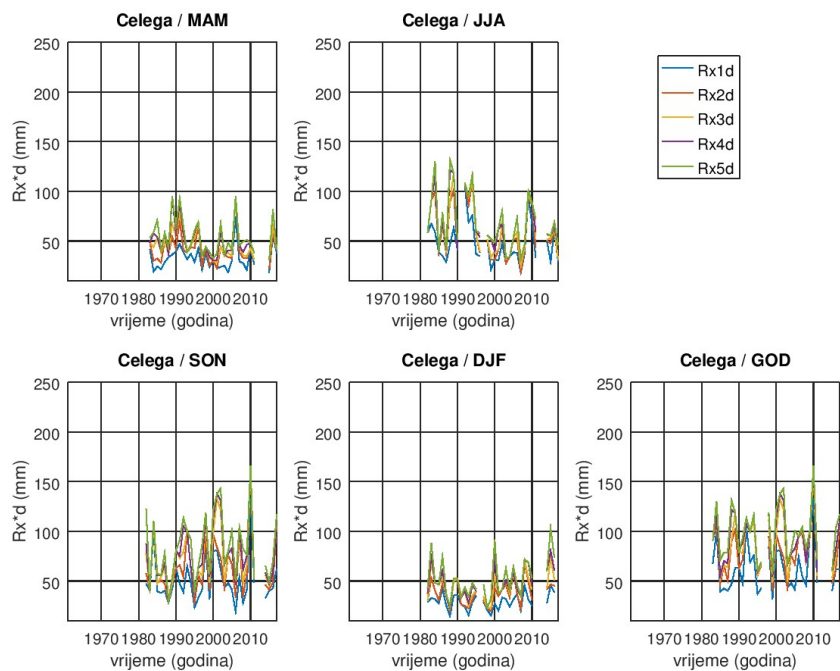
Slika 5.1.12 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Pazin.



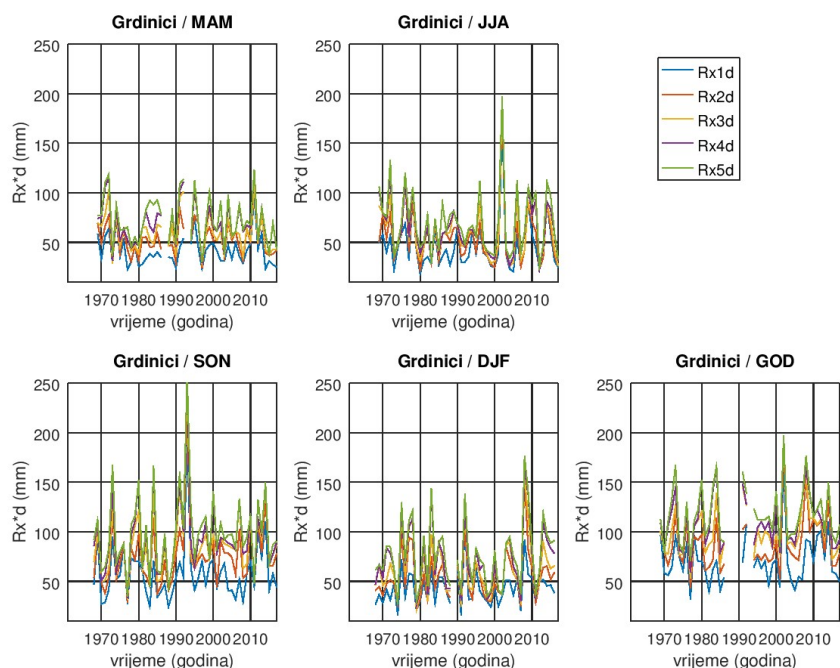
Slika 5.1.13 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Letaj Brana.



Slika 5.1.14 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Botonega.



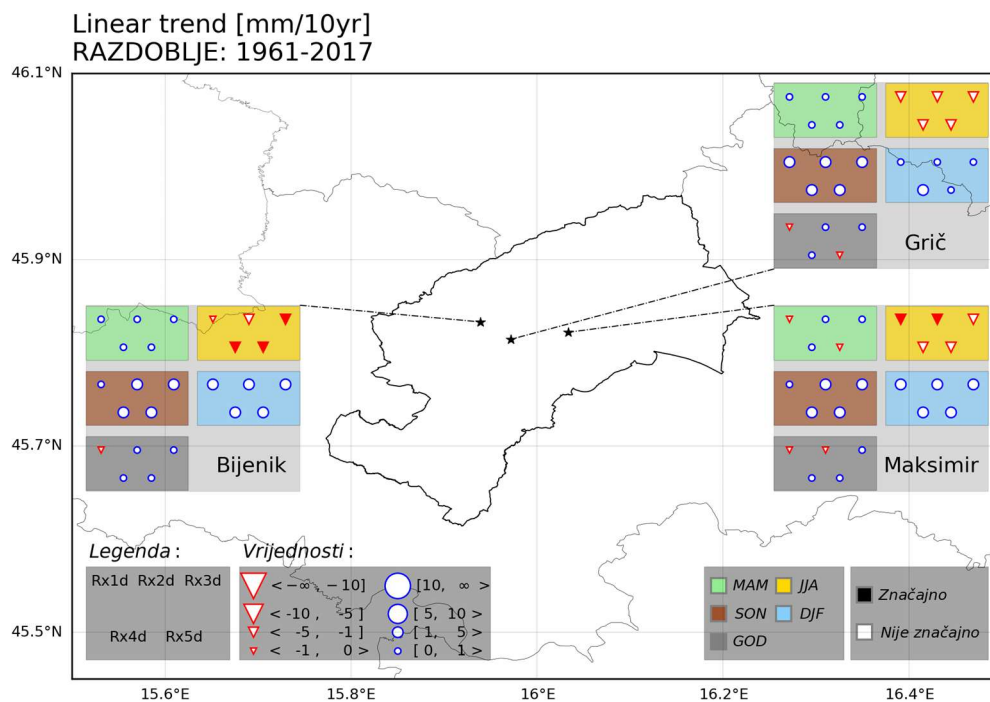
Slika 5.1.15 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju Celega.



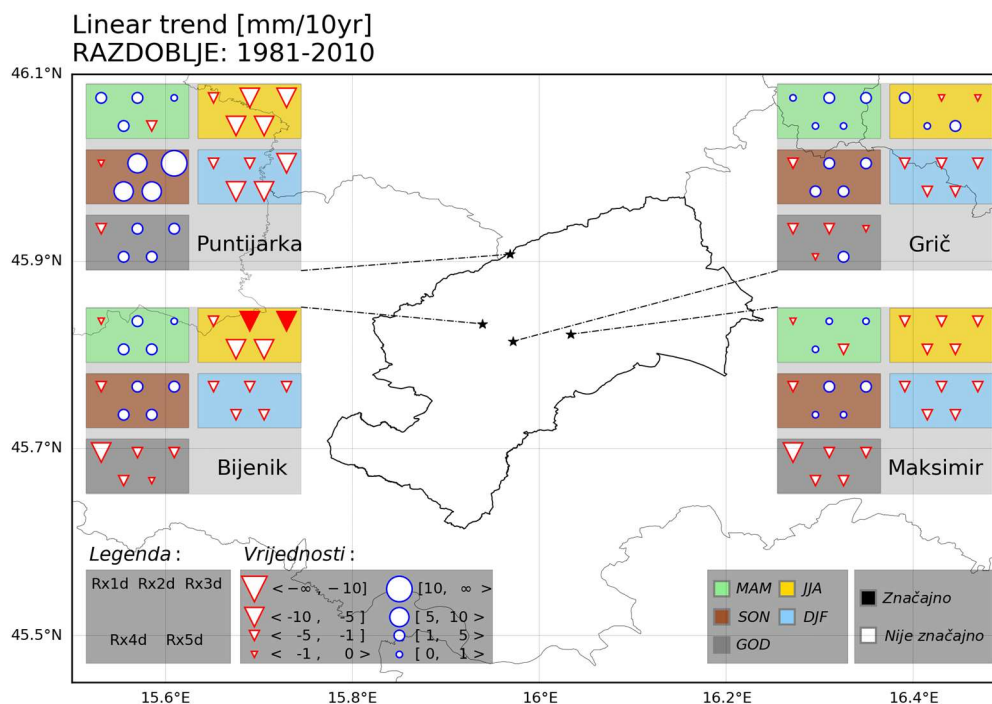
Slika 5.1.16 Vremenski nizovi maksimalnih višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3, Rx4 i Rx5) na godišnjoj (GOD) i sezonskim (MAM: proljeće, JJA: ljeto, SON: jesen, DJF: zima) skalama za postaju

Na Slikama 5.1.17 - 5.1.20 su dodatno sažeti rezultati analize trendova za dva područja i dva promatrana razdoblja, uzimajući u obzir godišnje i sezonske vrijednosti višednevnih oborina. Diskusija rezultata odgovara diskusiji Tablice 5.1.8.

Radi bolje uočljivosti, na Slikama 5.1.21 - 5.1.24. izdvojeni su samo rezultati analize godišnjih trendova višednevnih oborina na analiziranim pilot područjima za zajedničko najdulje razdoblje (1961.-2017.), pri čemu su iskazani dobiveni rezultati za linearni i Senov (1968) nagib linije trenda, koji je robustniji i manje podložan utjecajima ekstremnih pojedinačnih vrijednosti. Vidljivo je da niti za jedan analizirani slučaj višednevnih oborina tijekom dugotrajnijeg analiziranog razdoblja nije uočen statistički značajan trend.

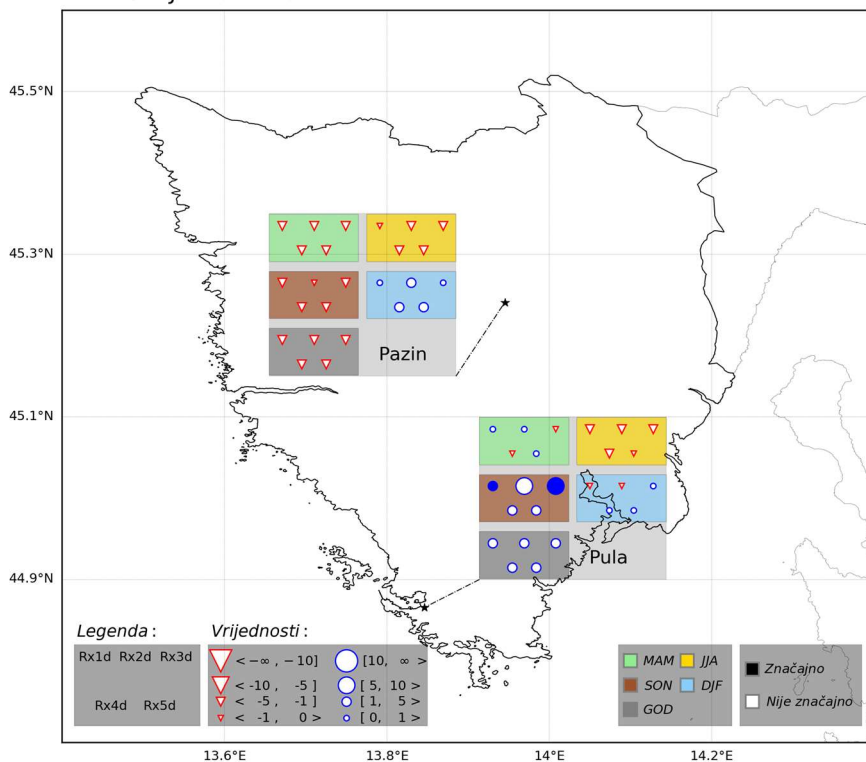


Slika 5.1.17 Sažeti prikaz rezultata analize linearnih trendova za zagrebačko područje za dostupna mjerenja u razdoblju 1961.-2017. Za svaku lokaciju prikazane su vrijednosti trendova višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3d (prvi red unutar pojedinog pravokutnika), Rx4d i Rx5d (drugi red unutar pojedinog pravokutnika) na godišnjoj (GOD; siva pozadina) i sezonskoj skali (MAM: proljeće (zelena pozadina), JJA: ljeto (žuta pozadina), SON: jesen (smeđa pozadina), DJF: zima (plava pozadina)). Pozitivni trendovi su označeni plavim kružićima, negativni trendovi su označeni crvenim trokutićima. Statistički značajni trendovi su označeni pripadnim ispunjenim simbolima.



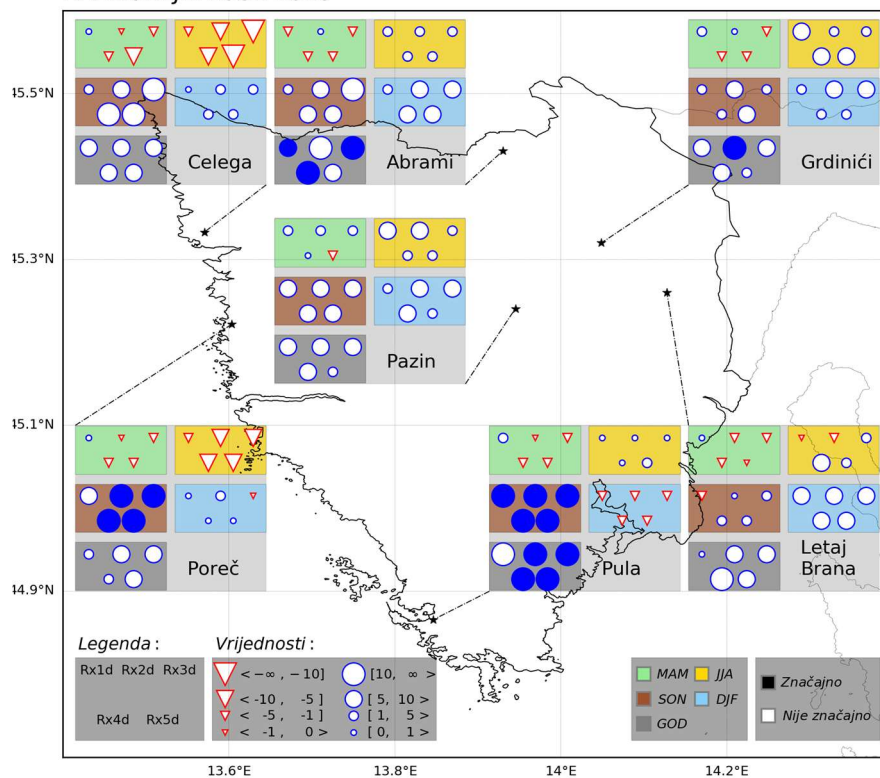
Slika 5.1.18 Sažeti prikaz rezultata analize linearnih trendova za zagrebačko područje za dostupna mjerenja u razdoblju 1961.-2017. Opis kao na slici 5.1.17, samo za razdoblje 1981.-2010.

Linear trend [mm/10yr]
RAZDOBLJE: 1961-2017

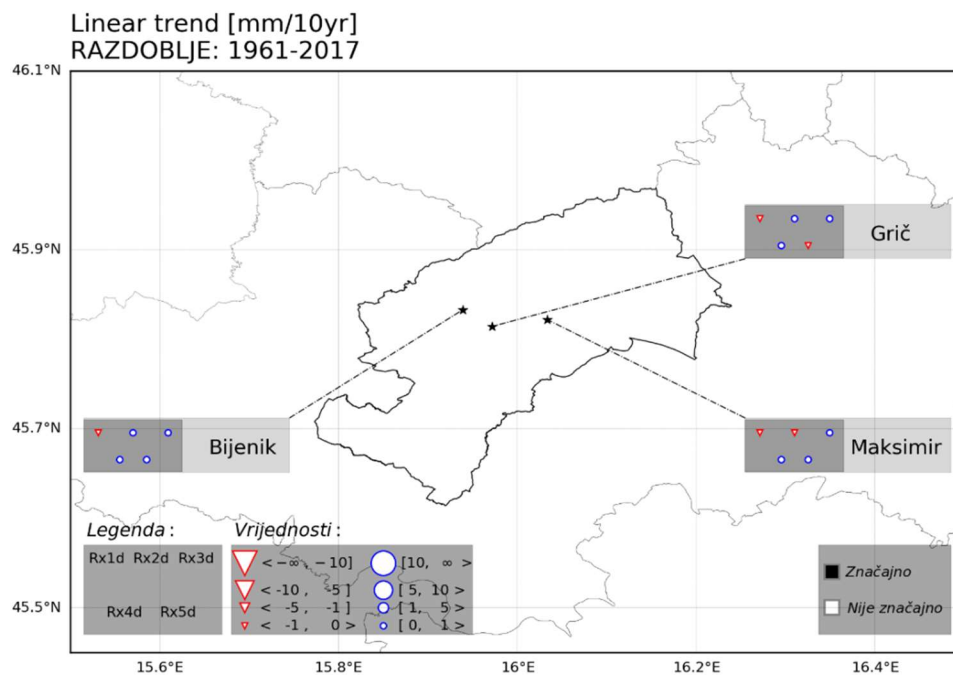


Slika 5.1.19 Sažeti prikaz rezultata analize linearnih trendova za područje Istre za dostupna mjerenja u razdoblju 1961.-2017. Opis kao na slic 5.1.17, samo za područje Istre.

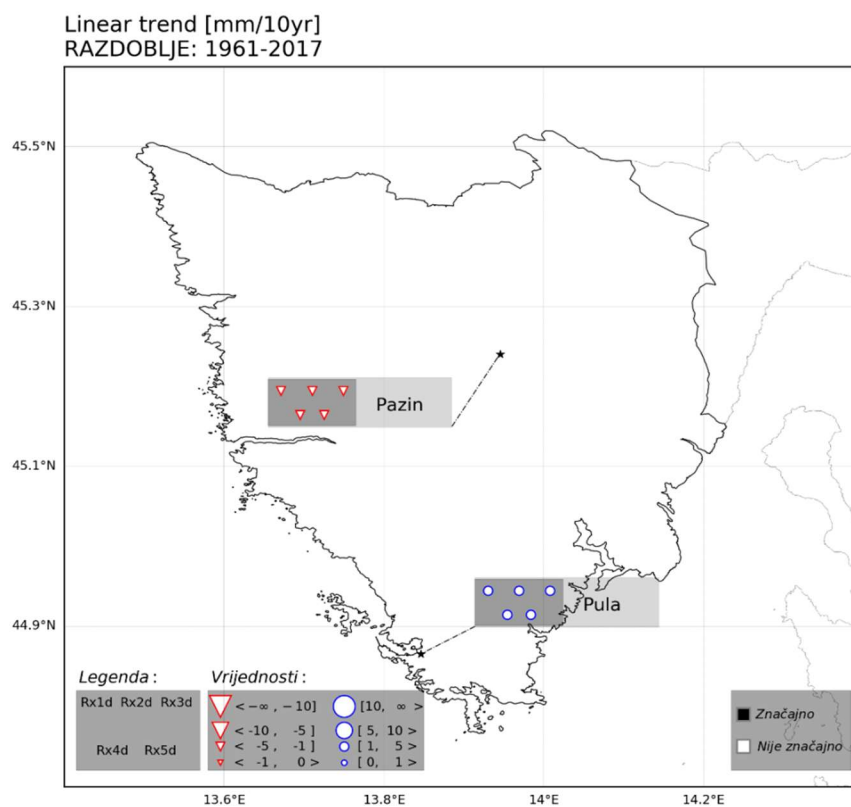
Linear trend [mm/10yr]
RAZDOBLJE: 1981-2010



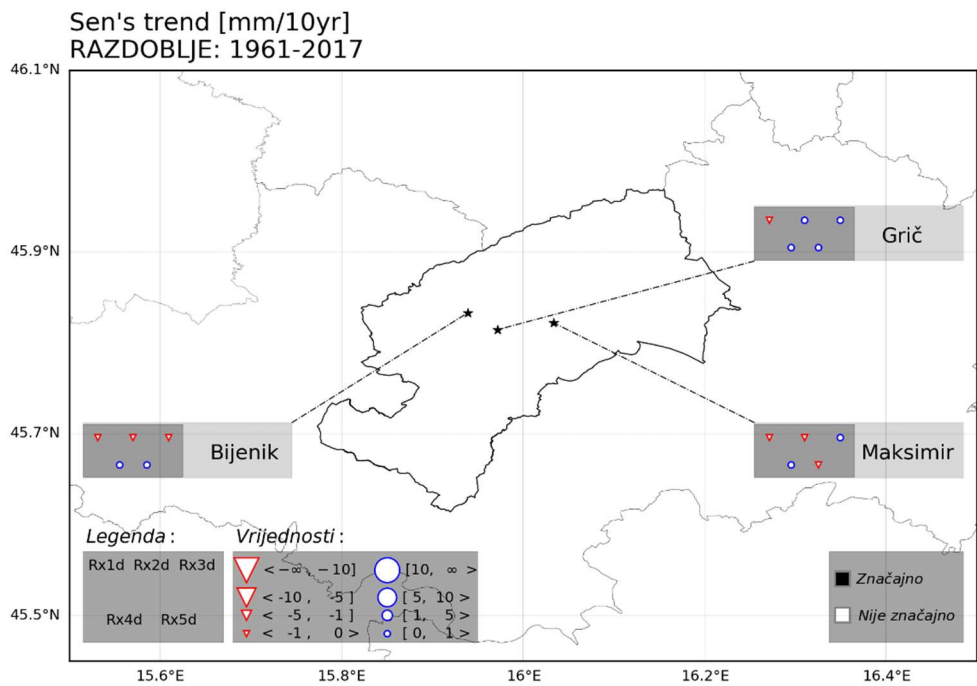
Slika 5.1.20 Sažeti prikaz rezultata analize linearnih trendova za područje Istre za dostupna mjerenja u razdoblju 1981.-2010. Opis kao na slic 5.1.17, samo za područje Istre.



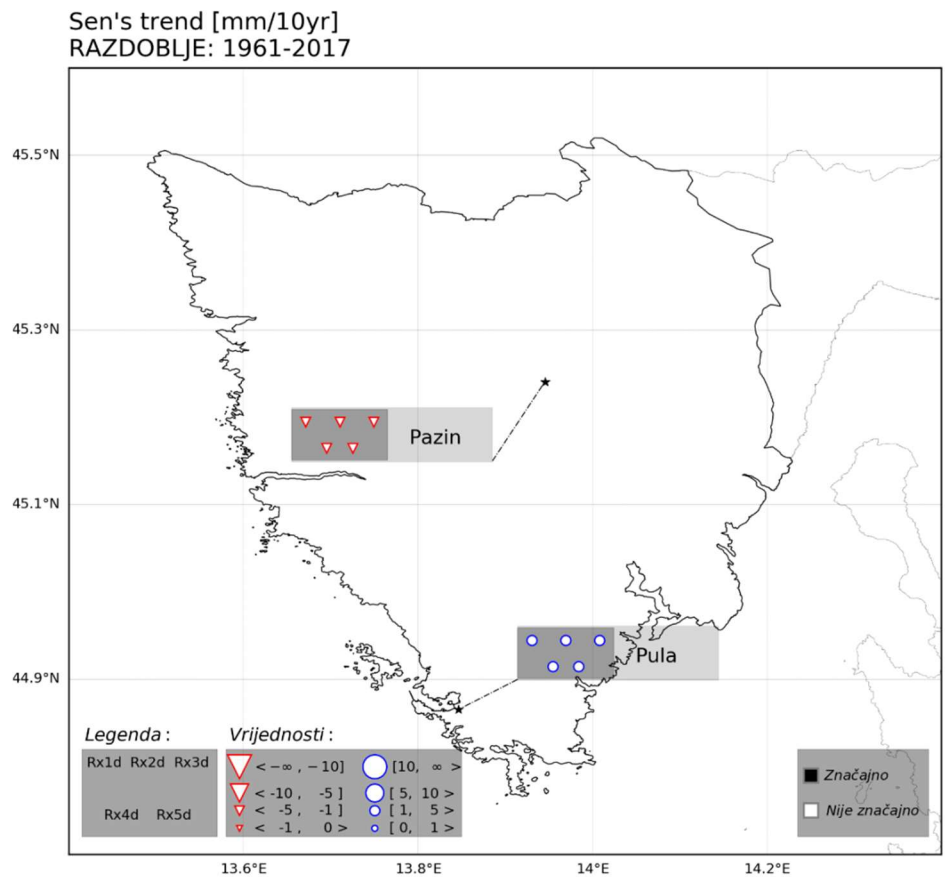
Slika 5.1.21 Sažeti prikaz rezultata analize linearnih trendova za zagrebačko područje za dostupna mjerenja u razdoblju 1961.-2017. Za svaku lokaciju prikazane su vrijednosti trendova višednevnih količina oborine (Rx1d, Rx2d, Rx3d (prvi red unutar pojedinog pravokutnika), Rx4d i Rx5d (drugi red unutar pojedinog pravokutnika) na godišnjoj skali. Pozitivni trendovi su označeni plavim kružićima, negativni trendovi su označeni crvenim trokutićima. Statistički značajni trendovi su označeni pripadnim ispunjenim simbolima



Slika 5.1.22 Sažeti prikaz rezultata analize linearnih trendova za područje Istre za dostupna mjerenja u razdoblju 1961.-2017. Opis slike odgovara opisu danom na slici 5.1.21



Slika 5.1.23 Sažeti prikaz rezultata analize Senovih nagiba trendova za zagrebačko područje za dostupna mjerenja u razdoblju 1961.-2017. Opis slike odgovara opisu danom na slici 5.1.21



Slika 5.1.24 Sažeti prikaz rezultata analize Senovih nagiba trendova za područje Istre za dostupna mjerenja u razdoblju 1961.-2017. Opis slike odgovara opisu danom na slici 5.1.21

5.2. Definiranje HTP krivulja za odabrane ombrografske postaje

5.2.1. HTP krivulje

Na temelju provedenih analiza u točki 5.1., definirane su i HTP krivulje za odabrane ombrografske postaje na području Istre kao i Zagrebačkom području. Definirane su na način da su kao mjerodavni uzeti rezultati obrada godišnjih nizova ekstrema. Iako je provedenim obradama utvrđeno da u nekim slučajevima ulazni podaci sadržani u vidu modificiranih nizova ekstrema daju veće vrijednosti, isti ipak nisu uzeti prilikom definiranja HTP krivulja iz razloga nepostojanja tako izdvojenih vrijednosti po čitavoj amplitudi trajanja kratkotrajnih jakih oborina, uslijed čega bi se javile i metodološke nedosljednosti primjene takvog postupka. Za primjenu takvih postupaka nužno bi bilo rekonstruirati cjelokupnu programsku podršku postojeće baze podataka DHMZ-a o zabilježenim kratkotrajnim oborina.

Izjednačenje odabranih funkcija HTP krivulja na proračunate vrijednosti maksimalnih visina oborina određenog trajanja i povratnog perioda, ukoliko nije bilo moguće sa zadovoljavajućom točnošću biti provedeno unutar cjelokupnog trajanja 10 minuta - 24 sata, provedeno vodeći računa o značajkama pojave intenzivnih oborina za dva karakteristična trajanja – do i nakon 1-2 sata, odnosno vremenske intervale kraćih i duljih trajanja oborina, s određivanjem njihovog presjecišnog vremena „tp“. Analitički prikazi rezultirajućih HTP krivulja za odabrana pilot područja dani su u Tablicama 5.2.1. i 5.2.2., kao i na Slikama 5.2.1. – 5.2.13.

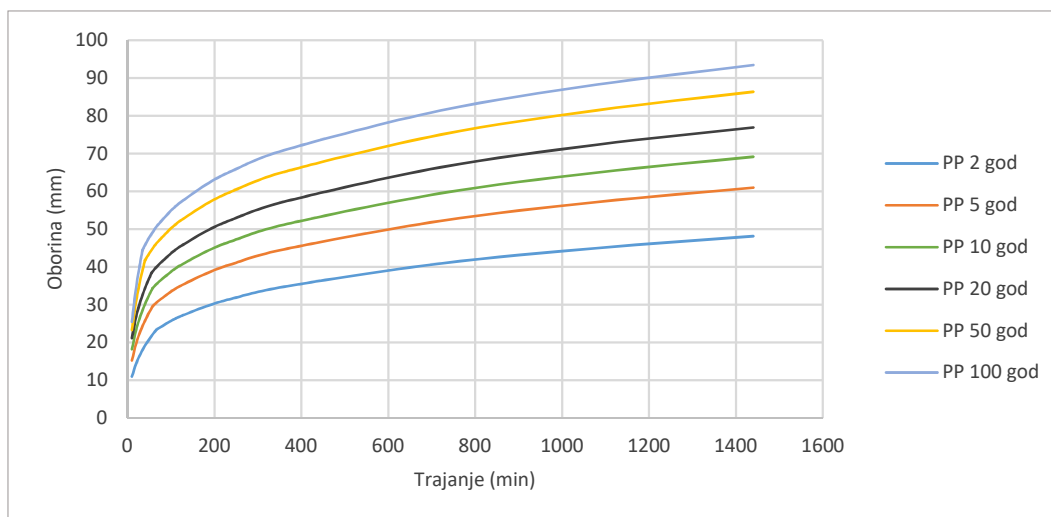
Tablica 5.2.1. Analitički prikaz HTP – krivulja za postaje na području Zagreba

Povratni period	HTP krivulja	tp	HTP krivulja
	(10 min < t < tp)	(sati)	(tp < t < 24 sata)
ZG MAKSIMIR			
2-god	4,4009 · t ^{0,3983}	1,10	8,7319 · t ^{0,2348}
5-god	6,4303 · t ^{0,3762}	0,97	11,896 · t ^{0,2248}
10-god	7,9207 · t ^{0,3622}	0,96	14,254 · t ^{0,2172}
20-god	9,4682 · t ^{0,3491}	0,93	16,368 · t ^{0,2128}
50-god	8,8947 · t ^{0,4186}	0,67	19,705 · t ^{0,2032}
100-god	9,0784 · t ^{0,4483}	0,58	21,952 · t ^{0,1992}
ZG GRIČ			
2-god	4,0463 · t ^{0,4104}	1,04	7,7989 · t ^{0,2517}
5-god	5,6175 · t ^{0,4097}	1,00	11,552 · t ^{0,2336}
10-god	6,7671 · t ^{0,4068}	1,03	14,613 · t ^{0,2199}
20-god	7,9588 · t ^{0,403}	1,01	17,511 · t ^{0,2108}
50-god	9,6411 · t ^{0,397}	0,99	21,532 · t ^{0,2001}
100-god	11,013 · t ^{0,3919}	0,97	24,756 · t ^{0,1926}
PUNTIJARKA			
2-god	3,8648 · t ^{0,418}	1,41	5,8987 · t ^{0,3227}
5-god	5,6722 · t ^{0,3884}	1,03	7,3148 · t ^{0,3267}
10-god	6,8905 · t ^{0,3776}	0,90	8,6832 · t ^{0,3196}
20-god	8,0671 · t ^{0,3711}	0,88	10,344 · t ^{0,3084}
50-god	9,5951 · t ^{0,3665}	0,89	12,942 · t ^{0,2913}
100-god	10,741 · t ^{0,3652}	0,91	15,273 · t ^{0,2771}
ZG BIJENIK			
2-god	4,4826 · t ^{0,3999}	1,17	9,1892 · t ^{0,2311}
5-god	5,7522 · t ^{0,3967}	1,09	10,887 · t ^{0,2442}
10-god	6,1885 · t ^{0,4086}	1,04	10,842 · t ^{0,2729}
20-god	6,3913 · t ^{0,4249}	0,99	10,166 · t ^{0,3112}
50-god	5,4102 · t ^{0,5053}	0,71	9,08 · t ^{0,3672}
100-god	6,3617 · t ^{0,47}	1,05	7,7964 · t ^{0,4209}
ZG BORČEC			
2-god	5,1484 · t ^{0,3657}	1,16	8,1266 · t ^{0,2582}
5-god	6,6612 · t ^{0,3841}	1,05	12,149 · t ^{0,239}
10-god	7,2117 · t ^{0,4055}	1,01	14,931 · t ^{0,2282}
20-god	7,4989 · t ^{0,429}	1,07	18,494 · t ^{0,2119}
50-god	7,6209 · t ^{0,4612}	1,07	23,002 · t ^{0,196}
100-god	7,5829 · t ^{0,4859}	1,08	26,646 · t ^{0,1846}

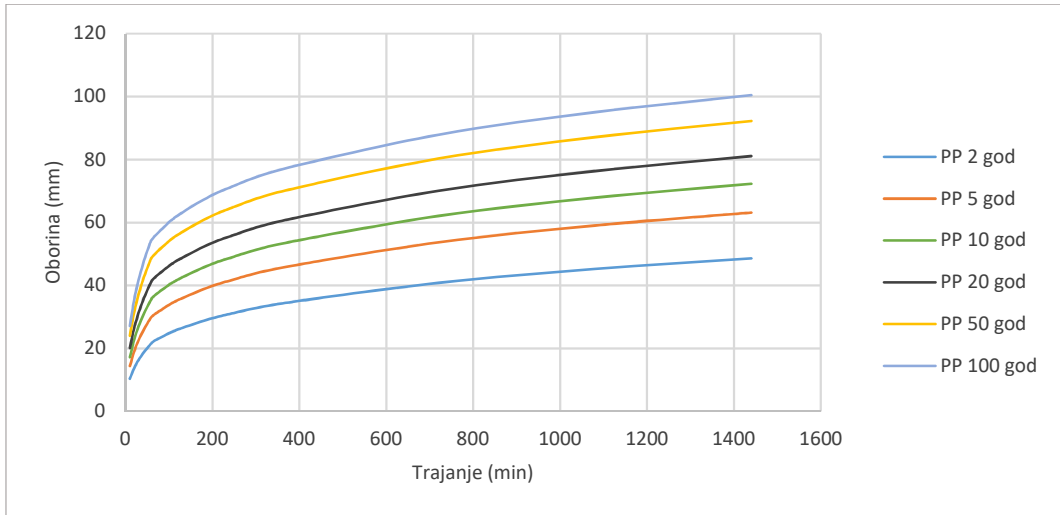
Tablica 5.2.2. Analitički prikaz HTP – krivulja za postaje na području Istre

Povratni period	HTP krivulja	tp	HTP krivulja
	(10 min < t < tp)	(sati)	(tp < t < 24 sata)
POREČ			
2-god	5,0979 · t ^{0,435}	1,44	14,76 · t ^{0,1966}
5-god	6,9339 · t ^{0,4286}	1,55	20,605 · t ^{0,1882}
10-god	7,915 · t ^{0,4347}	1,51	23,855 · t ^{0,1897}
20-god	8,6985 · t ^{0,4446}	1,43	26,475 · t ^{0,1944}
50-god	9,5104 · t ^{0,4612}	1,29	29,156 · t ^{0,2036}
100-god	9,988 · t ^{0,4755}	1,19	30,673 · t ^{0,2124}
PULA			
2-god	5,2919 · t ^{0,4342}	1,37	15,7 · t ^{0,1877}
5-god	6,3615 · t ^{0,4653}	1,61	25,079 · t ^{0,1652}
10-god	6,7999 · t ^{0,4851}	1,79	30,3 · t ^{0,1654}
20-god	7,0744 · t ^{0,5035}	1,97	34,399 · t ^{0,1721}
50-god	7,2724 · t ^{0,5263}	2,25	38,377 · t ^{0,1871}
100-god	7,3346 · t ^{0,5426}	2,50	40,44 · t ^{0,2018}
ABRAMI			
2-god	5,3735 · t ^{0,4379}	1,52	16,502 · t ^{0,1894}
5-god	7,6849 · t ^{0,4141}	1,38	20,306 · t ^{0,1939}
10-god	9,5811 · t ^{0,3943}	1,19	21,199 · t ^{0,2081}
20-god	11,723 · t ^{0,3734}	1,04	22,128 · t ^{0,2197}
50-god	15,043 · t ^{0,3445}	0,88	23,44 · t ^{0,2325}
100-god	18,005 · t ^{0,3219}	0,68	24,078 · t ^{0,2434}
PAZIN			
2-god	5,4269 · t ^{0,439}	1,23	12,923 · t ^{0,2371}
5-god	7,1692 · t ^{0,4395}	1,24	17,922 · t ^{0,2268}
10-god	8,2871 · t ^{0,4409}	1,22	20,644 · t ^{0,2284}
20-god	9,335 · t ^{0,4427}	1,20	22,786 · t ^{0,234}
50-god	10,658 · t ^{0,4453}	1,16	24,898 · t ^{0,2453}
100-god	11,628 · t ^{0,4473}	1,12	26,026 · t ^{0,256}
LETAJ			
2-god	5,6391 · t ^{0,4447}	1,45	15,834 · t ^{0,2136}
5-god	6,9337 · t ^{0,4628}	1,57	21,217 · t ^{0,2168}
10-god	7,2088 · t ^{0,4929}	1,61	23,798 · t ^{0,2317}
20-god	7,1525 · t ^{0,5297}	1,63	25,345 · t ^{0,2538}
50-god	6,7637 · t ^{0,5851}	1,64	26,018 · t ^{0,2916}
100-god	6,3278 · t ^{0,6305}	1,64	25,677 · t ^{0,3253}
BOTONEGA			
2-god	4,9749 · t ^{0,443}	1,25	12,579 · t ^{0,2283}
5-god	6,1887 · t ^{0,4454}	1,25	15,52 · t ^{0,2324}
10-god	6,8705 · t ^{0,453}	1,20	17,291 · t ^{0,2372}
20-god	7,4381 · t ^{0,4631}	1,14	18,856 · t ^{0,2429}
50-god	8,0559 · t ^{0,4792}	1,05	20,691 · t ^{0,2513}
100-god	8,4388 · t ^{0,4929}	0,98	21,928 · t ^{0,2583}

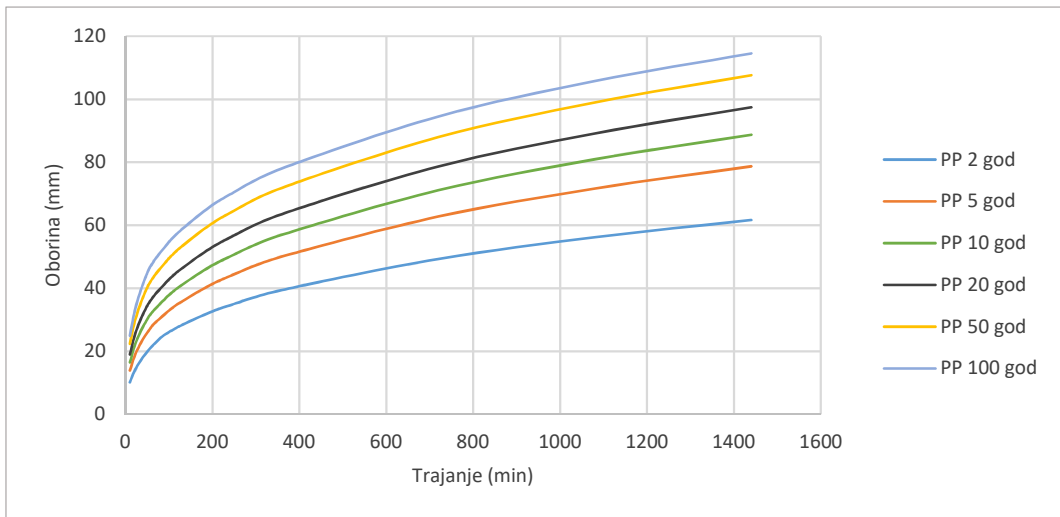
Povratni period	HTP krivulja	tp	HTP krivulja
	(10 min < t < tp)	(sati)	(tp < t < 24 sata)
CELEGA			
2-god	$4,5381 \cdot t^{0,4694}$	1,66	$17,651 \cdot t^{0,1741}$
5-god	$7,1202 \cdot t^{0,4472}$	1,48	$24,106 \cdot t^{0,1753}$
10-god	$9,0409 \cdot t^{0,4322}$	1,33	$27,507 \cdot t^{0,1781}$
20-god	$11,053 \cdot t^{0,4177}$	1,17	$30,23 \cdot t^{0,1812}$
50-god	$13,919 \cdot t^{0,3989}$	0,97	$33,097 \cdot t^{0,1857}$
100-god	$16,273 \cdot t^{0,3849}$	0,95	$37,662 \cdot t^{0,1773}$
GRDINIĆI			
2-god	$4,4166 \cdot t^{0,4385}$	1,16	$9,4724 \cdot t^{0,2588}$
5-god	$5,2145 \cdot t^{0,4759}$	1,42	$14,478 \cdot t^{0,2461}$
10-god	$5,3503 \cdot t^{0,5192}$	1,67	$20,19 \cdot t^{0,231}$
20-god	$5,2504 \cdot t^{0,5702}$	1,89	$28,146 \cdot t^{0,2153}$
50-god	$4,8868 \cdot t^{0,6464}$	2,13	$43,918 \cdot t^{0,1936}$
100-god	$4,5071 \cdot t^{0,7094}$	2,27	$61,822 \cdot t^{0,1766}$



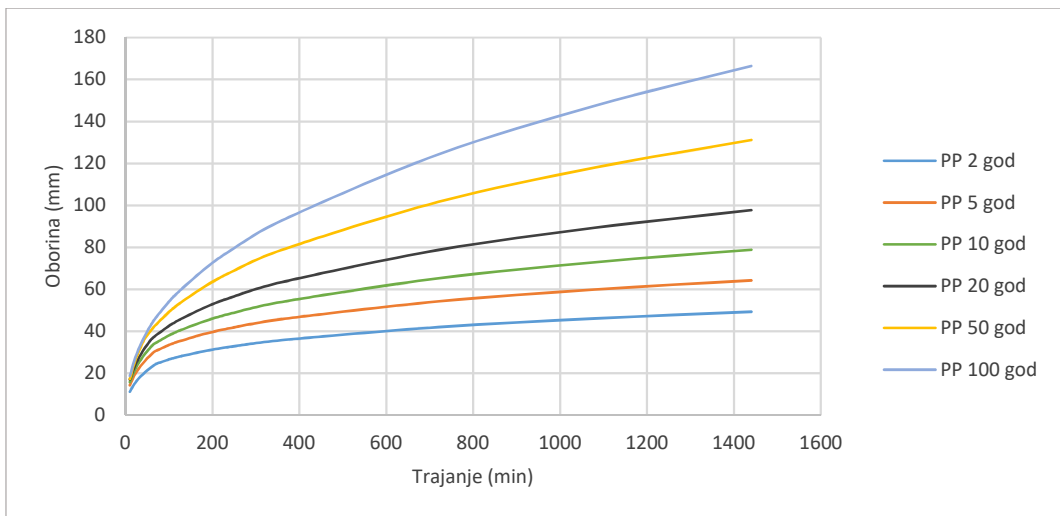
Slika 5.2.1. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju ZG Maksimir



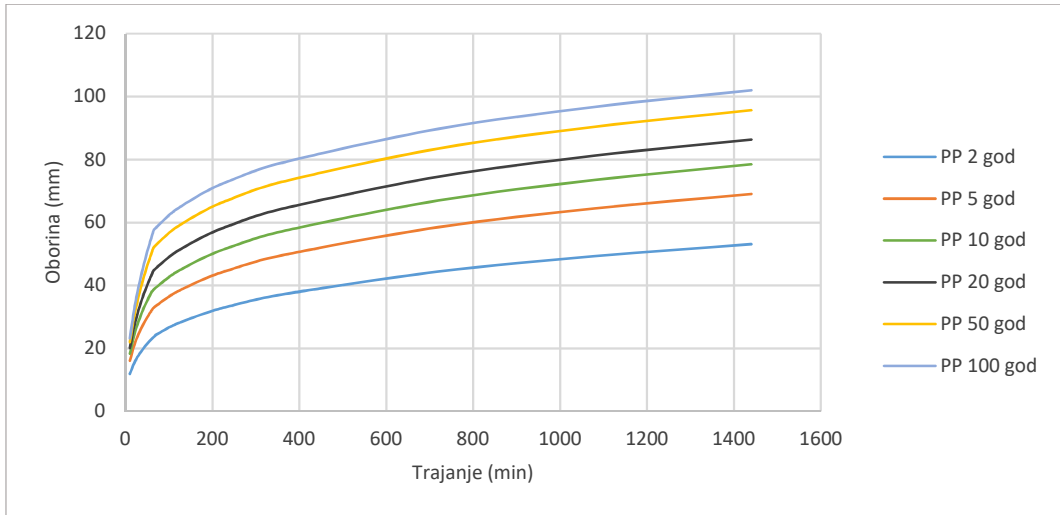
Slika 5.2.2. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju ZG Grič



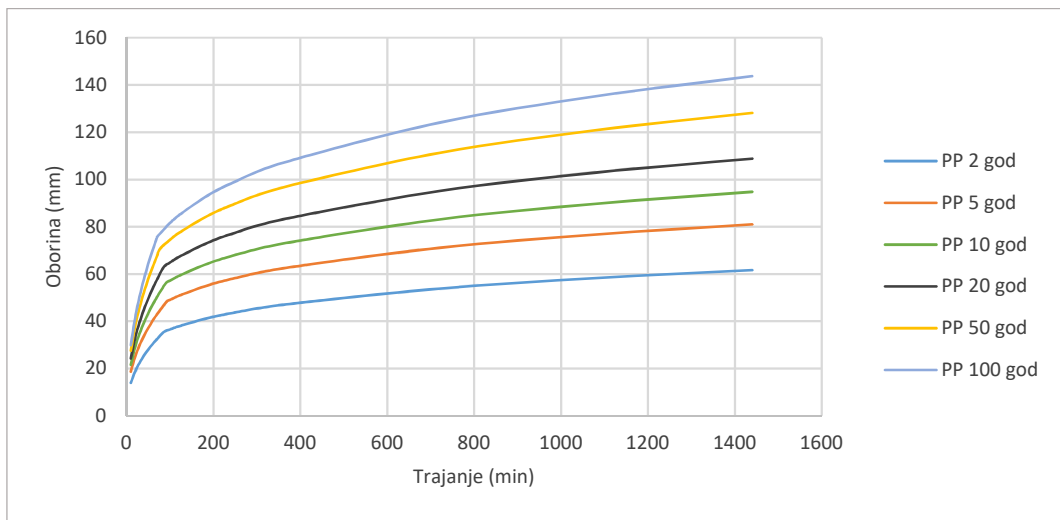
Slika 5.2.3. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju Puntijarka



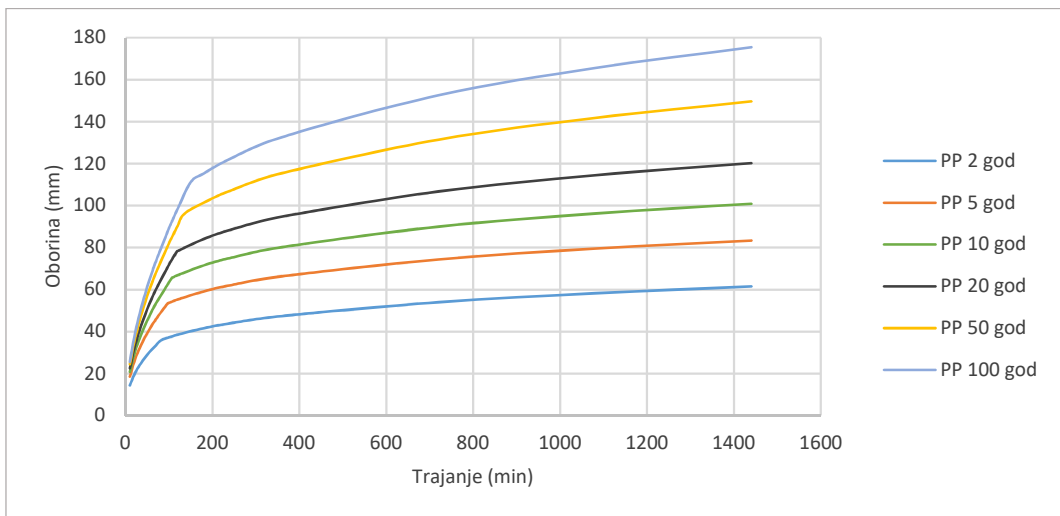
Slika 5.2.4. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju ZG Bijenik



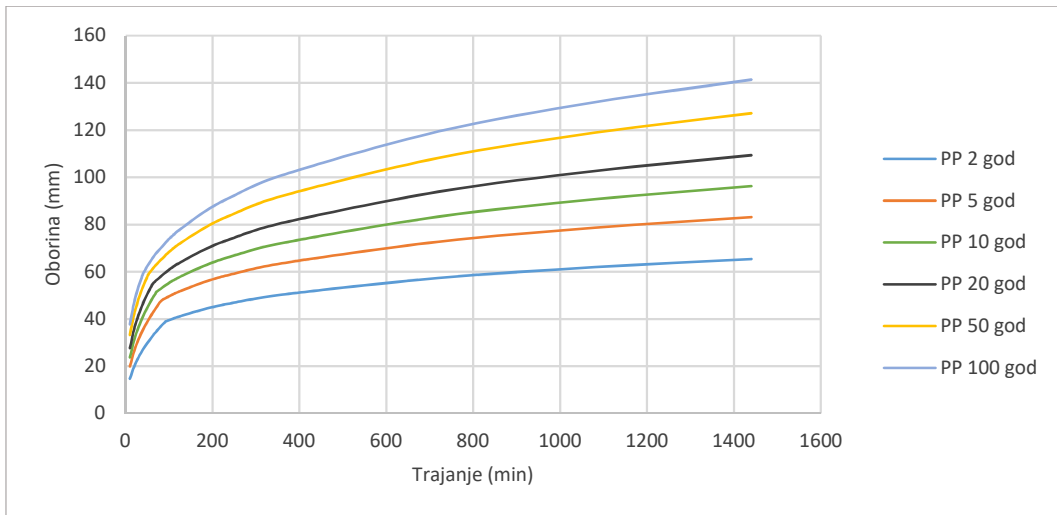
Slika 5.2.5. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju ZG Borčec



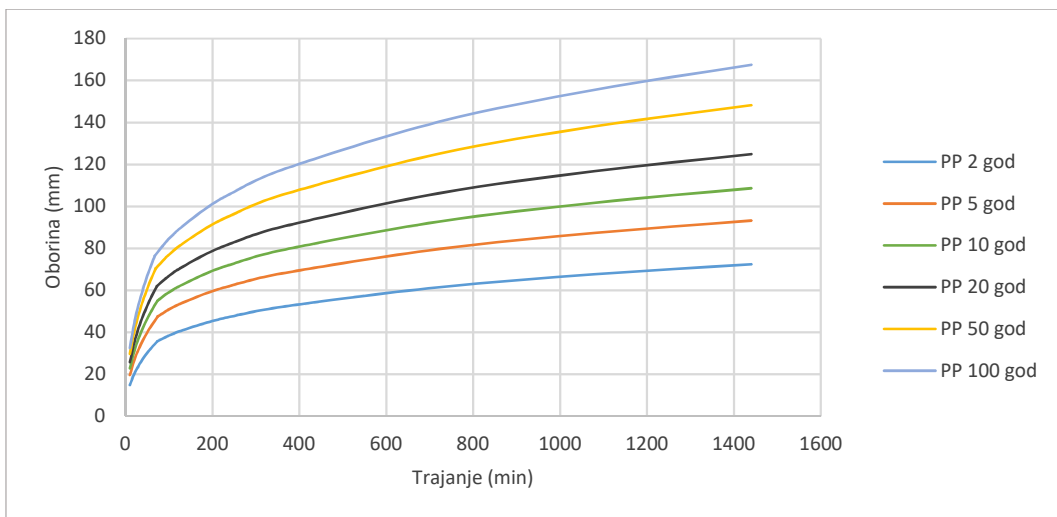
Slika 5.2.6. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju Poreč



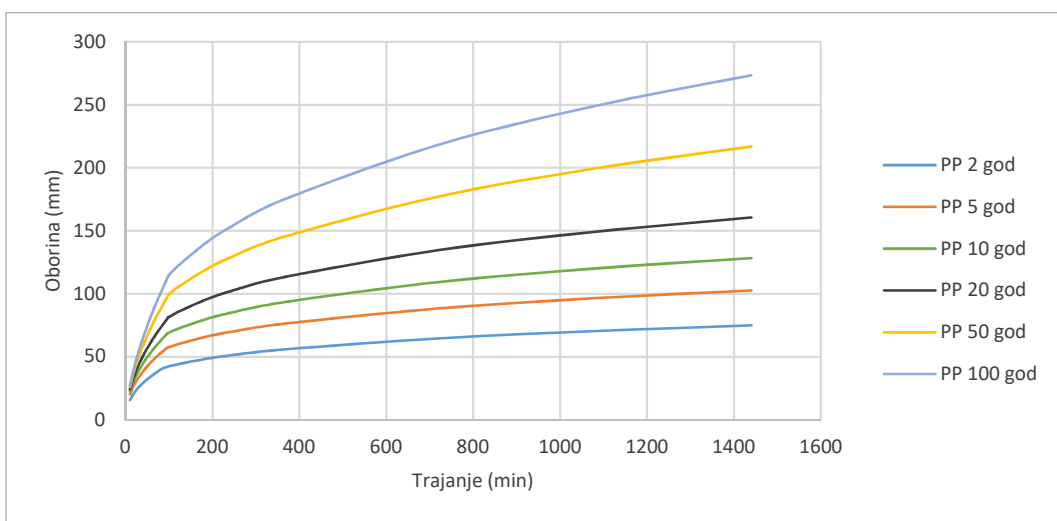
Slika 5.2.7. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju Pula



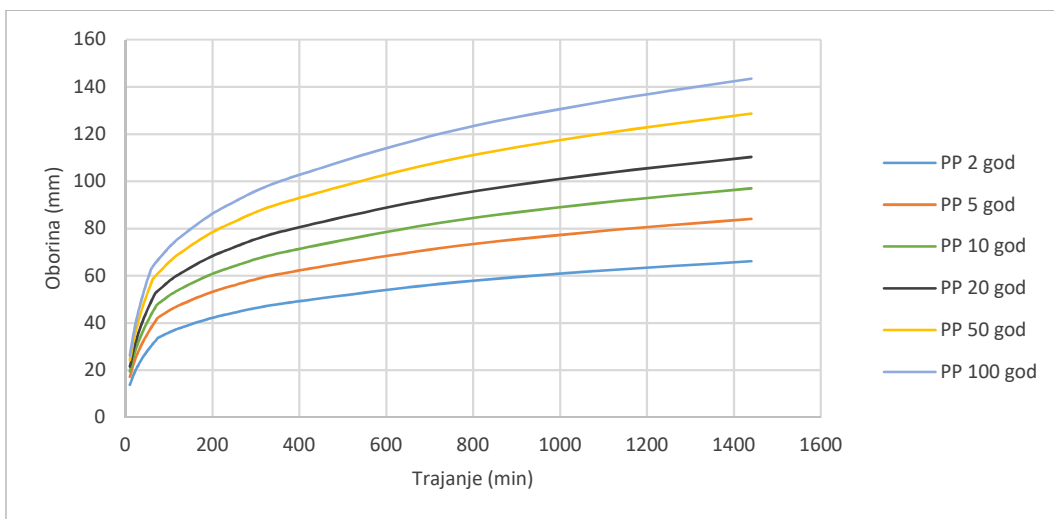
Slika 5.2.8. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju Abrami



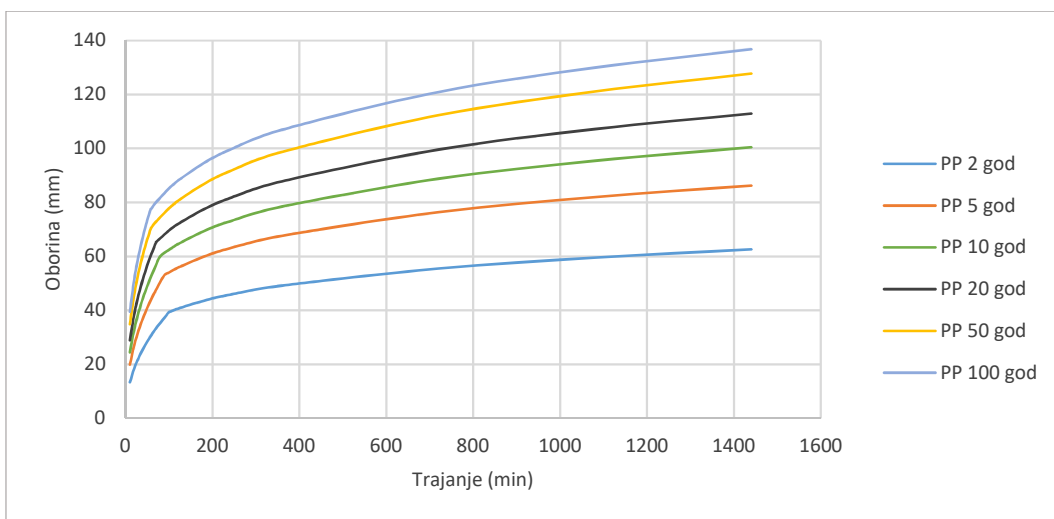
Slika 5.2.9. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju Pazin



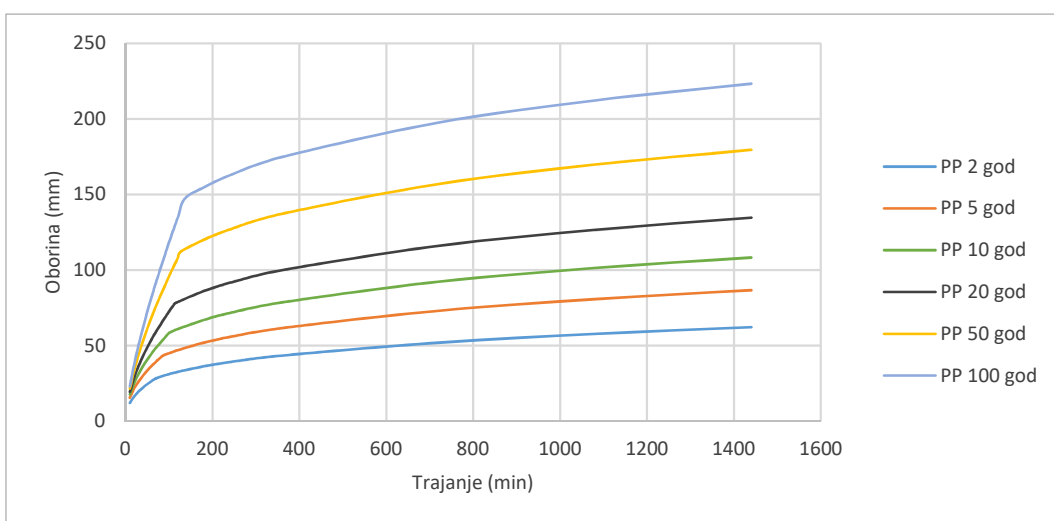
Slika 5.2.10. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju Letaj



Slika 5.2.11. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju Botonega



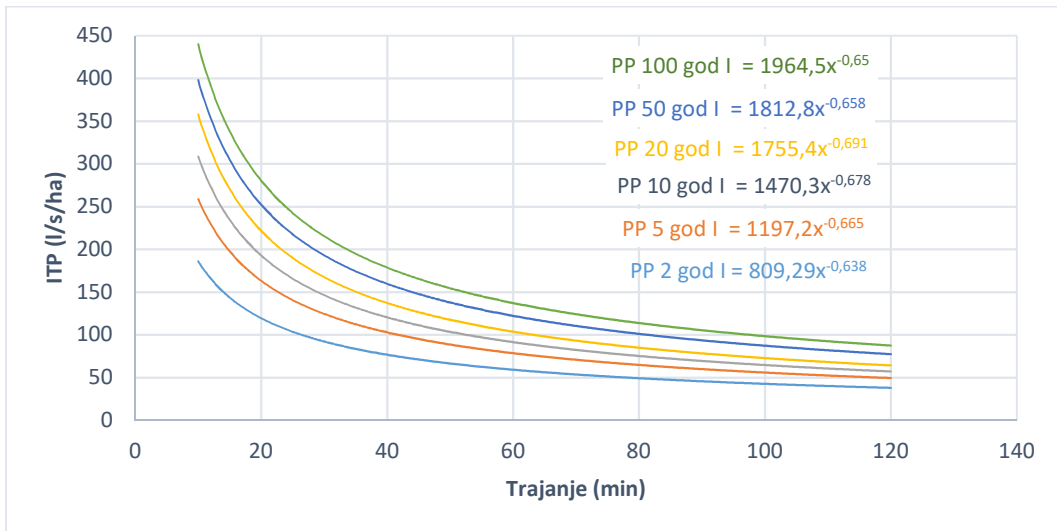
Slika 5.2.12. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju Celega



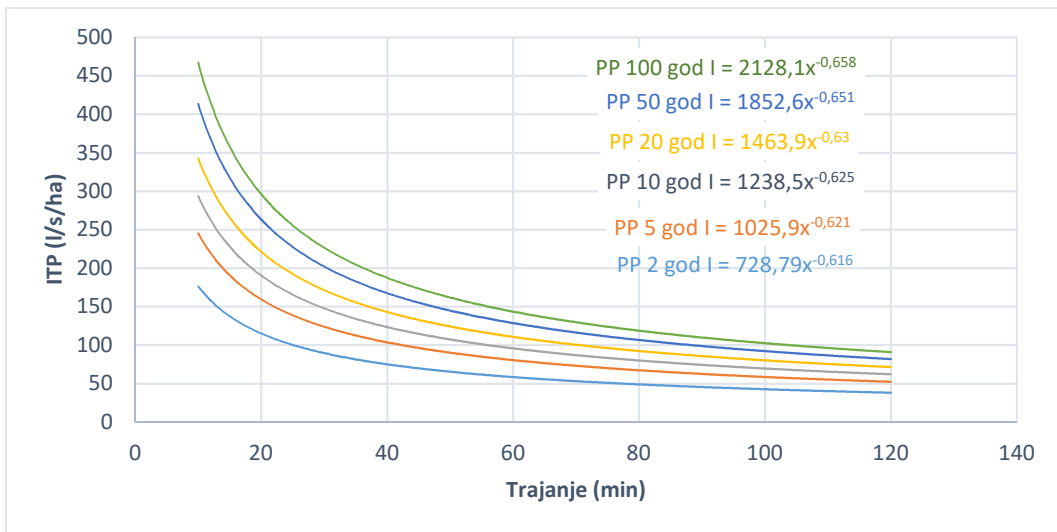
Slika 5.2.13. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaju Grdinići

5.2.2. ITP krivulje

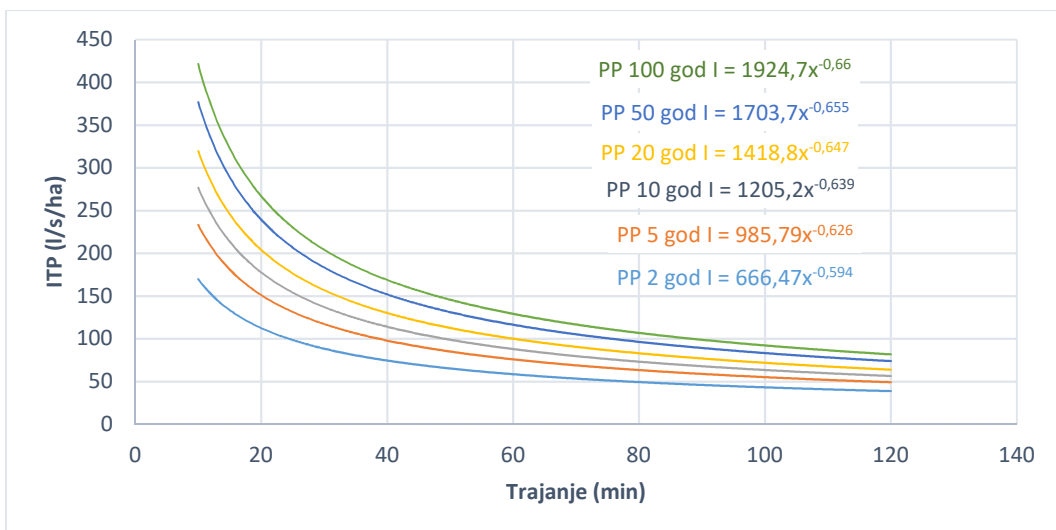
ITP krivulje definirane su iz rezultirajućih vrijednosti HTP krivulja trajanja 10 minuta do 2 sata, koristeći jedinstvenu krivulju. Njihov su oblik i jednačbe prikazani na Slikama 5.2.14. – 5.2.26.



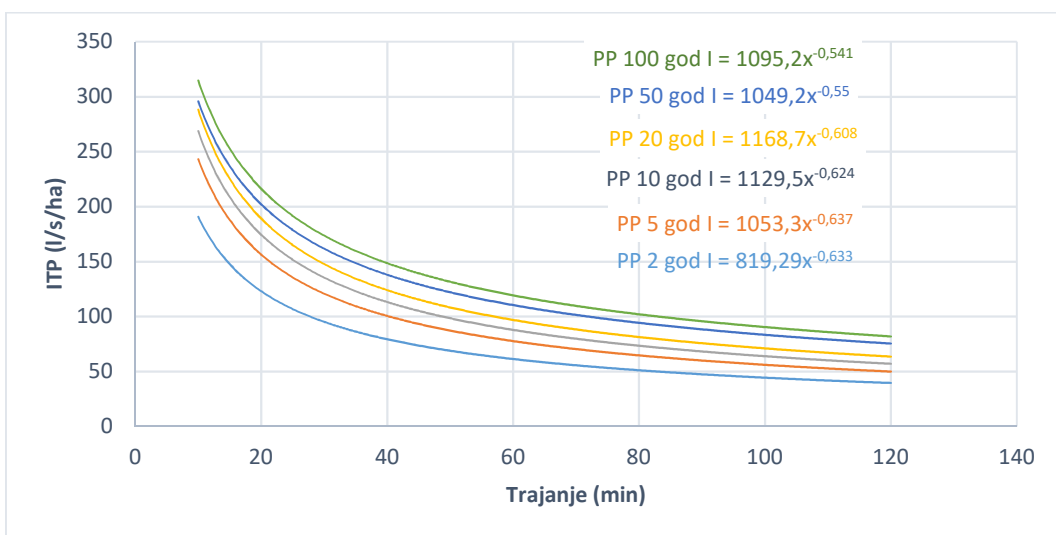
Slika 5.2.14. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju ZG Maksimir



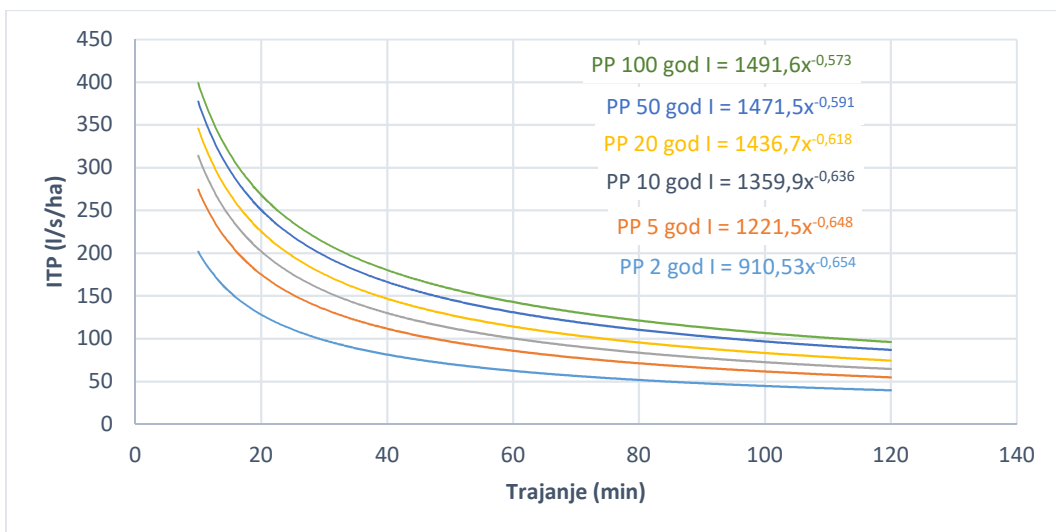
Slika 5.2.15. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju ZG Grič



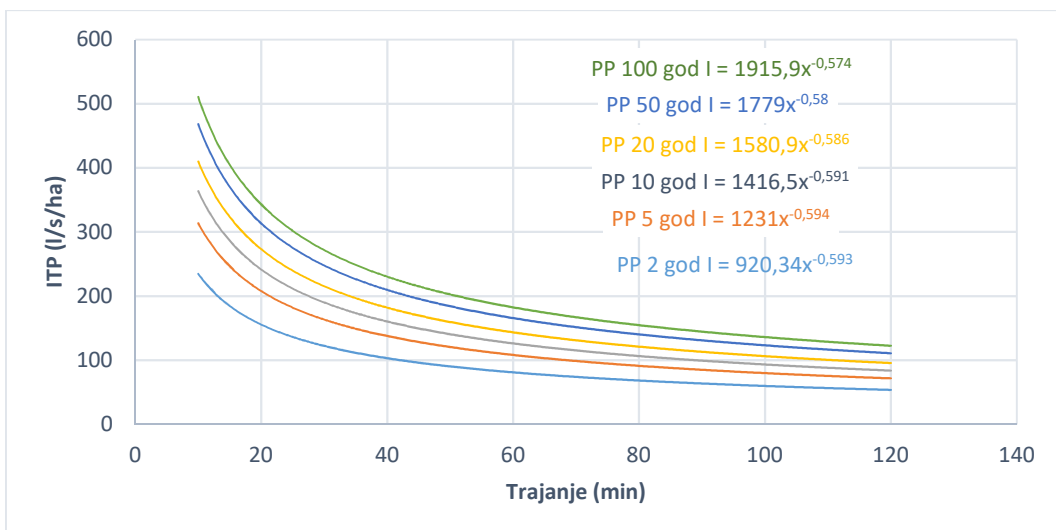
Slika 5.2.16. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju ZG Puntijarka



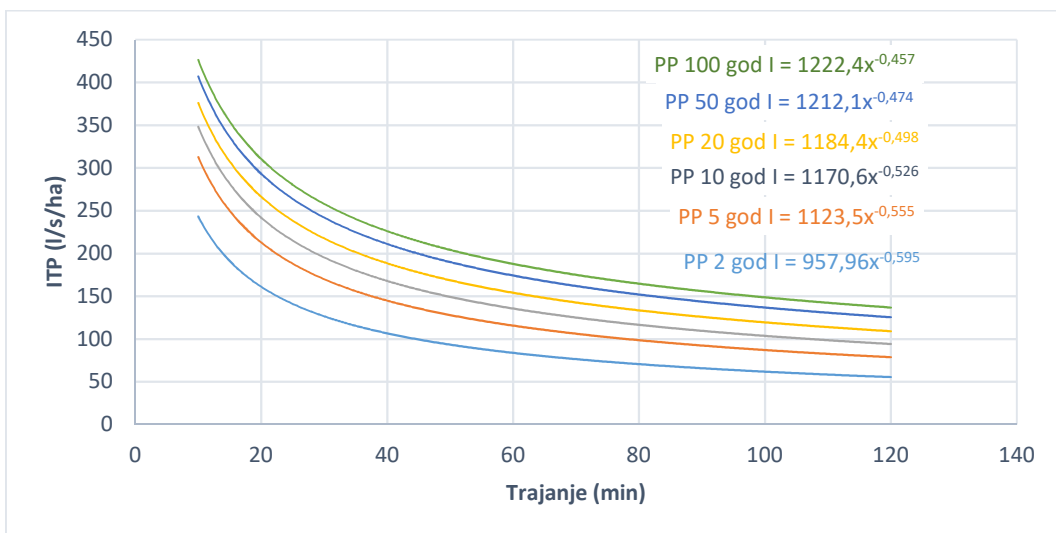
Slika 5.2.17. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju ZG Bijenik



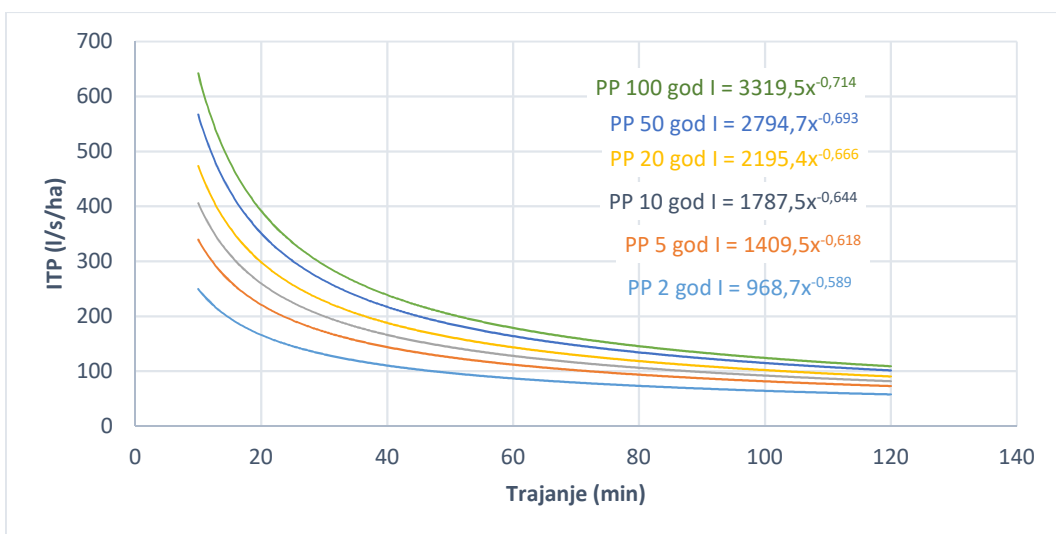
Slika 5.2.18. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju ZG Borčec



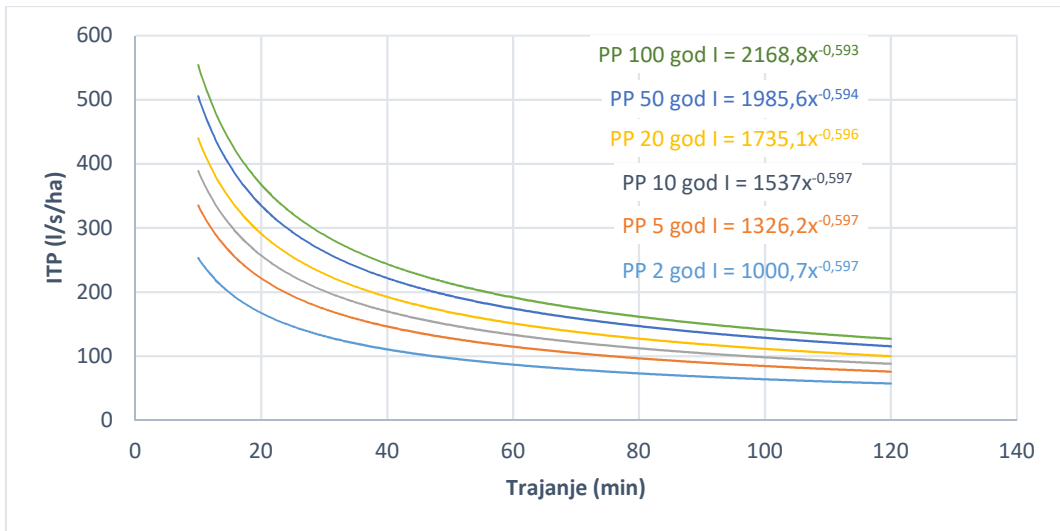
Slika 5.2.19. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju Poreč



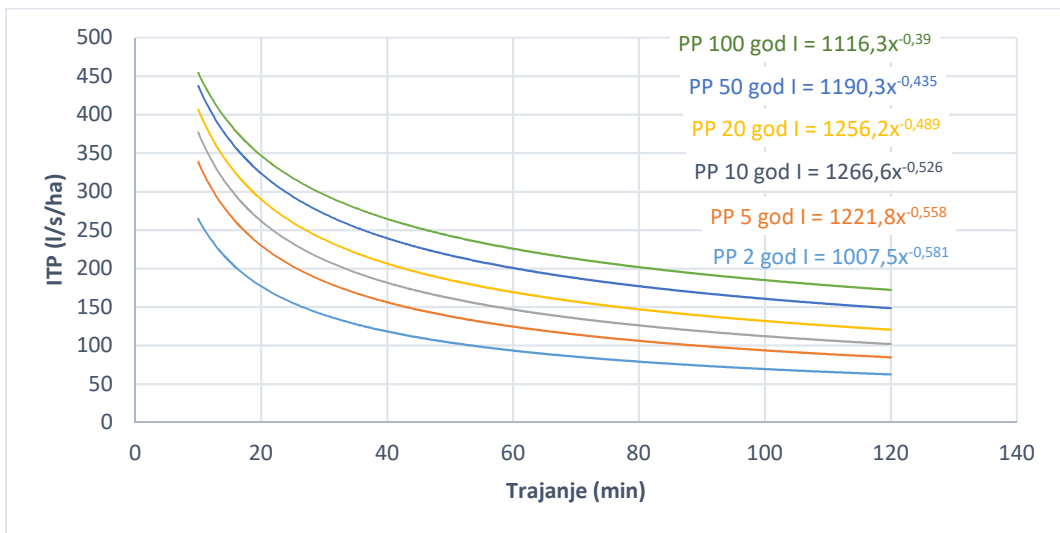
Slika 5.2.20. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju Pula



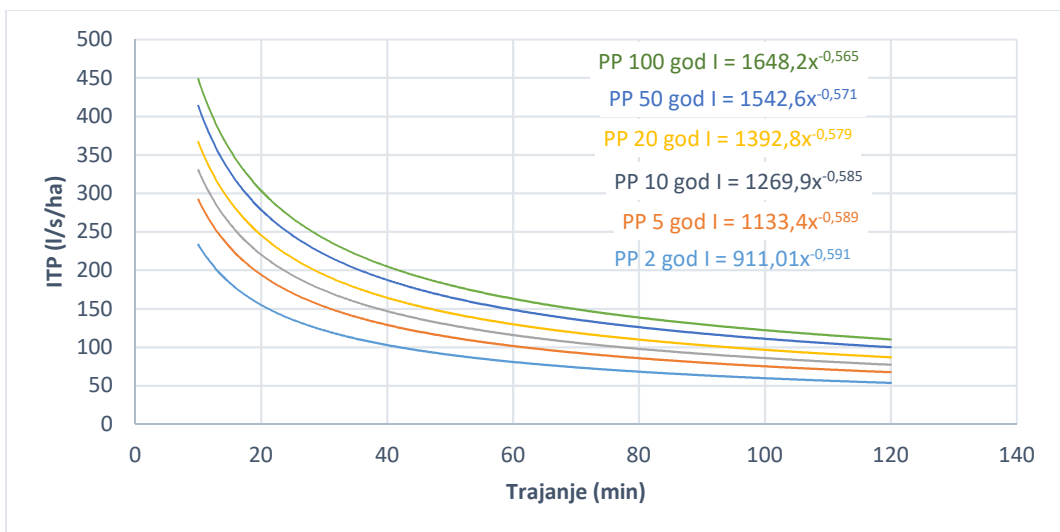
Slika 5.2.21. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju Abrami



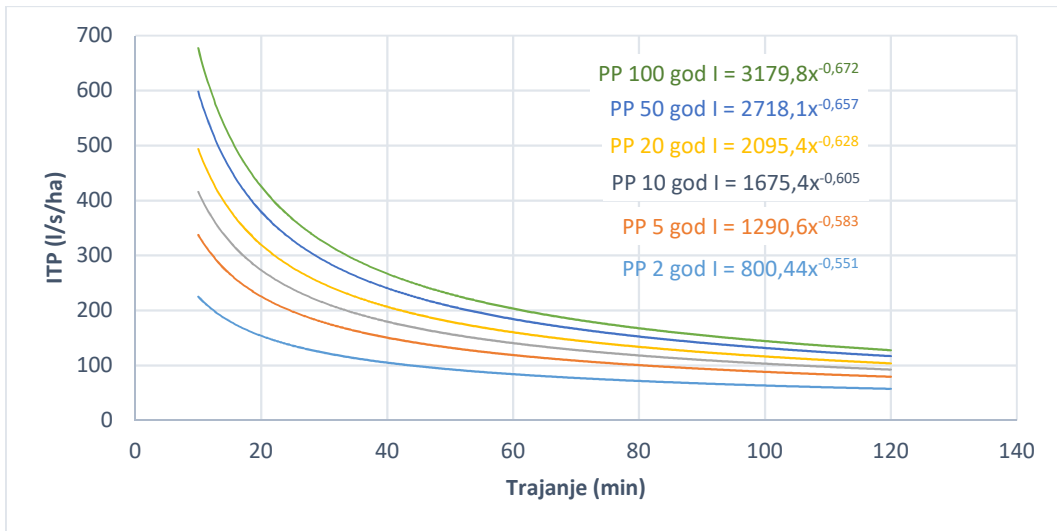
Slika 5.2.22. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju Pazin



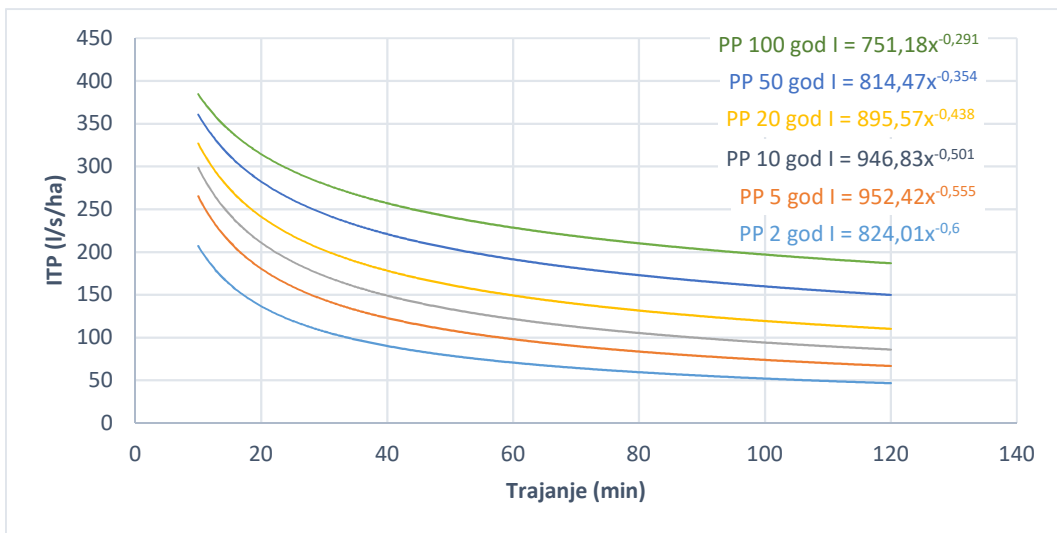
Slika 5.2.23. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju Letaj



Slika 5.2.24. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju Botonega



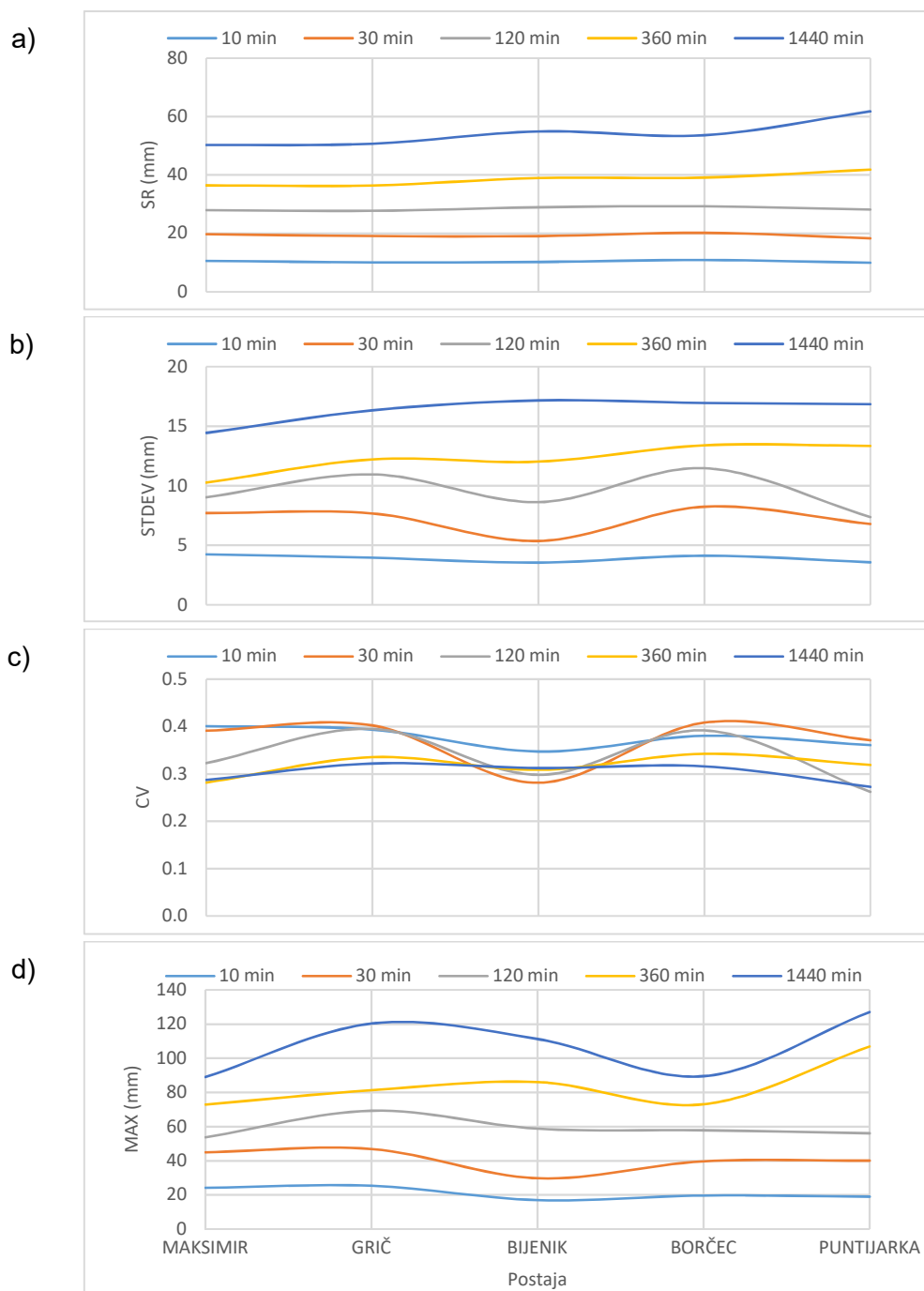
Slika 5.2.25. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju Celega



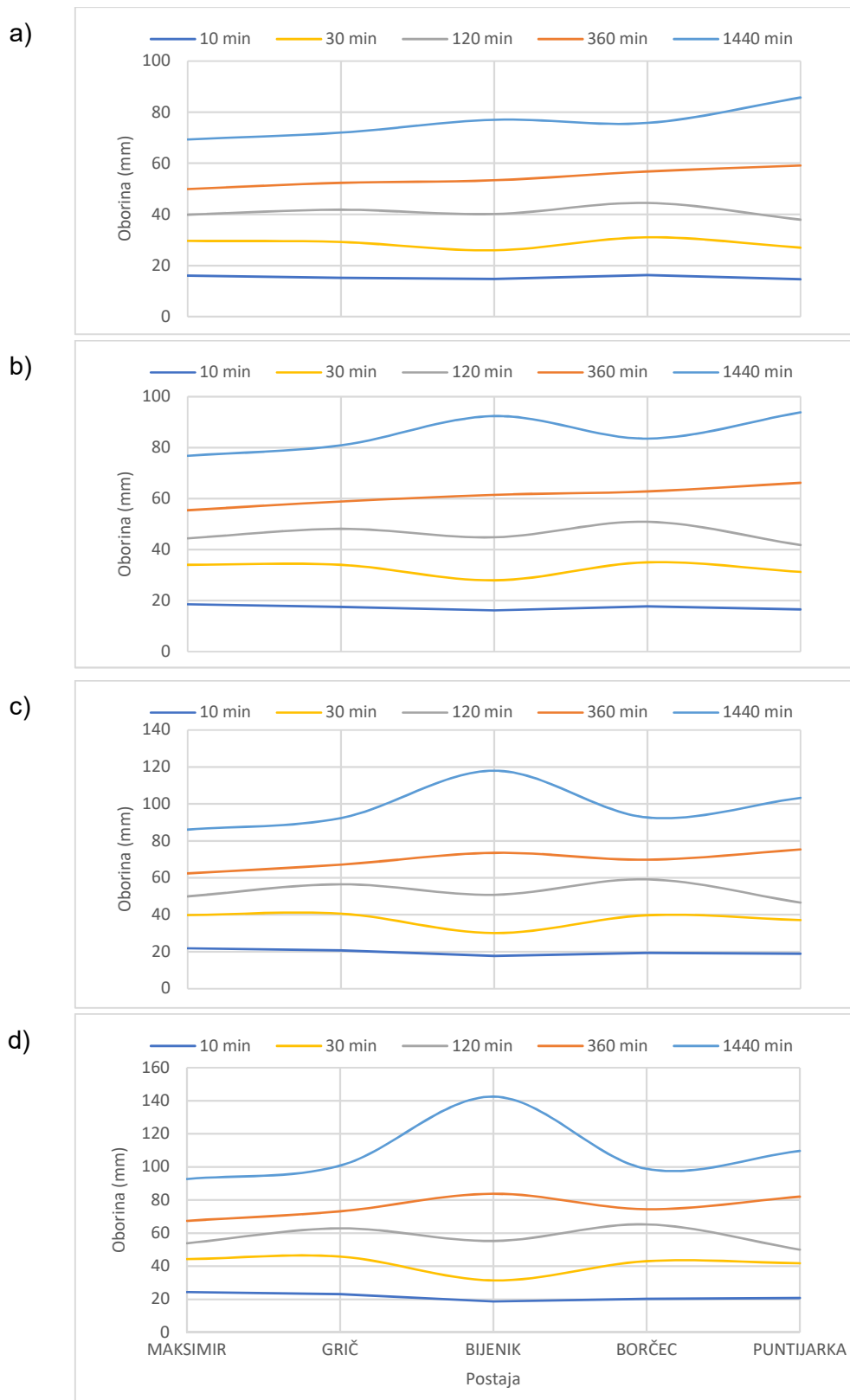
Slika 5.2.26. Grafički prikaz ITP – krivulja za postaju Grdinići

5.3. Prostorne raspodjela kratkotrajnih jakih oborina

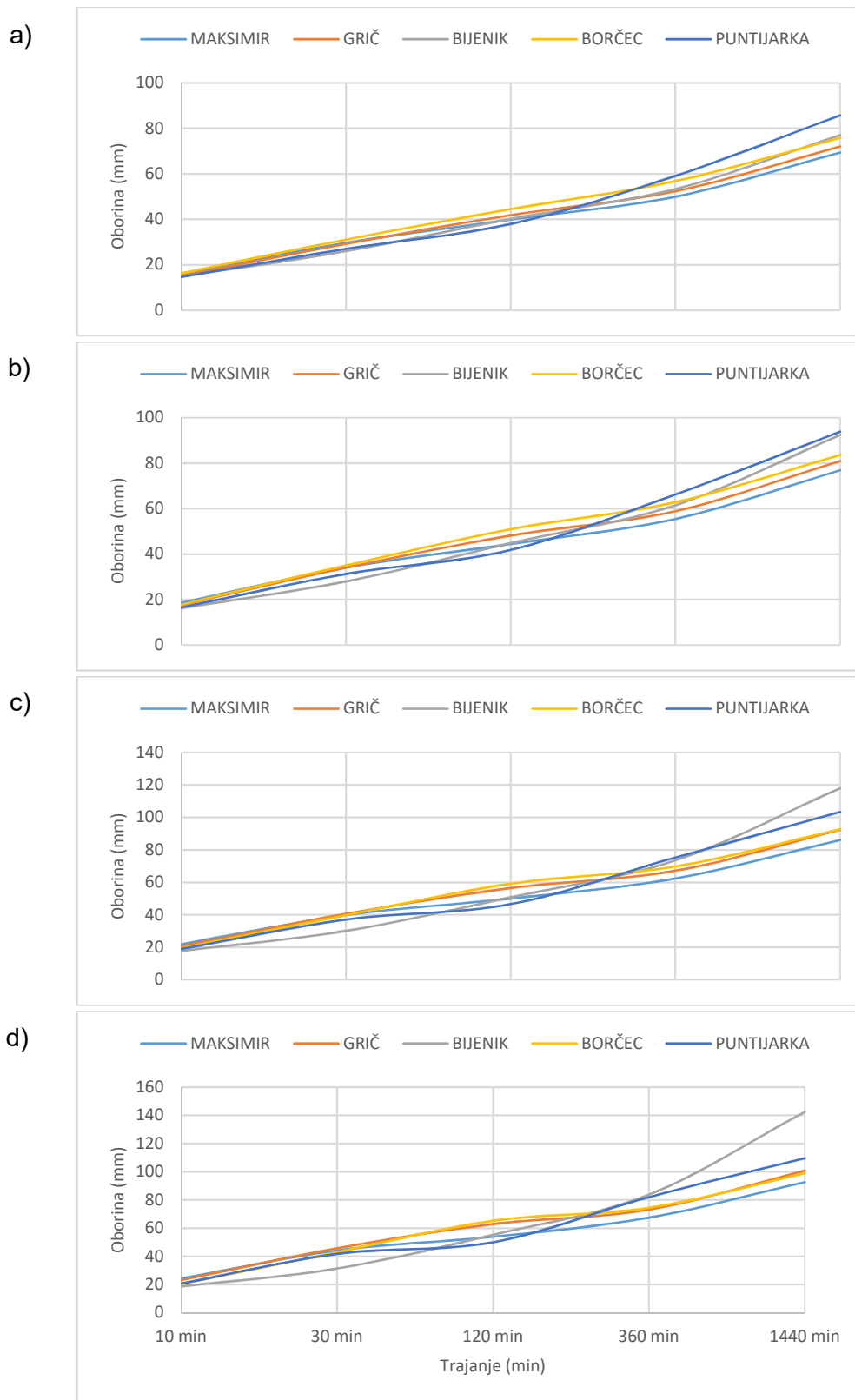
Prostorna raspodjela kratkotrajnih jakih oborina analizirana je s nekoliko aspekata – kako vezano uz osnovne statističke pokazatelje osmotrenih nizova podataka po odabranim postajama analiziranih pilot područja (Sr. vrijednost., St. Dev i Maximalna opažena vrijednost) koje su prikazane na slikama 5.3.1. i 5.3.4., tako i na osnovu njih proračunatih vrijednosti karakterističnih vjerojatnosti pojave/povratnih perioda za odabrana trajanja i povratne periode (Slike 5.3.2.-5.3.3., 5.3.5.- 5.3.6.)



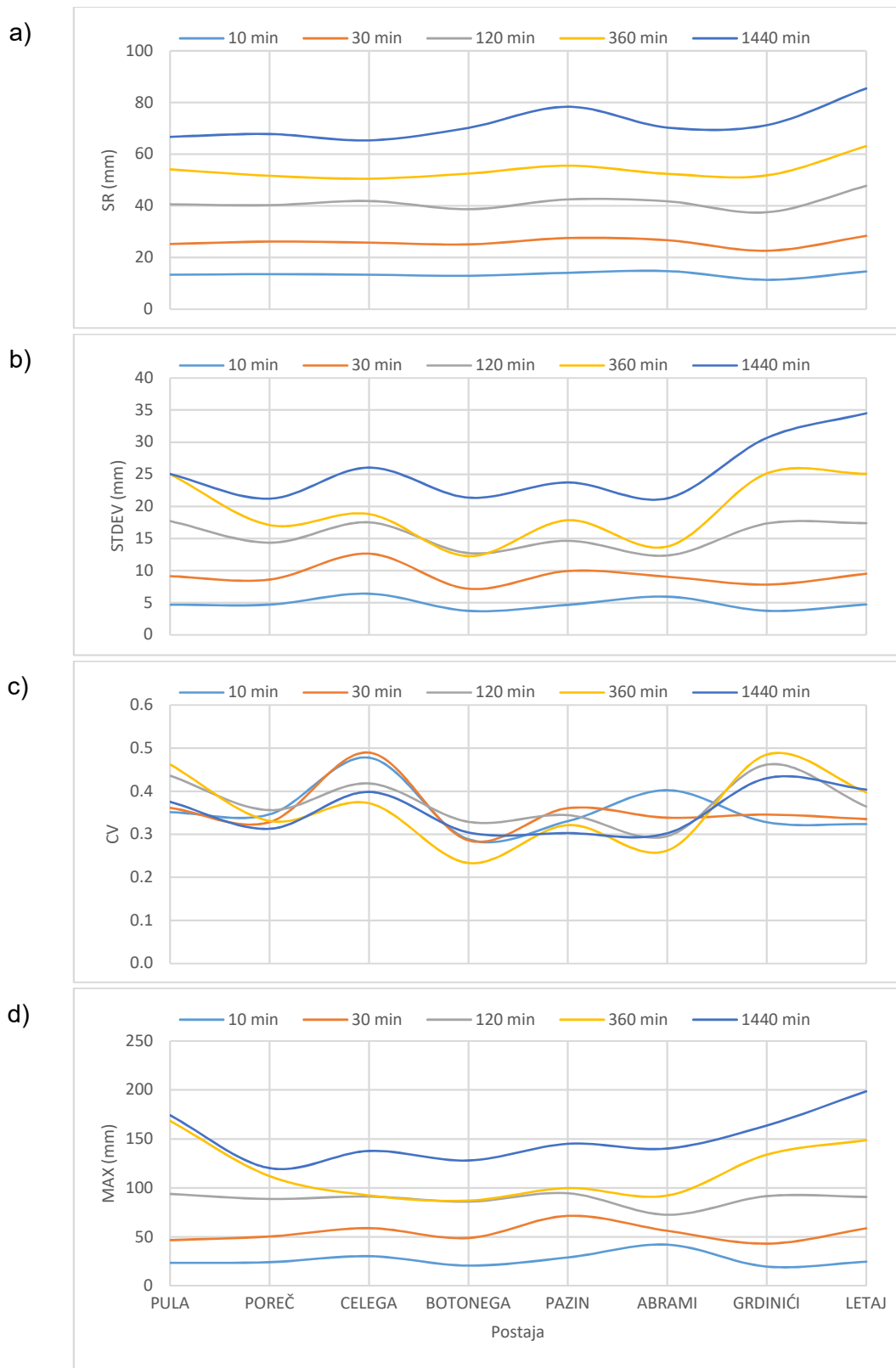
Slika 5.3.1. Prikaz hoda oborina za različita trajanja (10, 30, 120, 360 i 1440 min) na postajama na području Zagreba: a) srednja vrijednost, b) standardna devijacija, c) koeficijent varijacije i d) maksimalna vrijednost



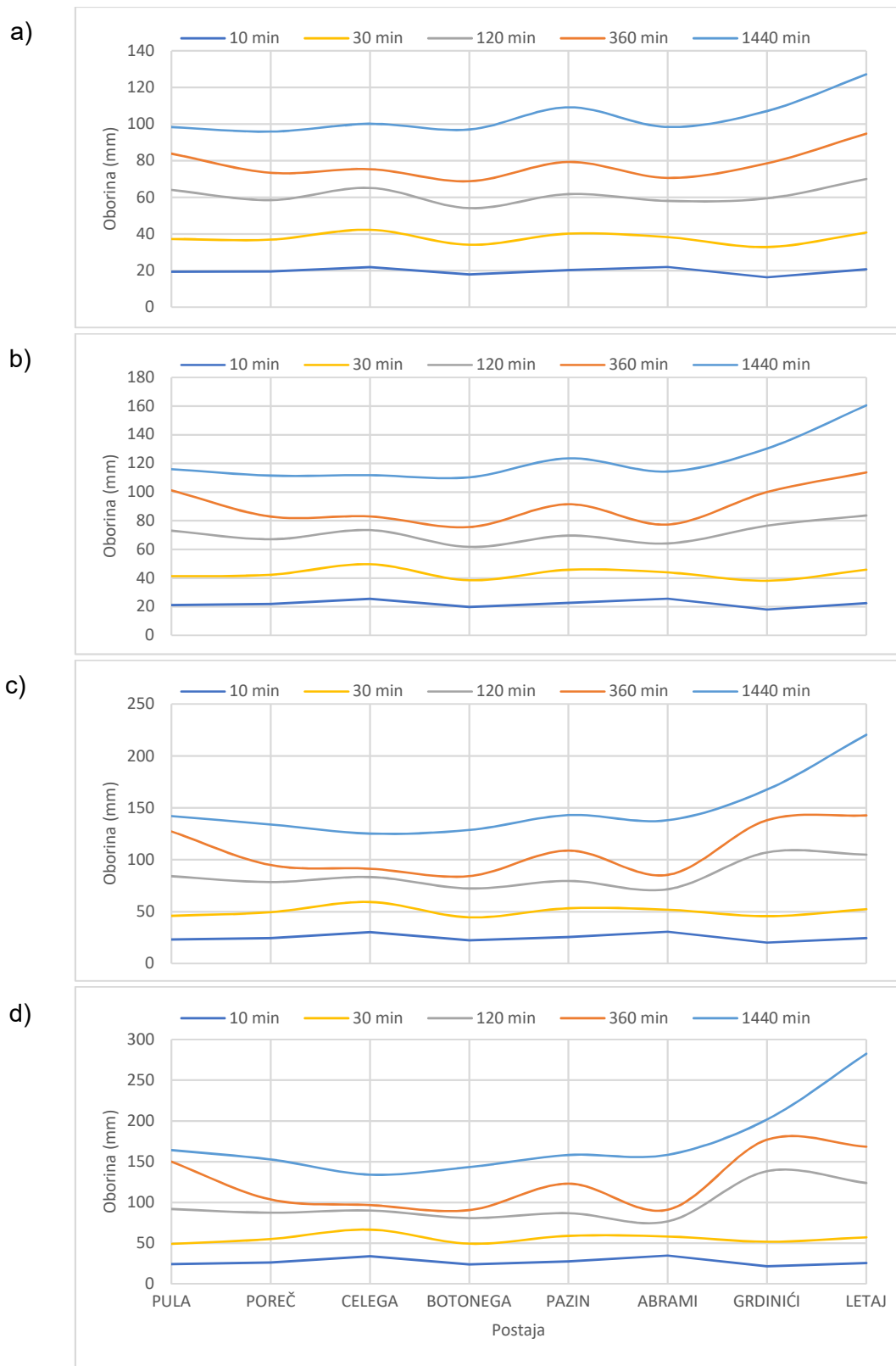
Slika 5.3.2. Prikaz hoda oborina na postajama na području Zagreba za različita trajanja (10, 30, 120, 360 i 1440 min) i različite povratne periode: a) 10, b) 20, c) 50 i d) 100 god



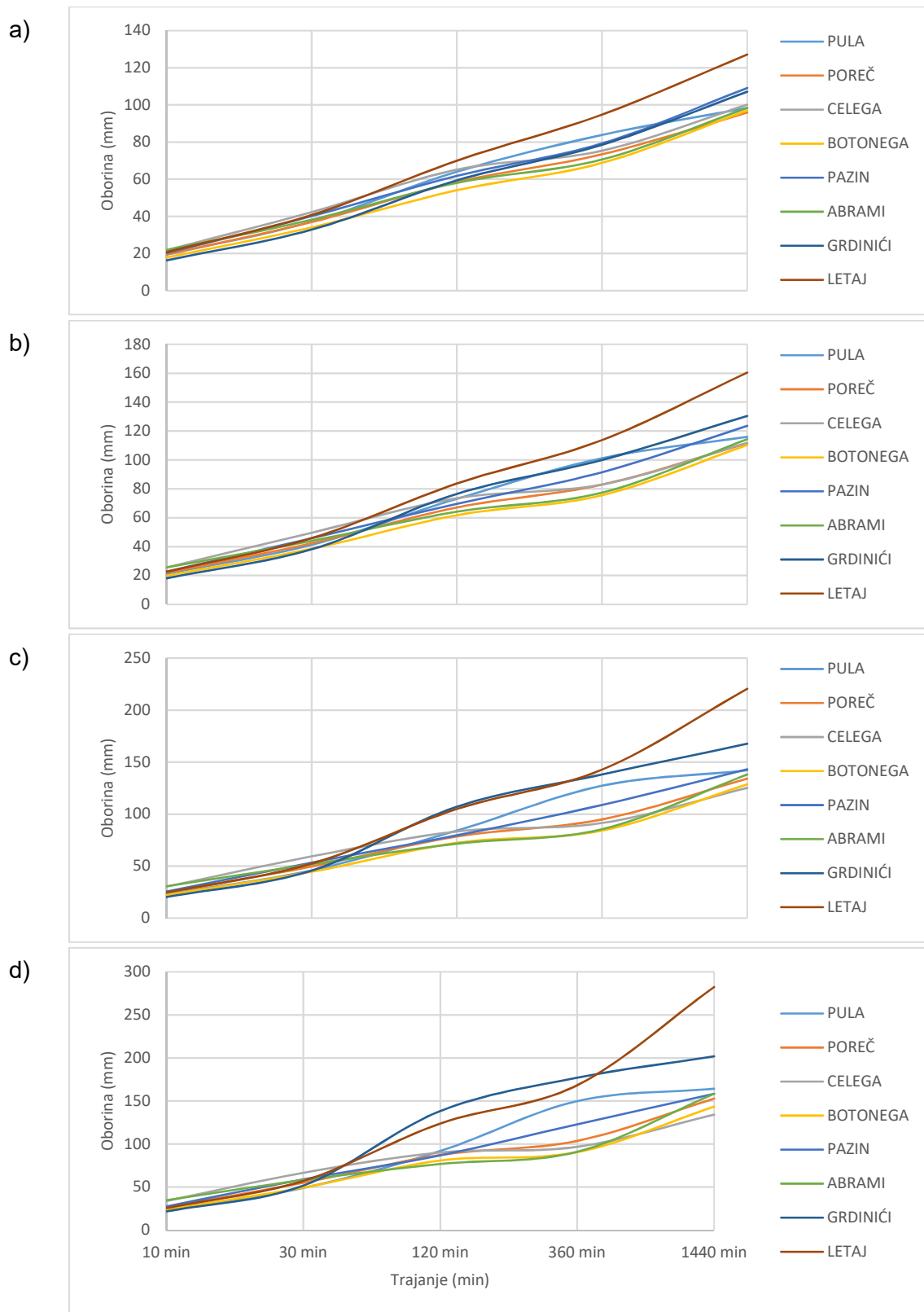
Slika 5.3.3. Prikaz hoda oborina za različita trajanja (10, 30, 120, 360 i 1440 min) na postajama na području Zagreba i različite povratne periode: a) 10, b) 20, c) 50 i d) 100 god



Slika 5.3.4. Prikaz hoda oborina za različita trajanja (10, 30, 120, 360 i 1440 min) na postajama na području Istre: a) srednja vrijednost, b) standardna devijacija, c) koeficijent varijacije i d) maksimalna vrijednost



Slika 5.3.5. Prikaz hoda oborina na postajama na području Istre za različita trajanja (10, 30, 120, 360 i 1440 min) i različite povratne periode: a) 10, b) 20, c) 50 i d) 100 god

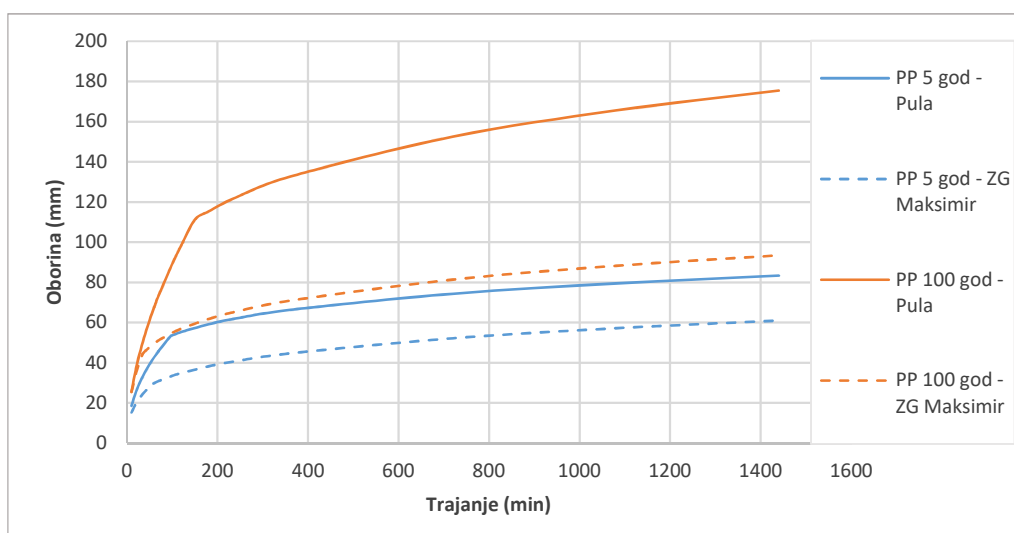


Slika 5.3.6. Prikaz hoda oborina za različita trajanja (10, 30, 120, 360 i 1440 min) na postajama na području Istre i različite povratne periode: a) 10, b) 20, c) 50 i d) 100 god

Iz danih je prikaza vidljivo da na svakom od analiziranih pilot područja postoji velika podudarnost kako u značajkama osmotrenih nizova podataka, tako i proračunatih vjerojatnosti pojave kratkotrajnih jakih oborina, i to gotovo neovisno o položaju samih ombrografskih postaja na temelju čijih su podataka provedene dane usporedne analize. I na zagrebačkom području, kao i na području Istre, postoji naznaka blagoga povećanja oborina s njihovim trajanjem na postajama koje su na višim nadmorskim visinama ili pak im je pak zaleđe takvo (Letaj u Istri, Puntijarka kod Zagreba). No, ne samo srednje vrijednosti, nego i njihove standardne devijacije, koeficijenti varijacija pa čak i maksimalne zabilježene vrijednosti, kao i proračunate vrijednosti maksimalnih oborina za određena trajanja i povratne periode, pokazuju vrlo veliku ujednačenost unutar analiziranih pilot područja, tako da se unutar tih područja i ne iskazuje potreba nekih dodatnih prostornih regionalnih obrada, već se preporučuje korištenje Thiesenovih poligona za određivanje težinskog udjela mjerodavnih postaja.

Generalno, područje Istre javljaju se značajniji intenziteti kratkotrajnih jakih oborina nego li su na području Zagreba, ali s vrlo sličnim koeficijentima varijacija njihovih prosječnih vrijednosti za pojedina trajanja. Kod kraćih trajanja (10-30 min) su i manje razlike između značajka pojava jakih oborina na različitim lokacijama unutar istoga pilot područja, dok se te razlike donekle povećavaju kod oborina 6-24 sata. No, i to povećanje vrlo često ujednačeno unutar cjelokupnog raspona promatranih trajanja, tako da kod nekih trajanja najveće vrijednosti pokazuju podaci s jedne od postaja, a kod bliskim im trajanja vrlo često najveće vrijednosti pokazuju podaci s drugih postaja, čak i onih koje su prethodno imale najmanje vrijednosti. Dakle, na razini pilot područja iskazana je prostorna varijabilnost jakih oborina, ali bez naglašenih razlika u smislu nekih pravilnosti u njihovim varijacijama u smislu mogućih uzročnika tih varijabilnosti (prostorni položaj, nadmorska visima i slično).

Ukoliko se pak usporede vrijednosti HTP krivulja između različitih pilot područja kao što su Zagreb – Maksimir i Pula (Slika 5.3.7.), vidljivo je da postoje iznimne razlike, te tako 5-godišnje količine oborina kratkih trajanja na području Pule premašuju 100-godišnje količine oborina s lokaliteta zagreb – Maksimir.



Slika 5.3.7. Grafički prikaz HTP – krivulja za postaje Zagreb - Maksimir i Pula za 5-godišnji i 100-godišnji povratni period

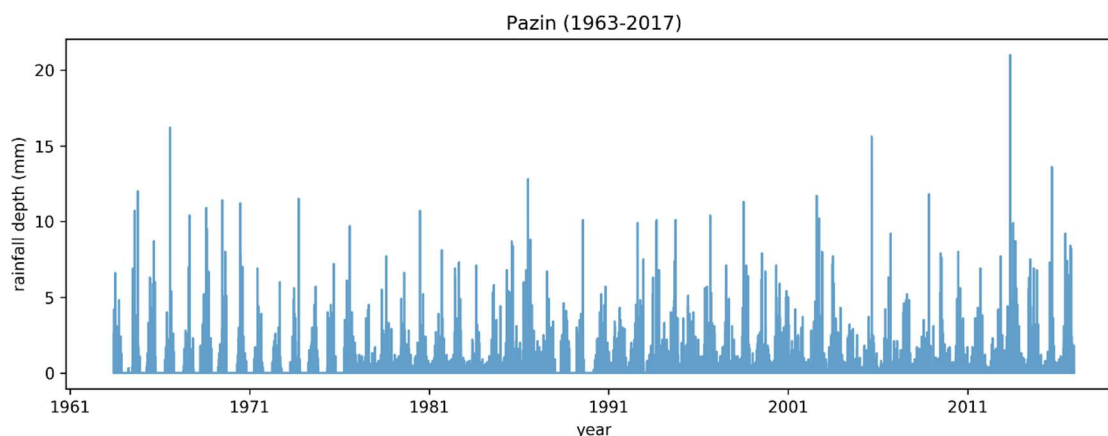
5.4. Definiranje oblika „pljuska za projektiranje“

Pljusak za projektiranje definiran je za četiri odabrane postaje na pilot područjima u Istri i Zagrebu. Postaje **Pazin** (1963-2017) i **Pula** (1957-2017) te **Zagreb-Grič** (1957-2013) i **Zagreb-Maksimir** (1957-2017), koje imaju najkompletnije nizove ombrografskih podataka, odabrane su kao regionalni reprezentivi ova dva pilot područja. Na pilot području Istre, postaja Pazin može se smatrati reprezentivom unutrašnje Istre, a postaja Pula priobalnog područja Istre. Slično, na pilot području Zagreba, postaja Zagreb-Grič predstavlja zapadni i centralni dio grada, a postaja Zagreb-Maksimir istočni dio grada.

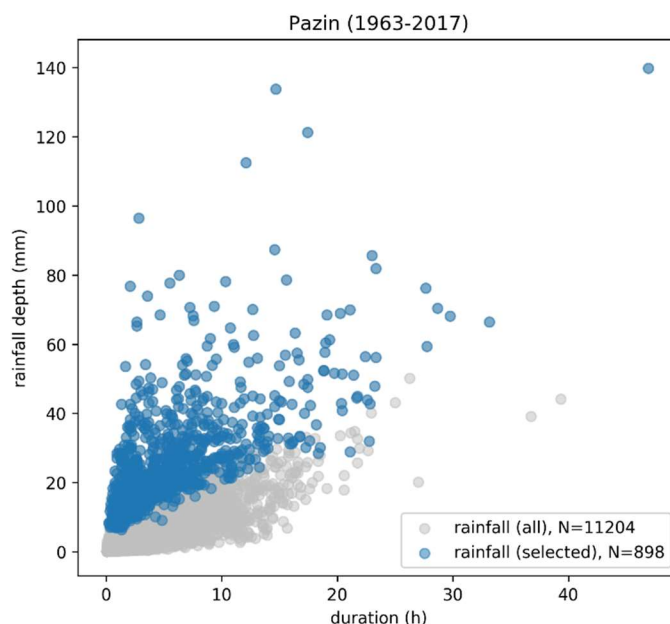
Prije pojedinačnih obrada, provedena je autokorelacija niza oborina kako bi se odredilo mjerodavne vrijeme između nezavisnih događaja (IET). Rezultati autokorelacije su bili vrlo slični, neovisno o postaji, a IET je varirao u rasponu od 0,92 do 1 h. U literaturi ove vrijednosti variraju u nešto širem rasponu (od 1 do 6 h), ali su u skladu s nekoliko sličnih istraživanja za potrebe definiranja pljuska za projektiranje u urbanim sredinama (Joo i sur., 2014.; Dolšak i sur., 2016.; Wang i sur., 2018.).

5.4.1. Pljusak za projektiranje na pilot području Istre – postaja Pazin

Oblik pljuska za projektiranje za postaju Pazin definiran je na osnovu 5-min niza ombrografskih podataka iz razdoblja 1963. – 2017. godine (Slika 5.4.1). Maksimalna 5-min oborina zabilježena u tom periodu iznosila je $H_{5min} = 21$ mm. Tijekom 54 godine zabilježeno je 11 204 neovisnih kišnih epizoda. Od 11 204 kišnih epizoda, za daljnju analizu odabrano je 898 epizoda koje premašuju pragove definirane u Tablici 3.1.1. Pritom, maksimalna količina oborine po jednom događaju iznosila je $H = 139,8$ mm, a najdulje trajanje iznosilo je $t_k = 46,9$ h (Slika 5.4.2).

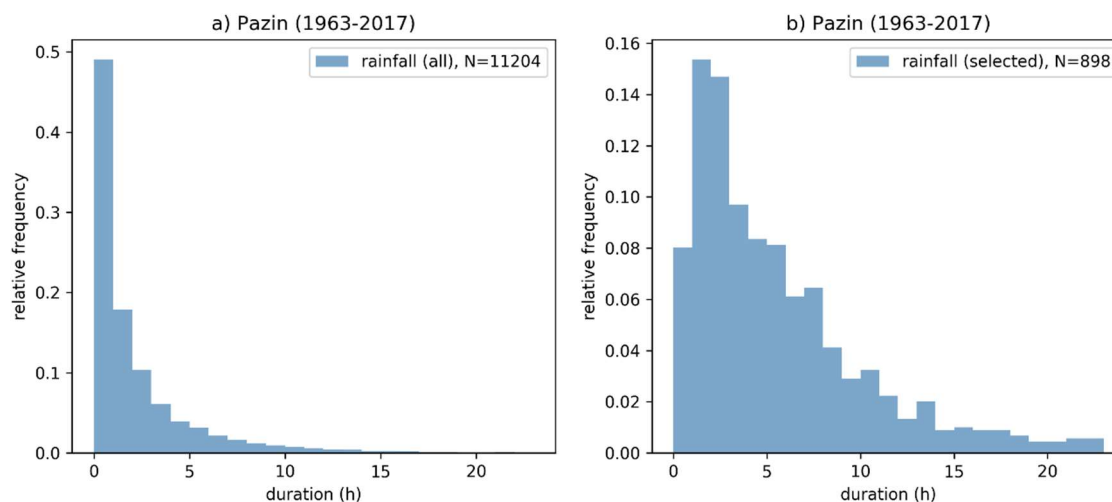


Slika 5.4.1. Niz 5-min oborina zabilježenih na ombrografu postaje Pazin u razdoblju od 1963. – 2017. godine



Slika 5.4.2. Prikaz ukupne količine oborine i trajanja svih kišnih epizoda te odabranih kišnih epizoda koje premašuju pragove definirane u Tablici 5.4.1

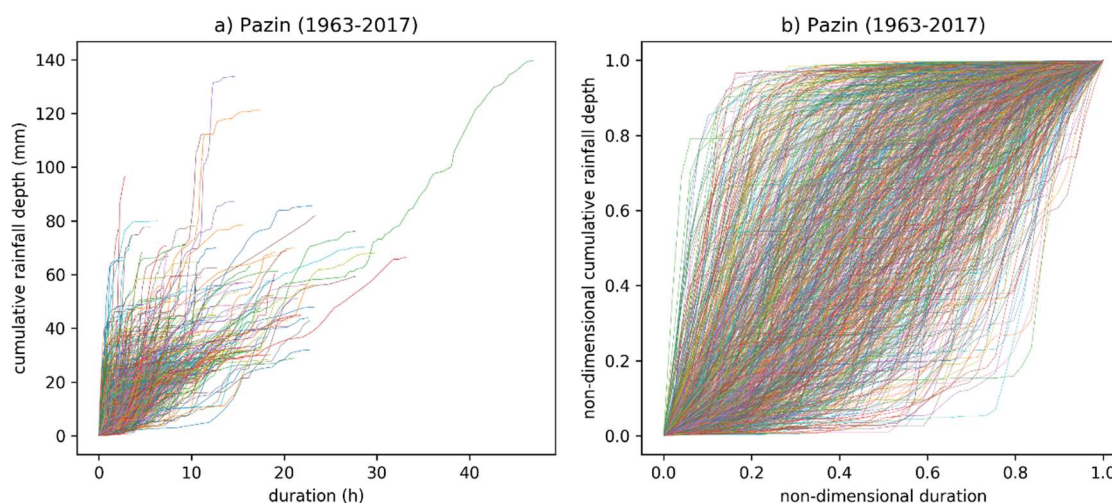
Histogram trajanja svih oborina prikazan je na Slici 5.4.3a., a histogram odabranih oborina na Slici 5.4.3b. Primjetno je kako raspodjela trajanja svih oborina ima približno eksponencijalni oblik, odnosno najviše je zabilježenih oborina najkraćeg trajanja ($t < 60$ min) kojih ima skoro 50% (Slika 5.4.3a). S druge strane, histogram odabranih oborina je ujednačeniji, s najviše zabilježenih oborina (~15%) trajanja između 1 i 3 h (Slika 5.4.3b).



Slika 5.4.3. Histogram trajanja: a) svih zabilježenih oborina, b) odabranih oborina koje premašuju pragove

Pojedinačne kumulativne krivulje odabranih kišnih epizoda prikazane su na Slici 5.4.4a. Njihov bezdimenzionalni oblik, tj. odabrane pojedinačne kumulativne krivulje svedene na koordinate (0, 0) – (1, 1) prikazane su na Slici 5.4.4b. Primjetna je izražena vremenska varijabilnost intenziteta oborine za većinu kišnih epizoda. Naime, svako odstupanje krivulje od dijagonale ukazuje na promjene u intenzitetu oborine unutar njenog trajanja. Također, primjetno je kako postoji velika varijabilnost oblika kumulativnih krivulja, koje se razlikuju i po nagibu (strmini) središnjeg dijela

krivulje, ali i trenutku maksimalnog nagiba krivulje. Pritom, treba napomenuti kako maksimalni nagib krivulje odgovara maksimalnom trenutnom intenzitetu oborine.



Slika 5.4.4. Kumulativne krivulje odabranih kišnih epizoda (a) te njihov bezdimenzionalni oblik u 0-1 prostoru (b)

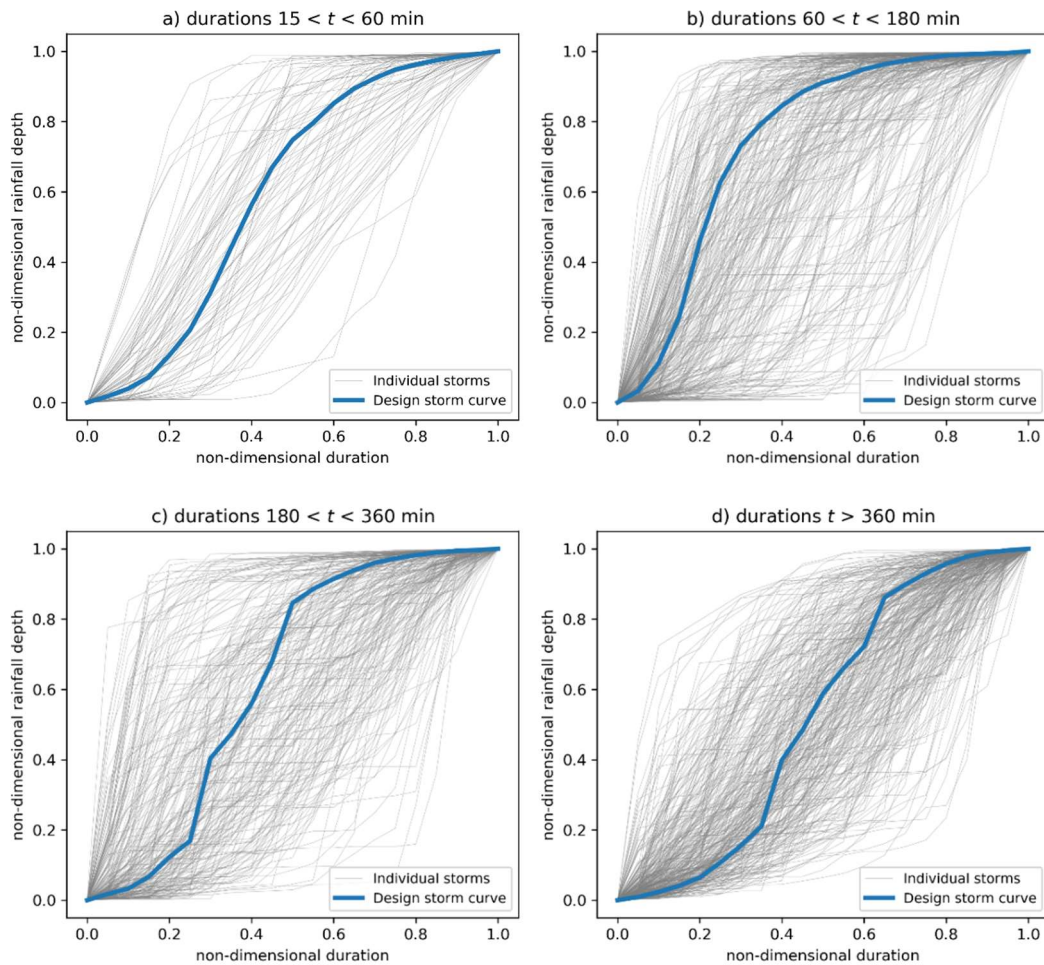
Bezdimenzionalne krivulje prikazane na Slici 5.4.4b, kategorizirane su u četiri unaprijed definirana razreda trajanja oborina te je za svaki razred proveden proračun pljuska za projektiranje prema metodi prosječne varijabilnosti, detaljnije obrazložen u poglavlju 3.4.

Definirane kumulativne krivulje pljuska za projektiranje, te odabrane pojedinačne krivulje na temelju kojih je provedena predmetna analiza, prikazane su na Slikama 5.4.5. a, b, c, i d ovisno o razredu trajanja. Sve četiri krivulje imaju izražen S-oblik, odnosno primjetnu vremensku varijabilnost tijekom trajanja oborine. Najizraženiju vremensku varijabilnost ima pljusak za projektiranje trećeg razreda trajanja ($180 < t \leq 360$ min) (Slika 5.4.5. c). U tom razredu trajanja, maksimalna pozitivna promjena količine oborine (maksimalni trenutni intenzitet) događa se na početku, točnije u prvom kvartilu (prvih 25% od ukupnog trajanja). Najmanje izraženu vremensku varijabilnost oborine ima prvi (najkraći) razred trajanja.

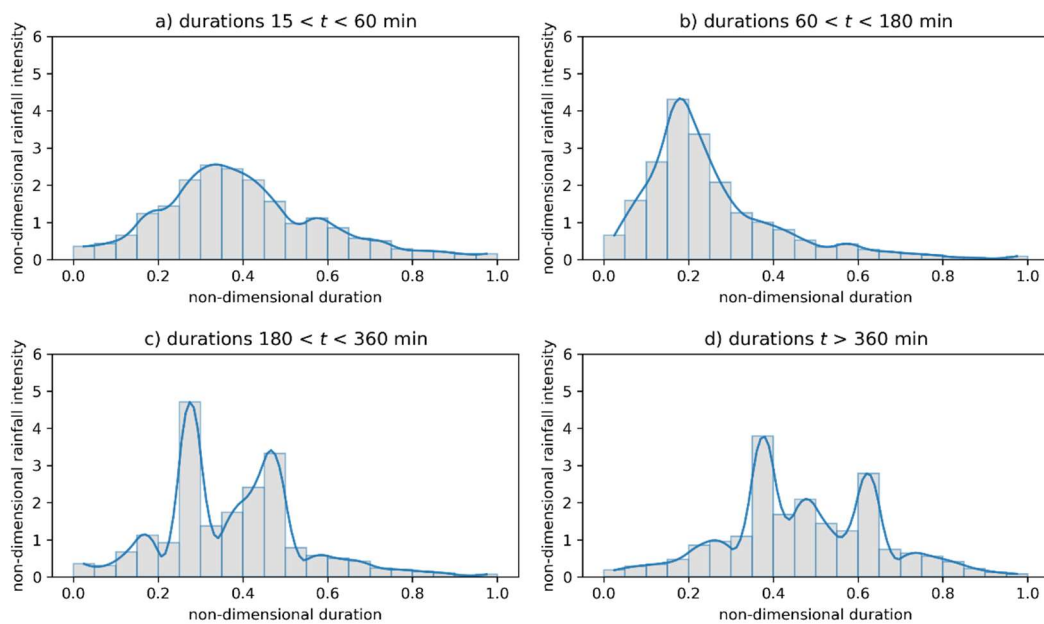
Na temelju krivulja kumulativnog pljuska za projektiranje, definirani su i bezdimenzionalni hijetogrami pljuska za projektiranje (Slika 5.4.6.). Kumulativne krivulje podijeljene su na 20 perioda - jednakih vremenskih dijelova, te ja za svaki dio definiran odgovarajući bezdimenzionalni intenzitet. Vrijednosti bezdimenzionalnog intenziteta predstavljaju faktore korekcije f_{int} prosječnog intenziteta. Prosječni intenzitet dobiven iz HTP/ITP krivulja se množi s ovim faktorima kako bi se dobio projektni hijetogram.

Jednako kao i kumulativne krivulje, hijetogrami ukazuju na vremenske karakteristike pljuska za projektiranje. Najizraženija vremenska varijabilnost pljuska za projektiranje prisutna je za treći razred trajanja (Slika 5.4.6.c). Najmanje izražena varijabilnost prisutna je kod prvog razreda trajanja pljuska za projektiranje (Slika 5.4.6.a).

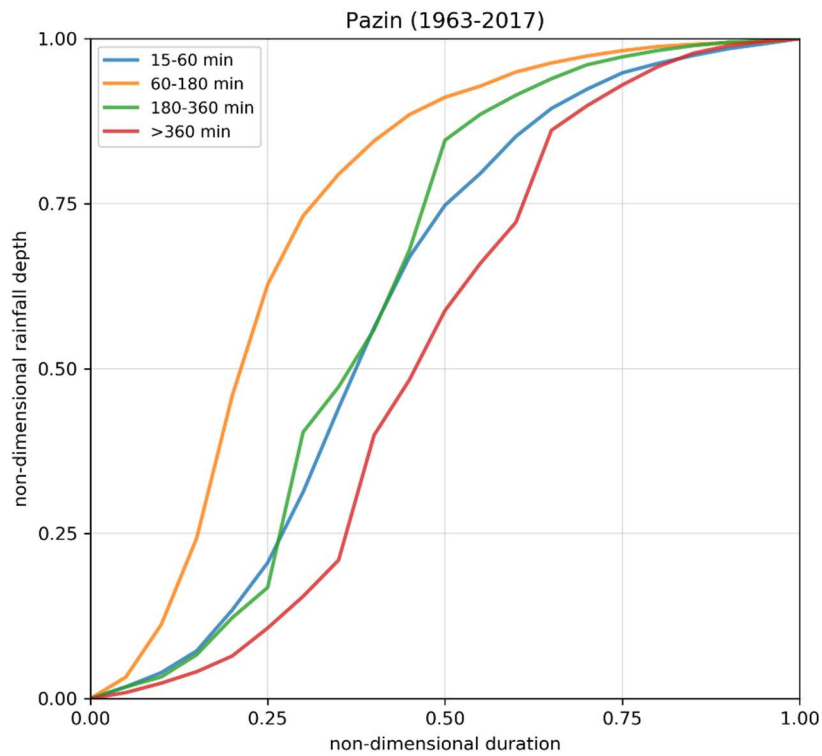
Usporedba sva četiri razreda trajanja kumulativnih krivulja pljuska za projektiranje prikazana je na Slici 5.4.7., a usporedba hijetograma pljuska za projektiranje na Slici 5.4.8.



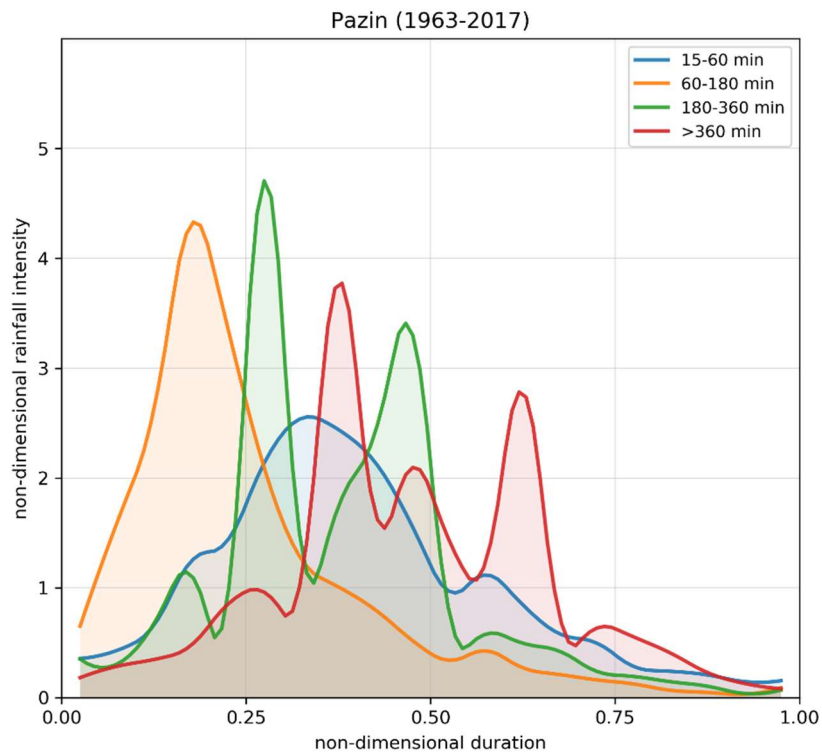
Slika 5.4.5. Definirane bezdimenzionalne kumulativne krivulje pljuska za projektiranje za različite razrede trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min



Slika 5.4.6. Definirani bezdimenzionalni hijetogrami pljuska za projektiranje za različite razrede trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min



Slika 5.4.7. Usporedba sva četiri razreda trajanja bezdimenzionalnih kumulativnih krivulja pljuska za projektiranje za postaju Pazin (1963. – 2017.)



Slika 5.4.8. Usporedba sva četiri razreda trajanja bezdimenzionalnih hijetograma pljuska za projektiranje za postaju Pazin (1963. – 2017.)

Za potrebe definiranja konačnog projektnog hijetograma, vremenska raspodjela intenziteta oborine dana je i u tabličnom obliku za postaju Pazin u Tablici 5.4.1. Ove vrijednosti opisuju potreban faktor korekcije f_{int} prosječnog intenziteta u svakom od 20 vremenskih perioda odabrane oborine (njihova suma podijeljena s brojem perioda iznosi 1). Maksimalni trenutni intenzitet očekuje se za treći razred trajanja, u iznosu od 4,71. Za preostale razrede trajanja (prvi, drugi i četvrti), očekuju se redom maksimalni faktori korekcije intenziteta 2,54; 4,31 i 3,79.

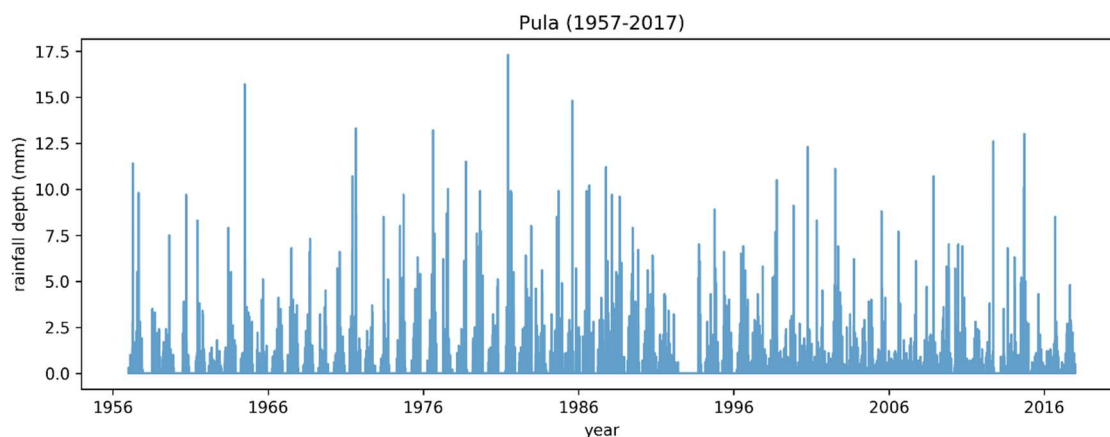
Tablica 5.4.11. Vremenska raspodjela intenziteta oborine pljusk za projektiranje (faktori korekcije f_{int}), za sva četiri razreda trajanja na postaji Pazin (1963. – 2017.)

f_{int}	Razred trajanja				
	Period	15 - 60 min	60 - 180 min	180 - 360 min	360 - 2880 min
P_1		0.36	0.65	0.35	0.18
P_2		0.43	1.59	0.31	0.29
P_3		0.66	2.62	0.67	0.35
P_4		1.24	4.31	1.12	0.47
P_5		1.43	3.37	0.92	0.85
P_6		2.14	2.08	4.71	0.96
P_7		2.54	1.26	1.37	1.10
P_8		2.44	1.01	1.74	3.79
P_9		2.14	0.80	2.42	1.68
P_{10}		1.56	0.52	3.32	2.09
P_{11}		0.97	0.34	0.79	1.44
P_{12}		1.12	0.43	0.58	1.24
P_{13}		0.85	0.27	0.50	2.79
P_{14}		0.58	0.21	0.42	0.74
P_{15}		0.50	0.16	0.24	0.63
P_{16}		0.29	0.13	0.19	0.55
P_{17}		0.24	0.07	0.15	0.41
P_{18}		0.21	0.05	0.10	0.23
P_{19}		0.15	0.03	0.04	0.13
P_{20}		0.15	0.09	0.07	0.08

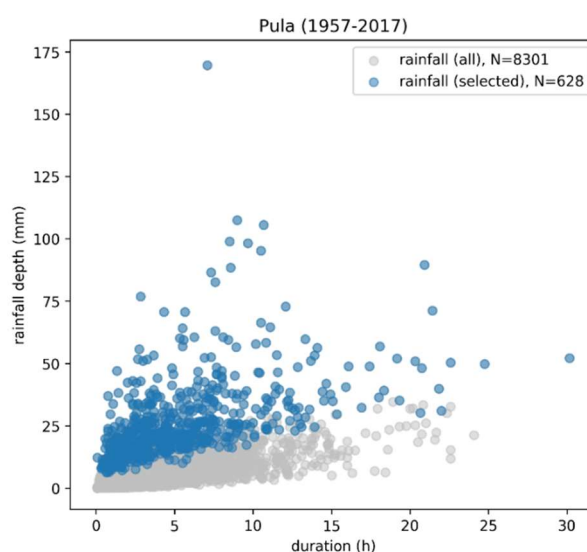
5.4.2. Pljusak za projektiranje na pilot području Istre – postaja Pula

Oblik pljusk za projektiranje za postaju Pula definiran je na osnovu 5-min niza ombrografskih podataka iz razdoblja 1957. – 2017. godine (Slika 5.4.9). Maksimalna 5-min oborina zabilježena u tom periodu iznosila je $H_{5min} = 17,3$ mm. Tijekom 60 godina zabilježena je 8 301 neovisna kišna epizoda. Od 8 301 kišne epizode, za daljnju analizu odabrano je 628 epizoda koje premašuju pragove definirane u Tablici 3.1.1. Pritom, maksimalna količina oborine po jednom događaju iznosila je $H = 169.6$ mm, a najdulje trajanje iznosilo je $t_k = 30,2$ h (Slika 5.4.10).

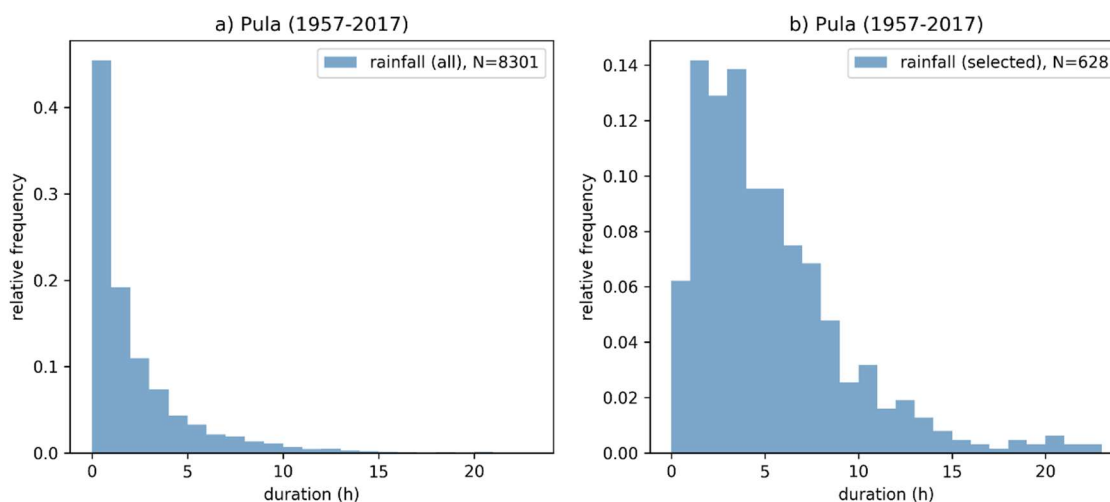
Histogram trajanja svih oborina prikazan je na Slici 5.4.11a, a histogram odabranih oborina na Slici 5.4.11b. Primjetno je kako raspodjela trajanja svih oborina ima približno eksponencijalni oblik, odnosno najviše je zabilježenih oborina najkraćeg trajanja ($t < 60$ min) kojih ima skoro 50% (Slika 5.4.11a.). S druge strane, histogram odabranih oborina je ujednačeniji, s najviše zabilježenih oborina (~14%) trajanja između 1h i 4h (Slika 5.4.11b.).



Slika 5.4.9. Niz 5-min oborina zabilježenih na ombrografu postaje Pula u razdoblju od 1957. – 2017. godine

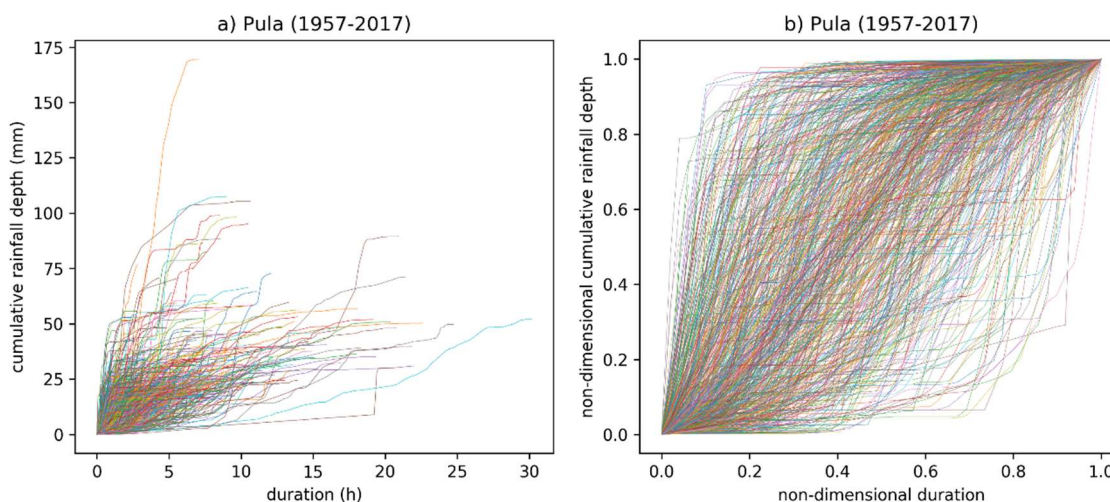


Slika 5.4.10. Prikaz ukupne količine oborine i trajanja svih kišnih epizoda te odabranih kišnih epizoda koje premašuju pragove definirane u Tablici 5.4.1.



Slika 5.4.11. Histogram trajanja: a) svih zabilježenih oborina, b) odabranih oborina koje premašuju pragove

Pojedinačne kumulativne krivulje odabranih kišnih epizoda prikazane su na Slici 5.4.12a. Njihov bezdimenzionalni oblik, tj. odabrane pojedinačne kumulativne krivulje svedene na koordinate (0, 0) – (1, 1) prikazane su na Slici 5.4.12b. Primjetna je izražena vremenska varijabilnost intenziteta oborine za većinu kišnih epizoda. Naime, svako odstupanje krivulje od dijagonale ukazuje na promjene u intenzitetu oborine unutar njenog trajanja. Također, primjetno je kako postoji velika varijabilnost oblika kumulativnih krivulja, koje se razlikuju i po nagibu (strmini) središnjeg dijela krivulje, ali i trenutku maksimalnog nagiba krivulje. Pritom, treba napomenuti kako maksimalni nagib krivulje odgovara maksimalnom trenutnom intenzitetu oborine.

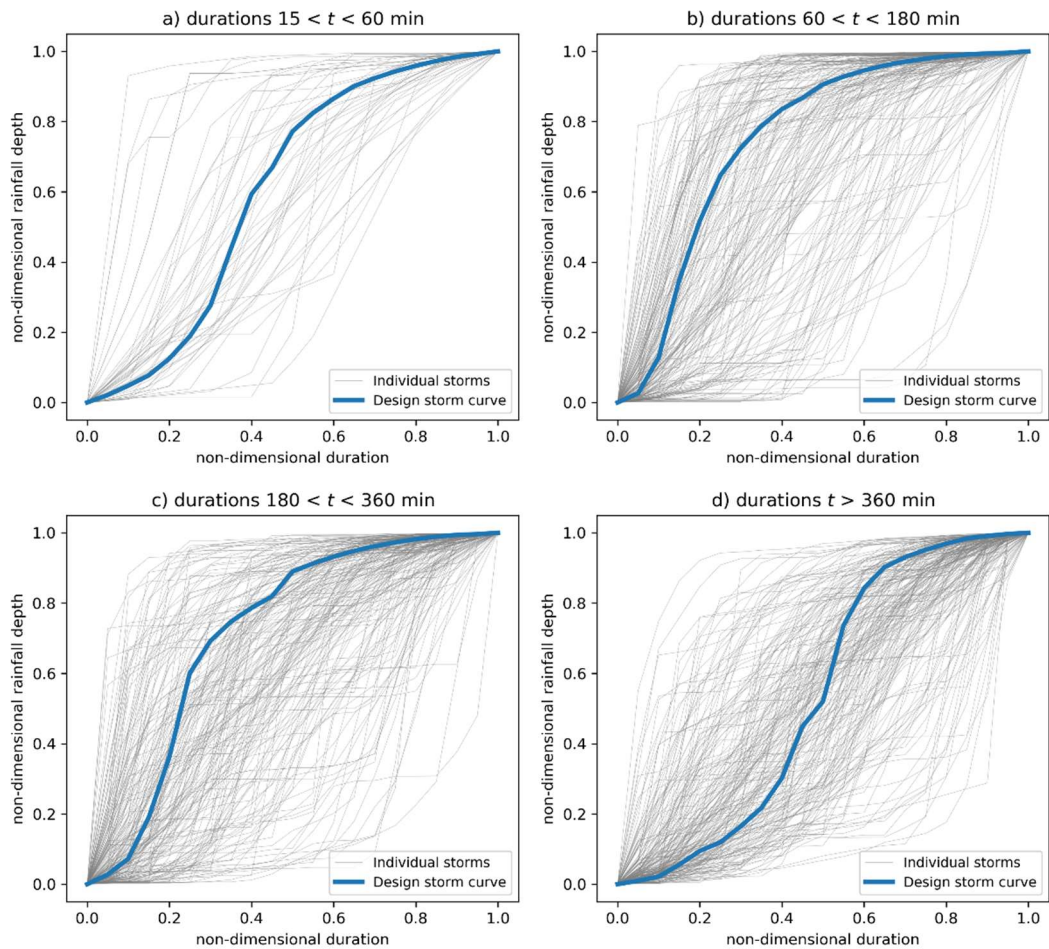


Slika 5.4.12. Kumulativne krivulje odabranih kišnih epizoda (a) te njihov bezdimenzionalni oblik u 0-1 prostoru (b)

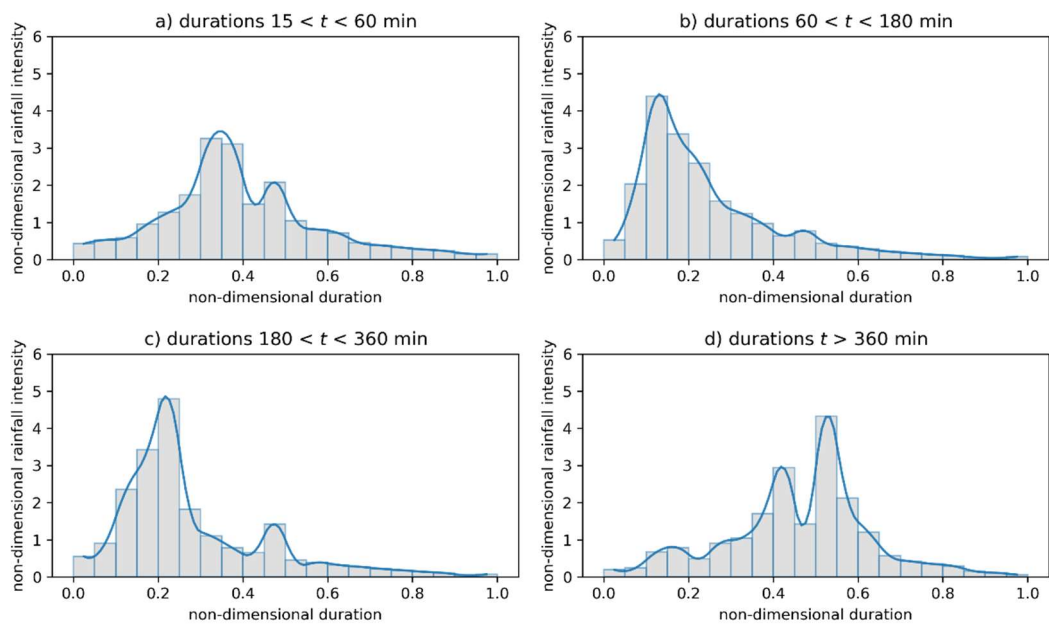
Bezdimenzionalne krivulje prikazane na Slici 5.4.12b., kategorizirane su u četiri unaprijed definirana razreda trajanja oborina te je za svaki razred proveden proračun pljuska za projektiranje prema metodi prosječne varijabilnosti, detaljnije obrazložen u poglavlju 3.4.

Definirane kumulativne krivulje pljuska za projektiranje, te odabrane pojedinačne krivulje na temelju kojih je provedena predmetna analiza, prikazane su na Slikama 5.4.13a., b, c, i d ovisno o razredu trajanja. Sve četiri krivulje imaju izražen S-oblik, odnosno primjetnu vremensku varijabilnost tijekom trajanja oborine. Vrlo izražena vremenska varijabilnost primjetna je kod drugog, trećeg i četvrtog razreda trajanja (Slike 5.4.13b, c i d). U drugom i trećem razredu trajanja najizraženiji prirast količine oborine događa se u prvom kvartilu trajanja, dok kod četvrtog razreda trajanja maksimalni prirast je u trećem kvartilu. Najmanje izraženu vremensku varijabilnost oborine imaju prvi (najkraći) razred trajanja.

Na temelju krivulja kumulativnog pljuska za projektiranje, definirani su i bezdimenzionalni hijetogrami pljuska za projektiranje (Slika 5.4.14). Jednako kao i kumulativne krivulje, hijetogrami ukazuju na vremenske karakteristike pljuska za projektiranje. Najizraženija vremenska varijabilnost pljuska za projektiranje prisutna je podjednako u drugom, trećem i četvrtom razredu trajanja (Slike 5.4.14b., c i d). Razlike su jedino u trenutku u kojem se javljaju najjači intenziteti. Najmanje izražena varijabilnost prisutna je kod prvog (Slika 5.4.14a.) razreda trajanja pljuska za projektiranje.

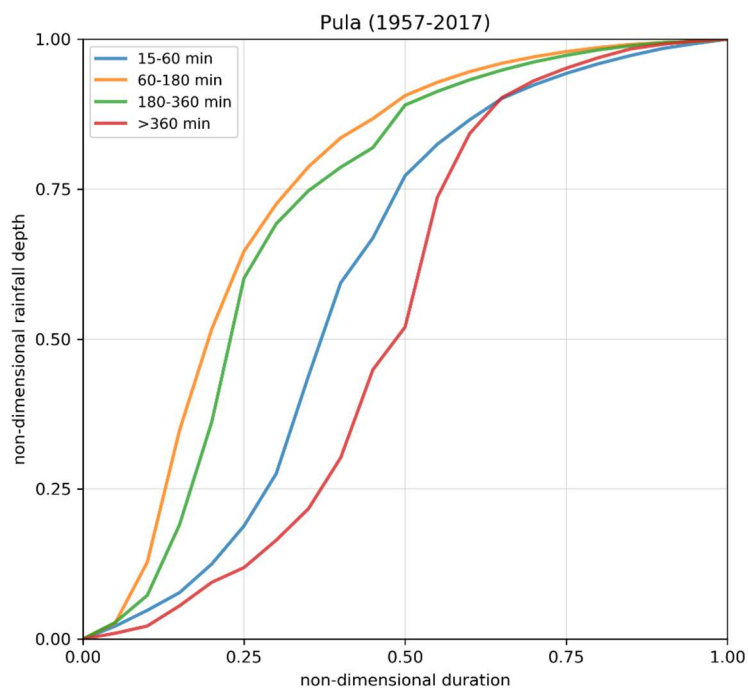


Slika 5.4.13. Definirane bezdimenzionalne kumulativne krivulje pljusk za projektiranje za različite razrede trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min

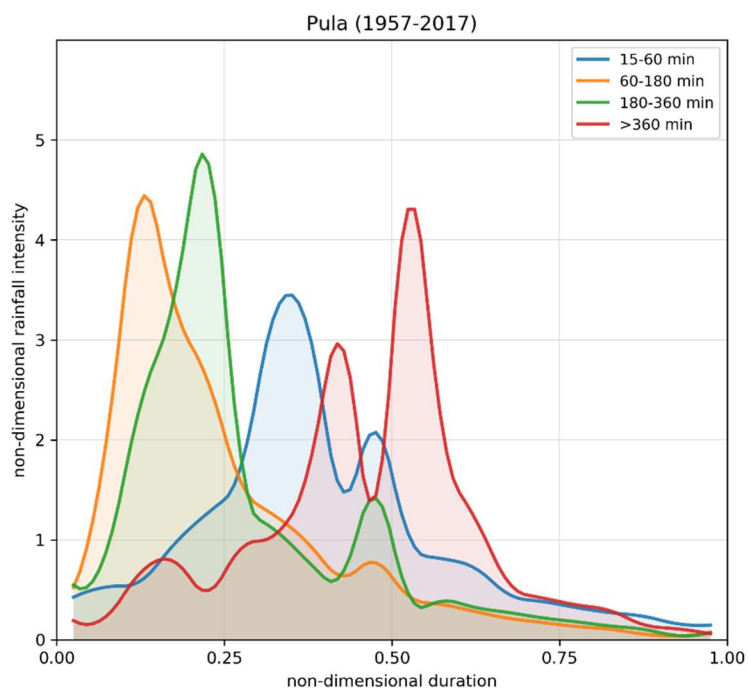


Slika 5.4.14. Definirani bezdimenzionalni hijetogrami pljusk za projektiranje za različite razrede trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min

Usporedba sva četiri razreda trajanja kumulativnih krivulja pljuska za projektiranje prikazana je na Slici 5.4.15, a usporedba hijetograma pljuska za projektiranje na Slici 5.4.16.



Slika 5.4.15. Usporedba sva četiri razreda trajanja bezdimenzionalnih kumulativnih krivulja pljuska za projektiranje za postaju Pula (1957. – 2017.)



Slika 5.4.16. Usporedba sva četiri razreda trajanja bezdimenzionalnih hijetograma pljuska za projektiranje za postaju Pazin (1963. – 2017.)

Za potrebe definiranja konačnog hijetograma pljuska za projektiranje, vremenska raspodjela intenziteta oborine dana je i u tabličnom obliku za postaju Pula u Tablici 5.4.2. Ove vrijednosti opisuju potreban faktor korekcije prosječnog intenziteta u svakom od 20 vremenskih perioda odabrane oborine (njihova suma podijeljena s brojem perioda iznosi 1).

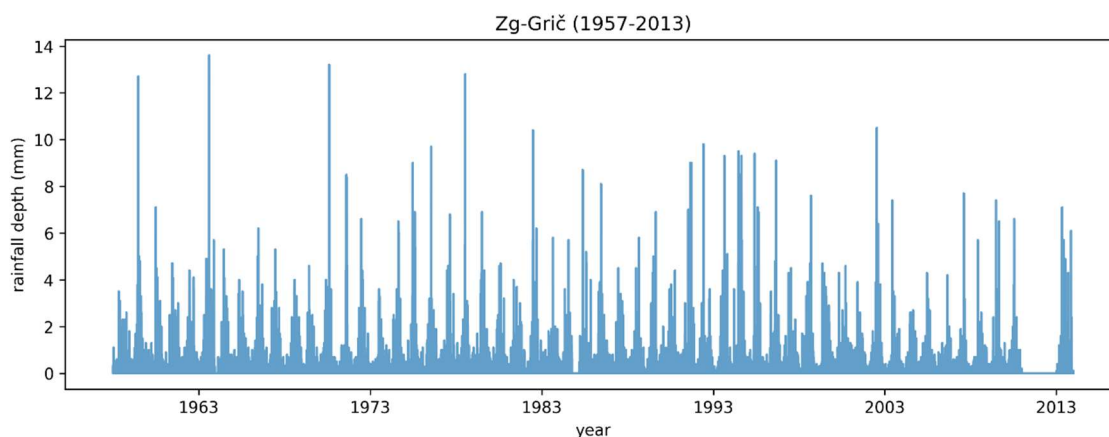
Tablica 5.4.2. Vremenska raspodjela intenziteta oborine pljuska za projektiranje (faktori korekcije f_{int}), za sva četiri razreda trajanja na postaji Pula (1957. – 2017.)

f_{int}	Razred trajanja			
	15 - 60 min	60 - 180 min	180 - 360 min	360 - 2880 min
P1	0.43	0.53	0.55	0.19
P2	0.53	2.04	0.91	0.24
P3	0.59	4.40	2.35	0.67
P4	0.95	3.38	3.42	0.78
P5	1.27	2.59	4.79	0.49
P6	1.74	1.57	1.82	0.91
P7	3.25	1.24	1.10	1.05
P8	3.11	0.96	0.78	1.70
P9	1.50	0.64	0.66	2.94
P10	2.08	0.77	1.42	1.42
P11	1.05	0.44	0.45	4.32
P12	0.81	0.35	0.39	2.12
P13	0.71	0.28	0.32	1.20
P14	0.45	0.21	0.27	0.57
P15	0.38	0.17	0.22	0.42
P16	0.32	0.13	0.18	0.35
P17	0.27	0.11	0.14	0.29
P18	0.24	0.06	0.11	0.15
P19	0.16	0.04	0.04	0.11
P20	0.15	0.08	0.07	0.06

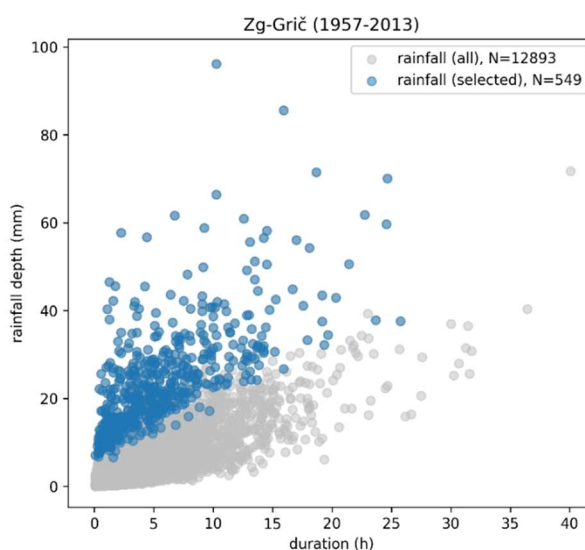
5.4.3. Pljusak za projektiranje na pilot području Zagreba – postaja Grič

Oblik pljuska za projektiranje za postaju Zagreb-Grič definiran je na osnovu 5-min niza ombrografskih podataka iz razdoblja 1957. – 2013. godine (Slika 5.4.17.). Maksimalna 5-min oborina zabilježena u tom periodu iznosila je $H_{5min} = 13,6$ mm. Tijekom 56 godina zabilježeno je 12 893 neovisne kišne epizode. Od 12 893 kišne epizode, za daljnju analizu odabrano je 549 epizoda koje premašuju pragove definirane u Tablici 3.1.1. Pritom, maksimalna količina oborine po jednom događaju iznosila je $H = 96,1$ mm, a najdulje trajanje iznosilo je $t_k = 25,8$ h (Slika 5.4.18.).

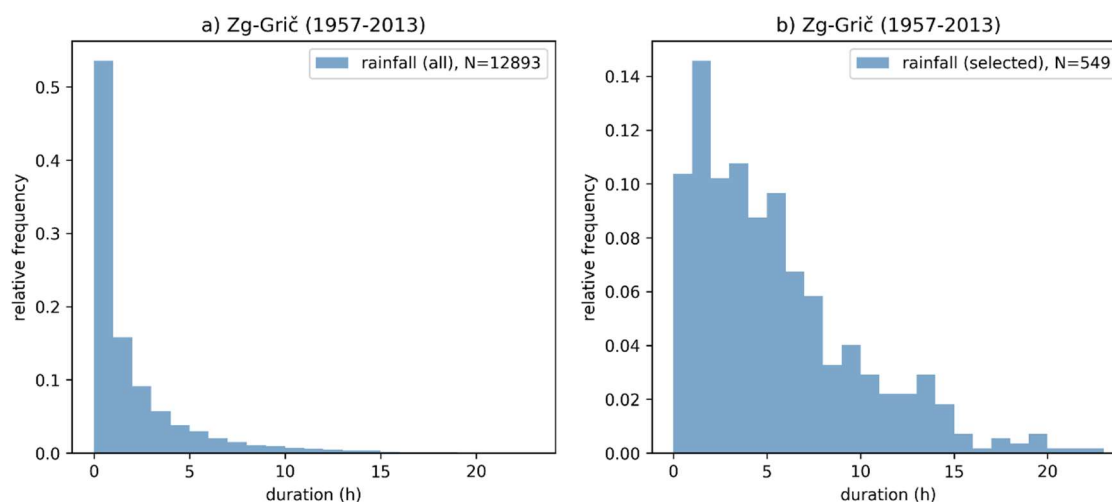
Histogram trajanja svih oborina prikazan je na Slici 5.4.19a., a histogram odabranih oborina na Slici 5.4.19b. Primjetno je kako raspodjela trajanja svih oborina ima približno eksponencijalni oblik, odnosno najviše je zabilježenih oborina najkraćeg trajanja ($t < 60$ min) kojih ima nešto više od 50% (Slika 5.4.19a.). S druge strane, histogram odabranih oborina je ujednačeniji, s najviše zabilježenih oborina (~14%) trajanja između 1h i 2h (Slika 5.4.19b.).



Slika 5.4.17. Niz 5-min oborina zabilježenih na ombrografu postaje Zagreb-Grič u razdoblju od 1957. – 2013. godine

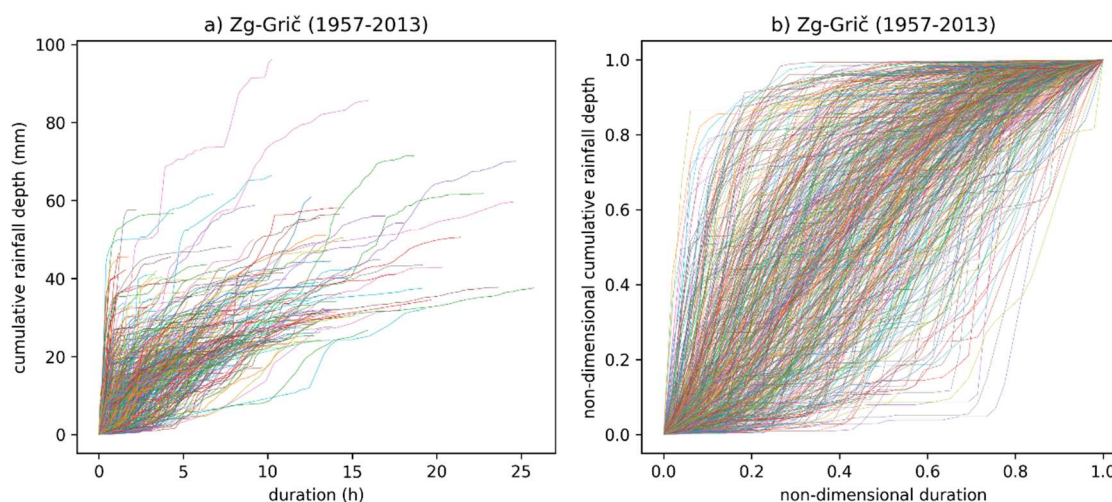


Slika 5.4.18. Prikaz ukupne količine oborine i trajanja svih kišnih epizoda te odabranih kišnih epizoda koje premašuju pragove definirane u Tablici 5.4.1



Slika 5.4.19. Histogram trajanja: a) svih zabilježenih oborina, b) odabranih oborina koje premašuju pragove

Pojedinačne kumulativne krivulje odabranih kišnih epizoda prikazane su na Slici 5.4.20a. Njihov bezdimenzionalni oblik, tj. odabrane pojedinačne kumulativne krivulje svedene na koordinate (0, 0) – (1, 1) prikazane su na Slici 5.4.20b. Primjetna je izražena vremenska varijabilnost intenziteta oborine za većinu kišnih epizoda. Naime, svako odstupanje krivulje od dijagonale ukazuje na promjene u intenzitetu oborine unutar njenog trajanja. Također, primjetno je kako postoji velika varijabilnost oblika kumulativnih krivulja, koje se razlikuju i po nagibu (strmini) središnjeg dijela krivulje, ali i trenutku maksimalnog nagiba krivulje. Pritom, treba napomenuti kako maksimalni nagib krivulje odgovara maksimalnom trenutnom intenzitetu oborine.

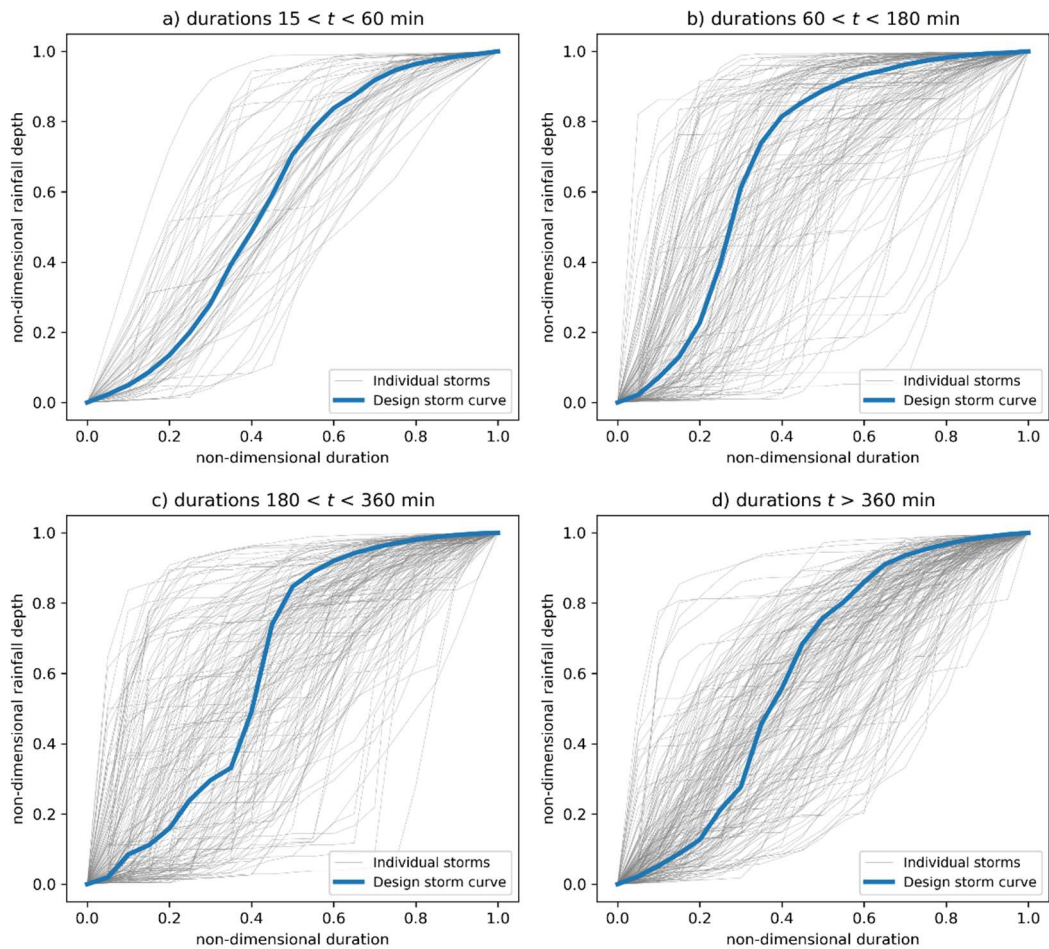


Slika 5.4.20. Kumulativne krivulje odabranih kišnih epizoda (a) te njihov bezdimenzionalni oblik u 0-1 prostoru (b)

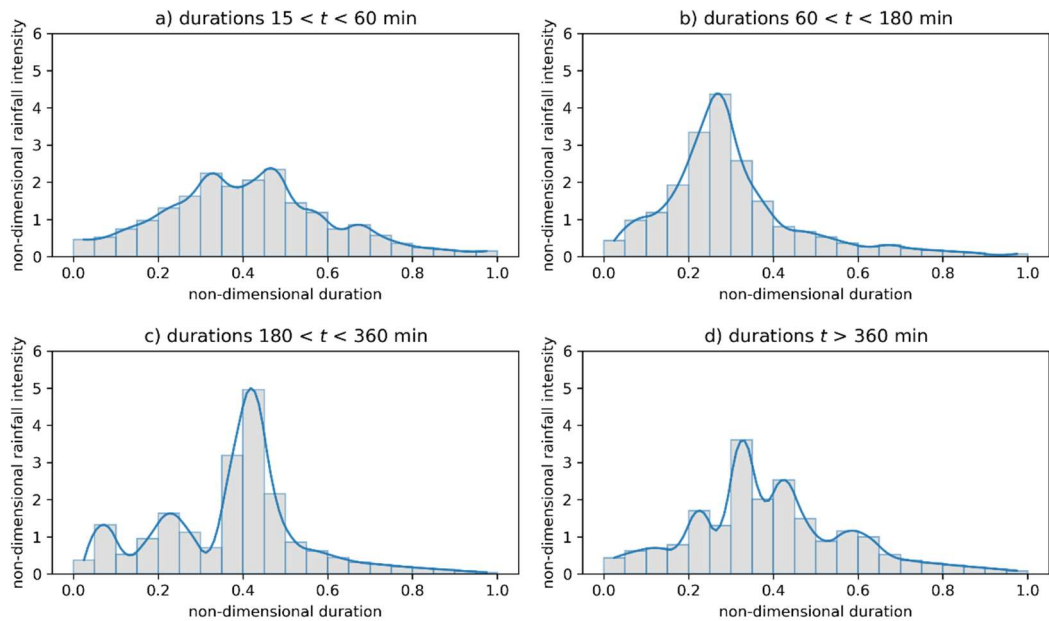
Bezdimenzionalne krivulje prikazane na Slici 5.4.20b., kategorizirane su u četiri unaprijed definirana razreda trajanja oborina te je za svaki razred proveden proračun pljuska za projektiranje prema metodi prosječne varijabilnosti, detaljnije obrazložen u poglavlju 3.4

Definirane kumulativne krivulje pljuska za projektiranje, te odabrane pojedinačne krivulje na temelju kojih je provedena predmetna analiza, prikazane su na Slikama 5.4.21a., b, c, i d ovisno o razredu trajanja. Sve četiri krivulje imaju izražen S-oblik, odnosno primjetnu vremensku varijabilnost tijekom trajanja oborine. Najizraženiju vremensku varijabilnost ima pljusak za projektiranje trećeg razreda trajanja ($180 < t \leq 360$ min) (Slika 5.4.21c). U tom razredu trajanja, maksimalna pozitivna promjena količine oborine (maksimalni trenutni intenzitet) događa se na početku, točnije u drugom kvartilu (između 25% i 50% od ukupnog trajanja). Najmanje izraženu vremensku varijabilnost oborine ima prvi (najkraći) razred trajanja.

Na temelju krivulja kumulativnog pljuska za projektiranje, definirani su i bezdimenzionalni hijetogrami pljuska za projektiranje (Slika 5.4.22.). Jednako kao i kumulativne krivulje, hijetogrami ukazuju na vremenske karakteristike pljuska za projektiranje. Najizraženija vremenska varijabilnost pljuska za projektiranje prisutna je za treći razred trajanja ($180 < t \leq 360$ min) (Slika 5.4.22c). Najmanje izražena varijabilnost prisutna je kod prvog (Slika 5.4.22a.) razreda trajanja pljuska za projektiranje.

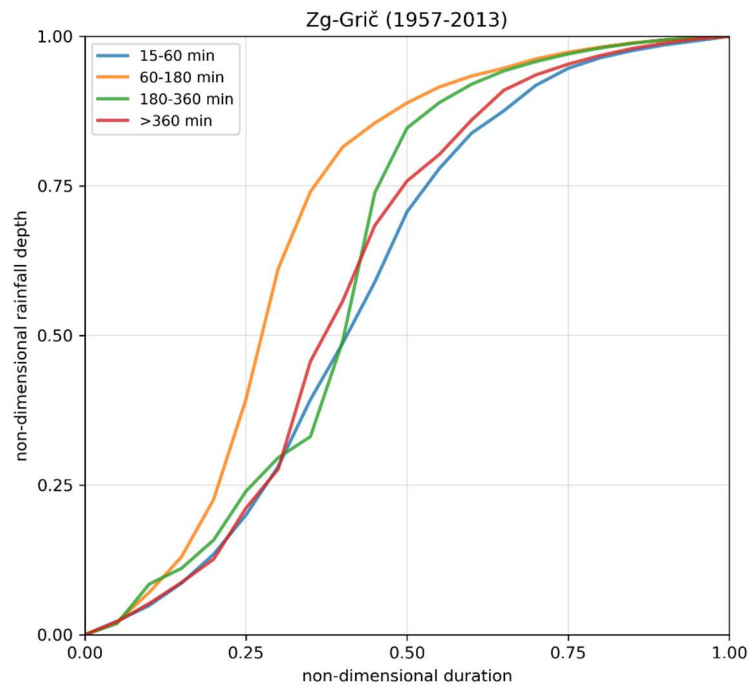


Slika 5.4.21. Definirane bezdimenzionalne kumulativne krivulje pljuska za projektiranje za različite razrede trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min

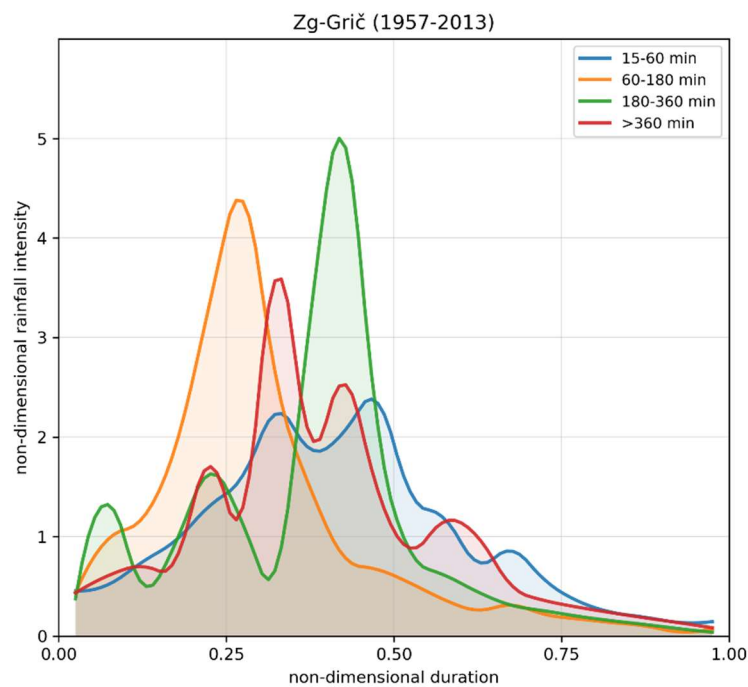


Slika 5.4.22. Definirani bezdimenzionalni hijetogrami pljuska za projektiranje za različite razrede trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min

Usporedba sva četiri razreda trajanja kumulativnih krivulja pljuska za projektiranje prikazana je na Slici 5.4.23., a usporedba hijetograma pljuska za projektiranje na Slici 5.4.24.



Slika 5.4.23. Usporedba sva četiri razreda trajanja bezdimenzionalnih kumulativnih krivulja pljuska za projektiranje za postaju Zagreb-Grič (1957. – 2013.)



Slika 5.4.24. Usporedba sva četiri razreda trajanja bezdimenzionalnih hijetograma pljuska za projektiranje za postaju Zagreb-Grič (1957. – 2013.)

Za potrebe definiranja konačnog hijetograma pljuska za projektiranje, vremenska raspodjela intenziteta oborine dana ja i u tabličnom obliku za postaju Zagreb-Grič u Tablici 5.4.3. Ove vrijednosti opisuju potreban faktor korekcije prosječnog intenziteta u svakom od 20 vremenskih perioda odabrane oborine (njihova suma podijeljena s brojem perioda iznosi 1).

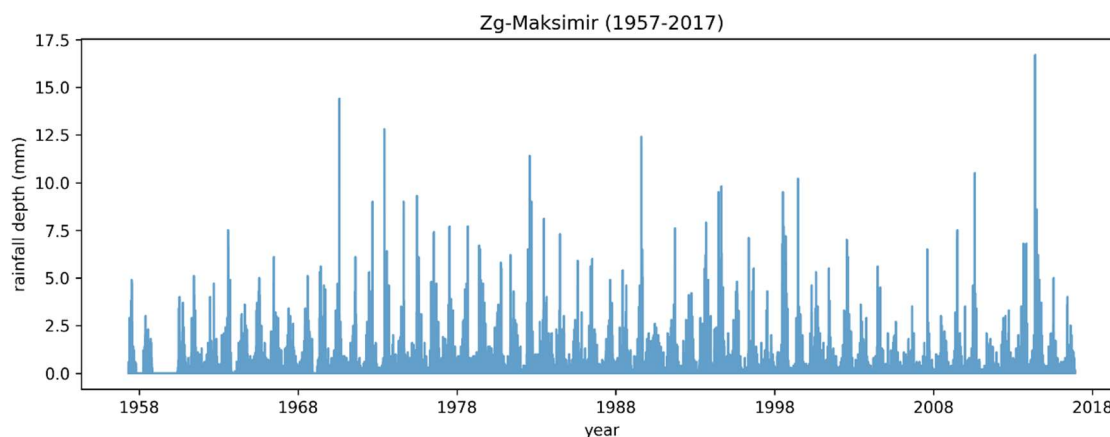
Tablica 5.2.3. Vremenska raspodjela intenziteta oborine pljuska za projektiranje (faktori korekcije f_{int}), za sva četiri razreda trajanja na postaji Zagreb-Grič (957. – 2013.)

f_{int}	Razred trajanja				
	Period	15 - 60 min	60 - 180 min	180 - 360 min	360 - 2880 min
P1		0.46	0.44	0.38	0.44
P2		0.52	0.98	1.32	0.61
P3		0.75	1.19	0.53	0.70
P4		0.97	1.93	0.95	0.78
P5		1.31	3.34	1.63	1.70
P6		1.62	4.36	1.12	1.30
P7		2.24	2.57	0.71	3.60
P8		1.88	1.49	3.19	2.01
P9		2.05	0.81	4.96	2.53
P10		2.35	0.67	2.16	1.49
P11		1.44	0.53	0.85	0.88
P12		1.18	0.37	0.61	1.15
P13		0.75	0.26	0.45	1.00
P14		0.86	0.31	0.31	0.51
P15		0.57	0.22	0.25	0.36
P16		0.35	0.17	0.20	0.29
P17		0.24	0.14	0.16	0.24
P18		0.19	0.10	0.12	0.18
P19		0.14	0.05	0.08	0.14
P20		0.15	0.07	0.04	0.08

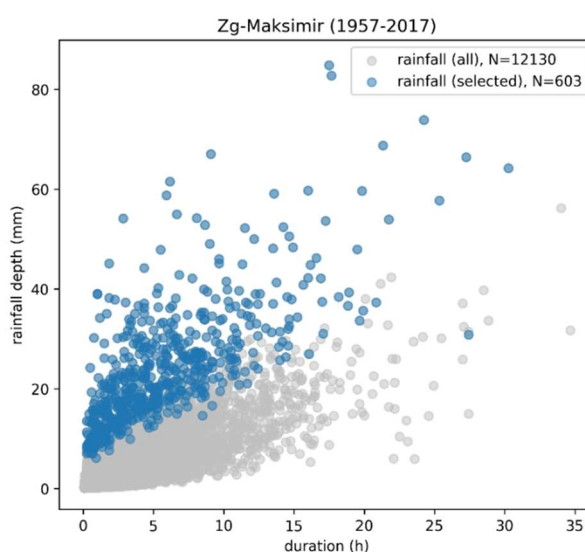
5.4.4. Pljusak za projektiranje na pilot području Zagreba – postaja Maksimir

Oblik pljuska za projektiranje za postaju Zagreb-Maksimir definiran je na osnovu 5-min niza ombrografskih podataka iz razdoblja 1957. – 2017. godine (Slika 5.4.25.). Maksimalna 5-min oborina zabilježena u tom periodu iznosila je $H_{5min} = 16,7$ mm. Tijekom 60 godina zabilježeno je 12 130 neovisnih kišnih epizoda. Od 12 130 kišnih epizoda, za daljnju analizu odabrano je 603 epizode koje premašuju pragove definirane u Tablici 3.1.1. Pritom, maksimalna količina oborine po jednom događaju iznosila je $H = 84,8$ mm, a najdulje trajanje iznosilo je $t_k = 30,25$ h (Slika 5.4.26).

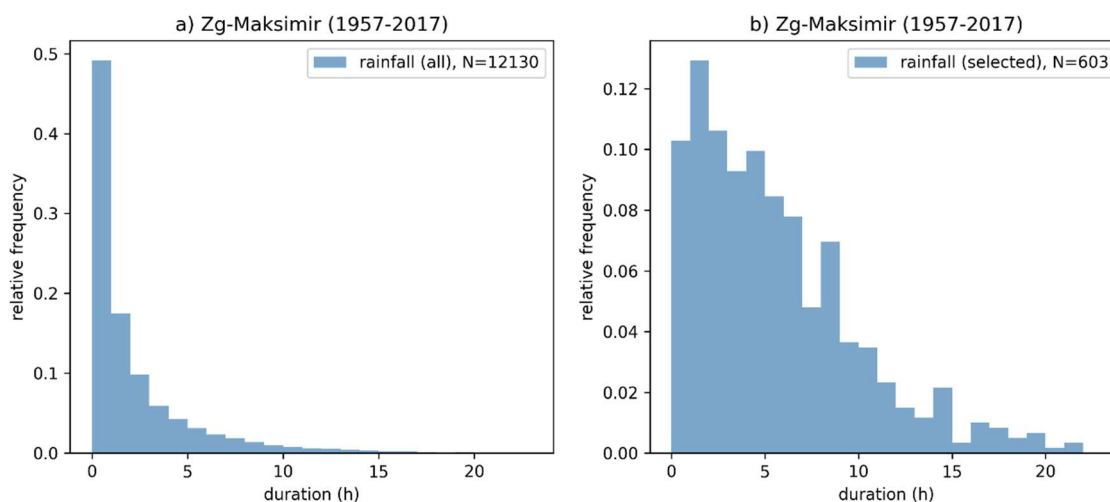
Histogram trajanja svih oborina prikazan je na Slici 5.4.27a., a histogram odabranih oborina na Slici 5.4.27b. Primjetno je kako raspodjela trajanja svih oborina ima približno eksponencijalni oblik, odnosno najviše je zabilježenih oborina najkraćeg trajanja ($t < 60$ min) kojih ima skoro 50% (Slika 5.27a). S druge strane, histogram odabranih oborina je ujednačeniji, s najviše zabilježenih oborina (~13%) trajanja između 1h i 2h (Slika 5.4.27b).



Slika 5.4.25. Niz 5-min oborina zabilježenih na ombrografu postaje Zagreb-Maksimir u razdoblju od 1957. – 2017. godine

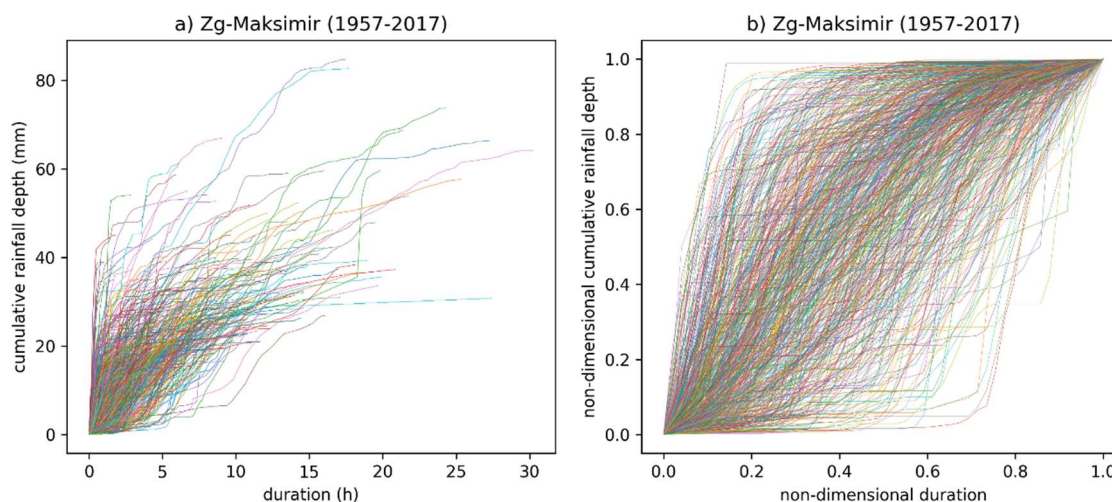


Slika 5.4.26. Prikaz ukupne količine oborine i trajanja svih kišnih epizoda te odabranih kišnih epizoda koje premašuju pragove definirane u Tablici 5.4.1.



Slika 5.4.27. Histogram trajanja: a) svih zabilježenih oborina, b) odabranih oborina koje premašuju pragove

Pojedinačne kumulativne krivulje odabranih kišnih epizoda prikazane su na Slici 5.4.28a. Njihov bezdimenzionalni oblik, tj. odabrane pojedinačne kumulativne krivulje svedene na koordinate (0, 0) – (1, 1) prikazane su na Slici 5.4.28b. Primjetna je izražena vremenska varijabilnost intenziteta oborine za većinu kišnih epizoda. Naime, svako odstupanje krivulje od dijagonale ukazuje na promjene u intenzitetu oborine unutar njenog trajanja. Također, primjetno je kako postoji velika varijabilnost oblika kumulativnih krivulja, koje se razlikuju i po nagibu (strmini) središnjeg dijela krivulje, ali i trenutku maksimalnog nagiba krivulje. Pritom, treba napomenuti kako maksimalni nagib krivulje odgovara maksimalnom trenutnom intenzitetu oborine.

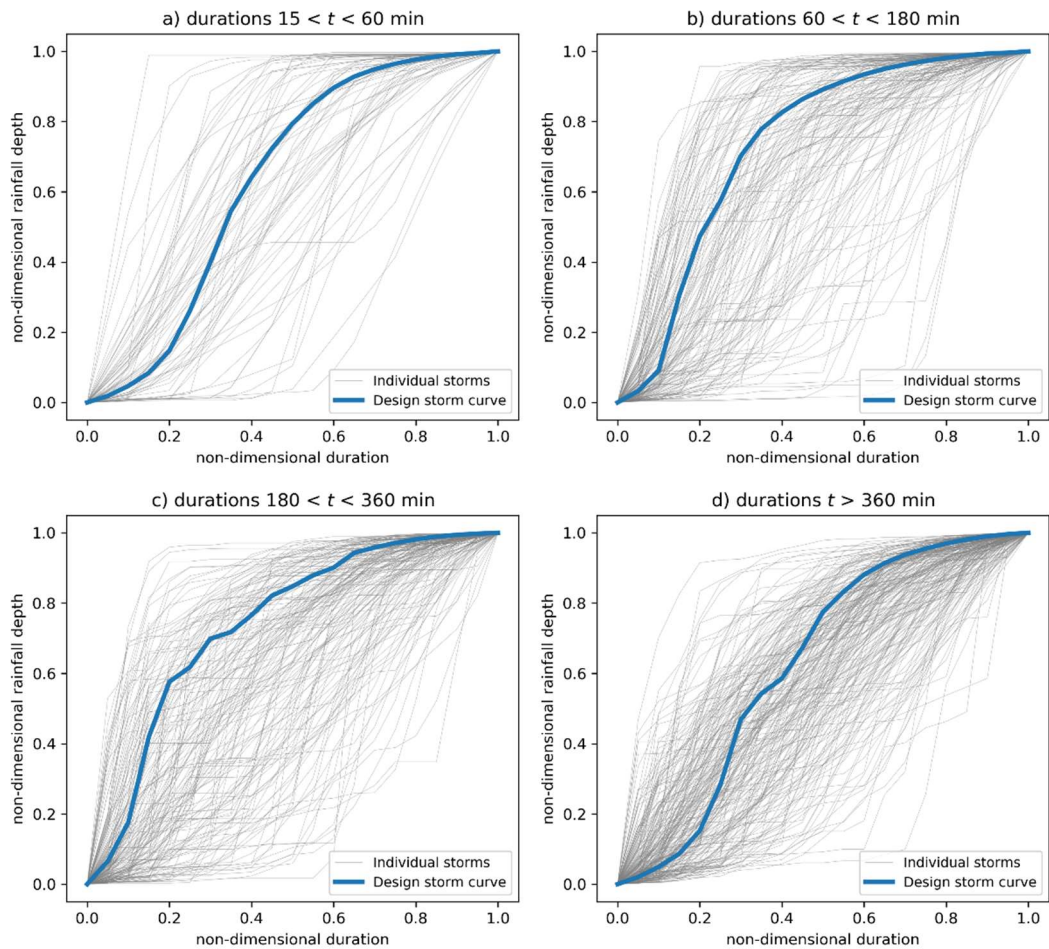


Slika 5.4.28. Kumulativne krivulje odabranih kišnih epizoda (a) te njihov bezdimenzionalni oblik u 0-1 prostoru (b)

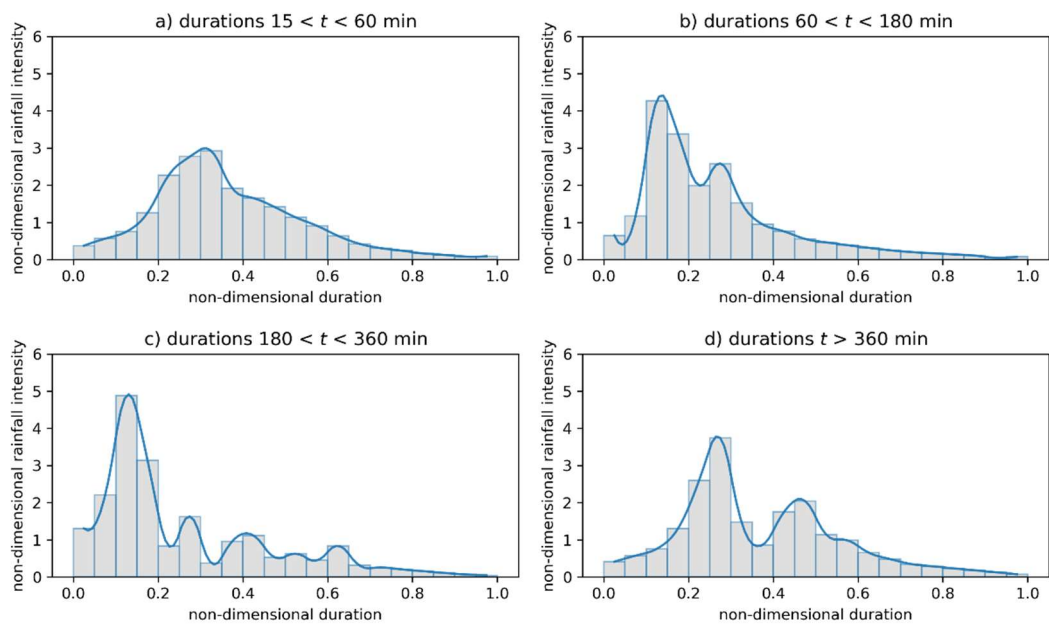
Bezdimenzionalne krivulje prikazane na Slici 5.4.28b., kategorizirane su u četiri unaprijed definirana razreda trajanja oborina te je za svaki razred proveden proračun pljuska za projektiranje prema metodi prosječne varijabilnosti, detaljnije obrazložen u poglavlju 3.4.

Definirane kumulativne krivulje pljuska za projektiranje, te odabrane pojedinačne krivulje na temelju kojih je provedena predmetna analiza, prikazane su na Slikama 5.4.29a., b, c, i d ovisno o razredu trajanja. Sve četiri krivulje imaju izražen S-oblik, odnosno primjetnu vremensku varijabilnost tijekom trajanja oborine. Najizraženiju vremensku varijabilnost ima pljusak za projektiranje trećeg razreda trajanja (Slike 5.4.29c). U ovom razredu trajanja, maksimalna pozitivna promjena količine oborine (maksimalni trenutni intenzitet) događa se na početku, točnije u prvom kvartilu. Najmanje izraženu vremensku varijabilnost oborine ima prvi (najkraći) razred trajanja.

Na temelju krivulja kumulativnog pljuska za projektiranje, definirani su i bezdimenzionalni hijetogrami pljuska za projektiranje (Slika 5.4.30.). Kumulativne krivulje podijeljene su na 20 perioda - jednakih vremenskih dijelova, te ja za svaki dio definiran odgovarajući bezdimenzionalni intenzitet. Jednako kao i kumulativne krivulje, hijetogrami ukazuju na vremenske karakteristike pljuska za projektiranje. Najizraženija vremenska varijabilnost pljuska za projektiranje prisutna je za treći razred trajanja (Slika 5.4.30c). Najmanje izražena varijabilnost prisutna je kod prvog (Slika 5.4.6a.) razreda trajanja pljuska za projektiranje.

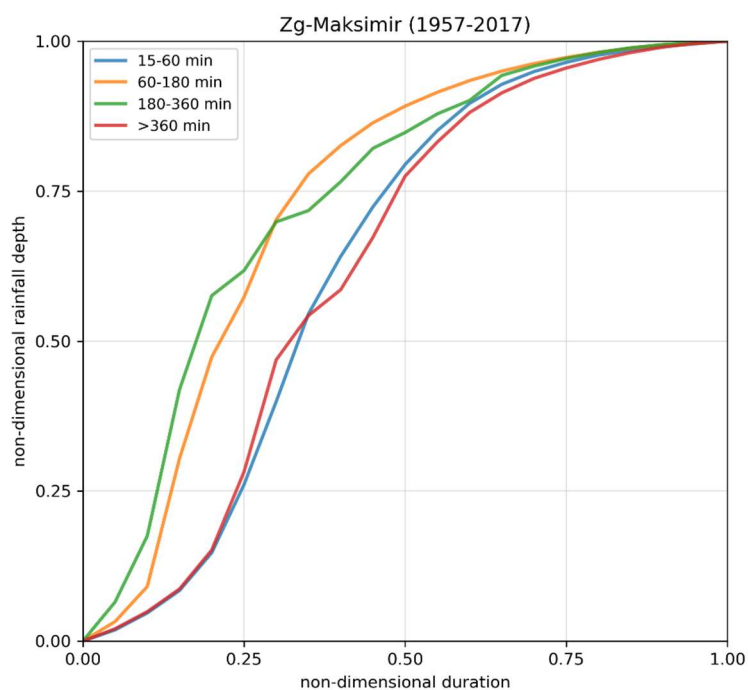


Slika 5.4.29. Definirane bezdimenzionalne kumulativne krivulje pljuska za projektiranje za različite razrede trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min

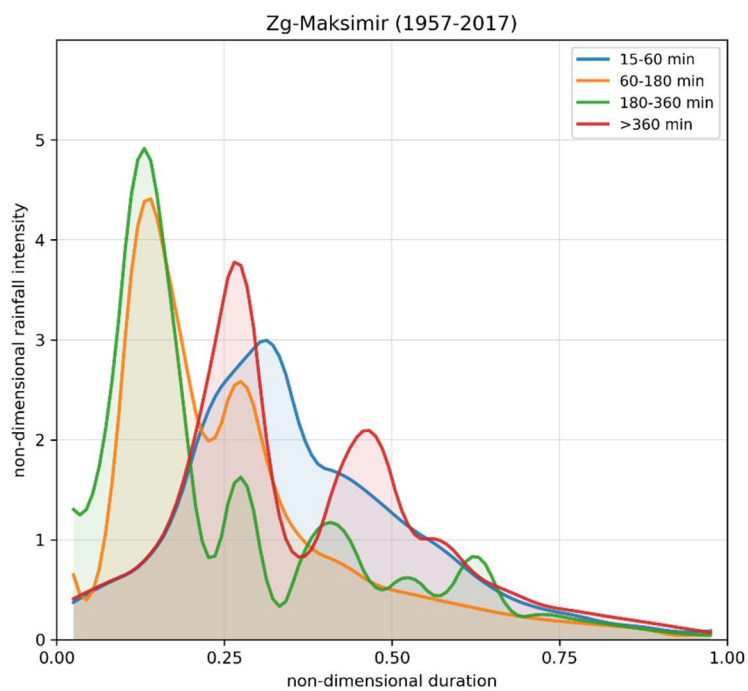


Slika 5.4.30. Definirani bezdimenzionalni hijetogrami pljuska za projektiranje za različite razrede trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min

Usporedba sva četiri razreda trajanja kumulativnih krivulja pljuska za projektiranje prikazana je na Slici 5.4.31., a usporedba hijetograma pljuska za projektiranje na Slici 5.4.32.



Slika 5.4.31. Usporedba sva četiri razreda trajanja bezdimenzionalnih kumulativnih krivulja pljuska za projektiranje za postaju Zagreb-Maksimir (1957. – 2017.)



Slika 5.4.32. Usporedba sva četiri razreda trajanja bezdimenzionalnih hijetograma pljuska za projektiranje za postaju Zagreb-Maksimir (1957. – 2017.)

Za potrebe definiranja konačnog hijetograma pljuska za projektiranje, vremenska raspodjela intenziteta oborine dana je i u tabličnom obliku za postaju Zagreb-Maksimir u Tablici 5.4.4. Ove vrijednosti opisuju potreban faktor korekcije prosječnog intenziteta u svakom od 20 vremenskih perioda odabrane oborine (njihova suma podijeljena s brojem perioda iznosi 1).

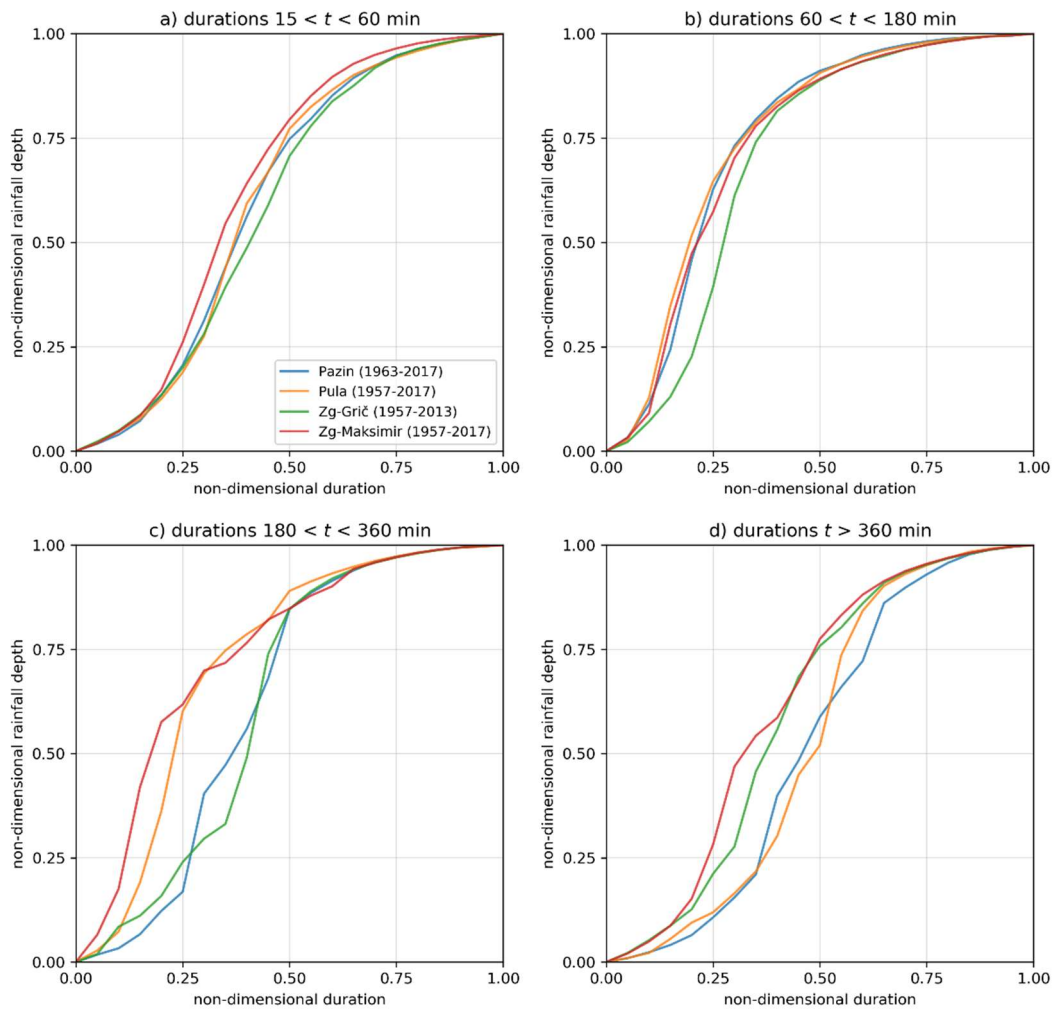
Tablica 5.4.4. Vremenska raspodjela intenziteta oborine pljuska za projektiranje (faktori korekcije f_{int}), za sva četiri razreda trajanja na postaji Zagreb-Maksimir (1957. – 2017.)

f_{int}	Razred trajanja				
	Period	15 - 60 min	60 - 180 min	180 - 360 min	360 - 2880 min
P1		0.37	0.65	1.30	0.41
P2		0.56	1.17	2.20	0.57
P3		0.75	4.27	4.88	0.76
P4		1.26	3.38	3.13	1.30
P5		2.27	1.99	0.84	2.60
P6		2.77	2.58	1.62	3.74
P7		2.92	1.53	0.38	1.48
P8		1.92	0.94	0.96	0.86
P9		1.65	0.76	1.11	1.74
P10		1.41	0.56	0.53	2.04
P11		1.13	0.46	0.62	1.14
P12		0.91	0.39	0.45	0.98
P13		0.63	0.32	0.84	0.65
P14		0.42	0.25	0.31	0.48
P15		0.31	0.20	0.25	0.35
P16		0.24	0.17	0.20	0.29
P17		0.17	0.14	0.15	0.23
P18		0.13	0.11	0.11	0.18
P19		0.08	0.05	0.07	0.13
P20		0.09	0.08	0.04	0.07

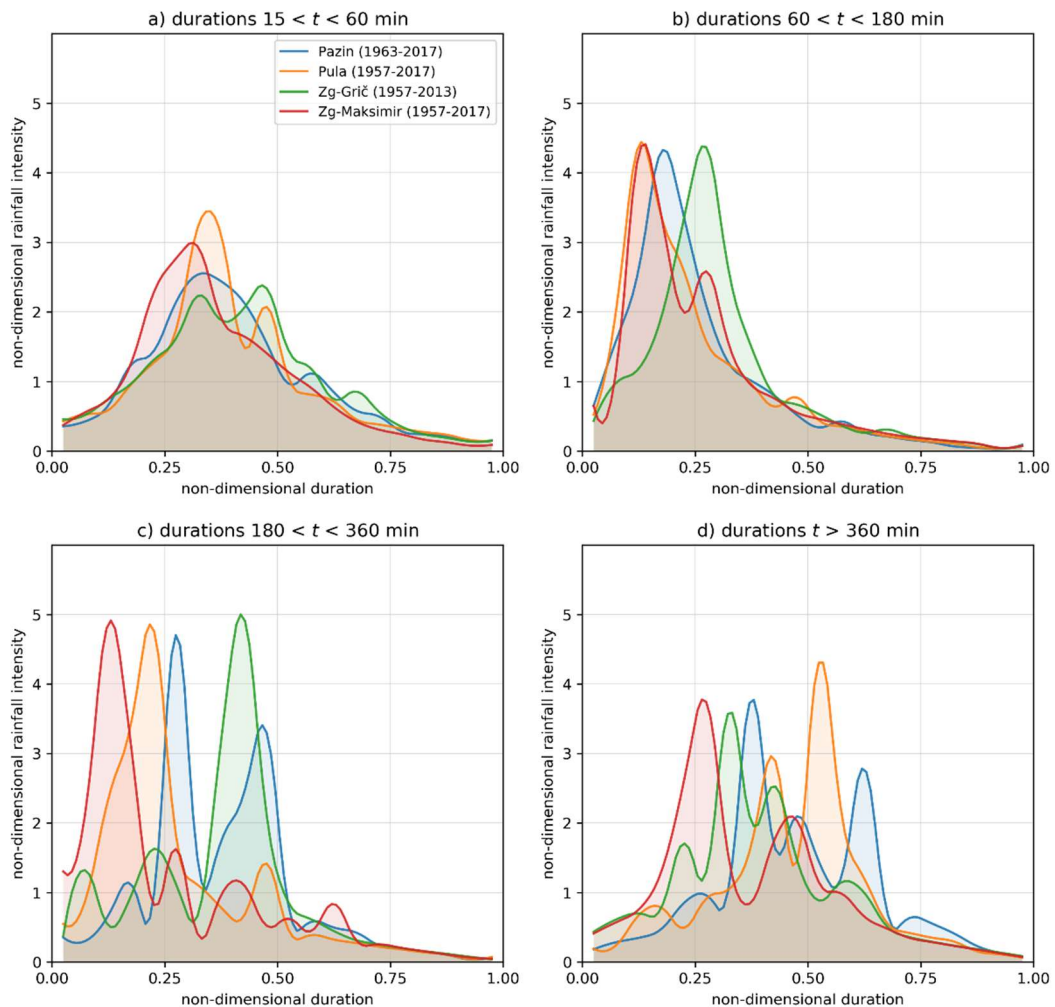
5.4.5. Usporedba pljuska za projektiranje na četiri odabrane postaje

Usporedba definiranog pljuska za projektiranje, u obliku bezdimenzionalnih kumulativnih krivulja, na četiri odabrane postaje prikazana je na Slici 5.4.33., zasebno za svaki od četiri razreda trajanja. Na Slici 5.4.44., prikazani su iste krivulje, ali u obliku bezdimenzionalnih hijetograma.

Može se primijetiti kako je pljusak za projektiranje za prvi, najkraći, razred trajanja (od 15 do 60 min) skoro identičan na sve četiri postaje (Slika 5.4.33a. i 5.4.34a.). Slična podudarnost je primjetna i za drugi razred trajanja (od 1 do 3 h), maksimalni intenziteti su približno jednaki, manje razlike su prisutne jedino kod vremena u kojem se očekuje pojava vršnog intenziteta (Slike 5.4.33.b i 5.4.34b.). Za treći razred trajanja (od 3 do 6 h), primjetne su veće razlike, s time da naizgled postoje određene sličnosti između postaja Pula i Zagreb-Maksimir te Pazin i Zagreb-Grič. Međutim, na prikazu hijetograma evidentno je kako su i ovdje također maksimalni intenziteti približno jednaki, a razlikuju se samo trenutci u kojima se javlja maksimum. Slična situacija je i za najdulji, četvrti, razred trajanja gdje su primjetne sličnosti između postaja Pazin i Pula te Zagreb-Grič i Zagreb-Maksimir. Svi maksimalni intenziteti su slične veličine, jedino hijetogram s postaje Pula odskaka nešto većim intenzitetom. Pritom ove krivulje složenog su oblika sa više izraženih trenutnih maksimuma.



Slika 5.4.33. Usporedba definiranog pljuska za projektiranje na sve četiri postaje u obliku bezdimenzionalnih kumulativnih krivulja za trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min



Slika 5.4.34. Usporedba definirano pljuska za projektiranje na sve četiri postaje u obliku bezdimenzionalnih hijetograma za trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min

5.4.6. Primjer proračuna otjecanja pomoću pljuska za projektiranje

U ovom poglavlju daje se detaljan prikaz cjelokupnog postupka proračuna otjecanja oborine definirane pljuskom za projektiranje na nekoliko praktičnih primjera. Pored toga, rezultirajući hidrogram otjecanja usporedit će se s hidrogramom otjecanja oborine jednolikog intenziteta te hidrogramom otjecanja realne kišne epizode zabilježene na meteorološkoj stanici Zagreb-Grič. Ova usporedba daje se s ciljem naglašavanja važnosti korištenja pljuska za projektiranje kao realnijeg opisa stvarnih oborina.

Kako bi se bezdimenzionalni oblik pljuska za projektiranje mogao koristiti za proračun otjecanja, potrebno mu je dodijeliti pripadajuće trajanje te prosječni intenzitet oborine. Za određeno trajanje oborine i povratni period, odgovarajući intenzitet određuje se iz HTP/ITP krivulja. U nastavku se zasebno prikazuju tri primjera za vrlo obilne oborine različitog trajanja zabilježene na postaji Zagreb-Grič (1957. – 2013.).

Proračun otjecanja oborine proveden je pomoću metode kinematičkog vala, s obzirom na zadane parametre sliva. Svi primjeri provedeni su za hipotetski sliv pravilne pravokutne površine, duljine $L = 1000$ m, širine $B = 100$ m, uz poprečni pad od $I = 1\%$ te uzdužni pad $S = 0,5\%$. Površina je

nepropusna, pa sva pala oborina direktno sudjeluje u površinskom otjecanju, a Manningov koeficijent hrapavosti iznosi $n = 0,015 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$.

Kišna epizoda 19. srpnja 2002.

U srpnju 2002. godine na postaji Zagreb-Grič zabilježena ja oborina trajanja 200 minuta, tijekom kojih je palo 41 mm oborine. Prema HTP krivuljama za istoimenu postaju (Tablica 5.2.1.), ova kišna epizoda odgovara povratnom periodu od 5 godina. Uz realnu oborinu, odredit će se oborina ravnomjernog intenziteta i oborina definirana pljuskom za projektiranje (varijabilne vremenske raspodjele). Obje oborine jednakog su trajanja i približno iste količine oborine, određene iz HTP krivulja odgovarajućeg povratnog perioda (5 god.).

Hijetogram jednolikog intenziteta moguće je odrediti direktno iz HTP krivulja, na sljedeći način:

Vrijeme trajanja oborine $t = 200 \text{ min}$

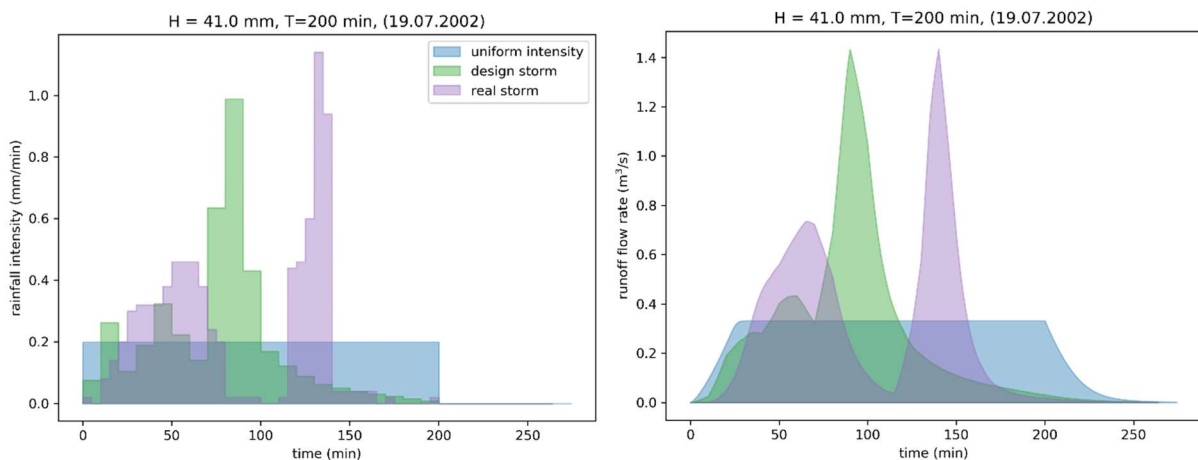
Ukupna visina oborine $H_{5\text{god}} = 11,552 \times t^{0,2336}$ (za $t > 1,0\text{h}$)
 $H_{5\text{god}} = 39,8 \text{ mm}$

Prosječni intenzitet $i_{5\text{god}} = H_{5\text{god}} / t$
 $i_{5\text{god}} = 0,20 \text{ mm/min}$

Hijetogram jednolikog intenziteta definiran je trajanjem od 200 min i intenzitetom od 0,20 mm/min.

Hijetogram pljuska za projektiranje računa se s obzirom na prethodno definirane faktore korekcije prostorne raspodjele intenziteta, i to na način da se prvo odrede jednoliki vremenski koraci za svako od $N = 20$ perioda pljuska za projektiranje te se onda svakom periodu dodijeli apsolutna vrijednost intenziteta množenjem faktora uvećanja f_{int} s prosječnim intenzitetom i_{sr} .

Svaki vremenski korak iznosi $\Delta t = t / N = 200 \text{ min} / 20 = 10 \text{ min}$. Prosječna vrijednost intenziteta određuje se na jednak način kao i kod oborine jednolikog intenziteta, dakle $i_{\text{sr}} = 0,20 \text{ mm/min}$. Faktori korekcije intenziteta za postaju Zagreb-Grič prikazani su u tablici 5.4.3 za razred trajanja 180 – 360 min. Rezultati proračuna konačnog hijetograma prikazani su u Tablici 5.4.5. Grafički prikaz hijetograma realne oborine, oborine ravnomjernog intenziteta te oborine definirane pljuskom za projektiranje prikazani su na Slici 5.4.35.



Slika 5.4.35. Hijetogrami i rezultirajući hidrogrami otjecanja oborine ravnomjernog intenziteta, oborine projektnog pljuska te oborine zabilježene 19. srpnja 2002.

Tablica 5.4.3. Definiranje projektnog hijetograma za oborinu trajanja $t = 200$ min i ukupnu količinu oborine od $H = 39,8$ mm

t (min)	f_{int} (-)	$i = i_{sr} \times f_{int}$ (mm/min)
0 - 10	0.38	0.07
10 - 20	1.32	0.26
20 - 30	0.53	0.10
30 - 40	0.95	0.19
40 - 50	1.63	0.32
50 - 60	1.12	0.22
60 - 70	0.71	0.14
70 - 80	3.19	0.63
80 - 90	4.96	0.99
90 - 100	2.16	0.43
100 - 110	0.85	0.17
110 - 120	0.61	0.12
120 - 130	0.45	0.09
130 - 140	0.31	0.06
140 - 150	0.25	0.05
150 - 160	0.20	0.04
160 - 170	0.16	0.03
170 - 180	0.12	0.02
180 - 190	0.08	0.02
190 - 200	0.04	0.01
<i>mean</i>	1.00	0.20

Na slici 5.4.35 uz dobivene hijetograme daje se i prikaz hidrograma otjecanja oborine definirane jednolikim intenzitetom, pljuskom za projektiranje te realnom oborinom. Sve tri oborine jednakog su trajanja i ukupne količine oborine, međutim, primjetno je kako maksimalni intenzitet realne oborine i pljuska za projektiranje u određenim trenucima znatno nadmašuje prosječni intenzitet. Jednako tako, rezultirajući hidrogram otjecanja, ukazuje na činjenicu kako oborina jednolikog intenziteta nekoliko puta podcjenjuje vršni protok. S druge strane, hidrogram otjecanja pljuska za projektiranje rezultira skoro identičnim vršnim protokom kao i realna oborina.

Kišna epizoda 31. listopada 2004.

U listopadu 2004. godine na postaji Zagreb-Grič zabilježena je oborina trajanja 760 minuta, tijekom kojih je palo 60,9 mm oborine. Prema HTP krivuljama za istoimenu postaju (Tablica 5.2.1), ova kišna epizoda odgovara povratnom periodu of 10 godina.

Hijetogram jednolikog intenziteta moguće je odrediti direktno iz HTP krivulja, na sljedeći način:

Vrijeme trajanja oborine $t = 760$ min

Ukupna visina oborine $H_{10god} = 14,613 \times t^{0,2199}$ (za $t > 1,03h$)

$$H_{10god} = 62,8 \text{ mm}$$

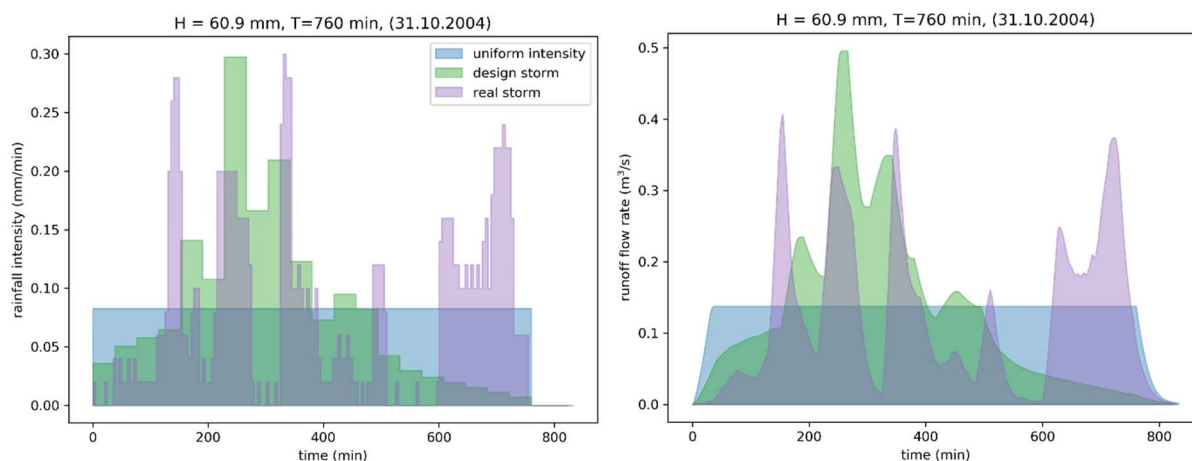
Prosječni intenzitet $i_{10god} = H_{10god} / t$

$$i_{10god} = 0,08 \text{ mm/min}$$

Hijetogram jednolikog intenziteta definiran je trajanjem od 760 min i intenzitetom od 0,08 mm/min.

Hijetogram pljuska za projektiranje računa se s obzirom na prethodno definirane faktore korekcije prostorne raspodjele intenziteta, i to na način da se prvo odrede jednoliki vremenski koraci za svako od $N = 20$ perioda pljuska za projektiranje te se onda svakom periodu dodijeli

apsolutna vrijednost intenziteta množenjem faktora korekcije f_{int} s prosječnim intenzitetom i_{sr} . Svaki vremenski korak iznosi $\Delta t = t / N = 760 \text{ min} / 20 = 38 \text{ min}$. Prosječna vrijednost intenziteta određuje se na jednak način kao i kod oborine jednolikog intenziteta, dakle $i_{sr} = 0,08 \text{ mm/min}$. Faktori korekcije intenziteta prikazani su u tablici 5.4.3. za razred trajanja 360 – 2880 min. Rezultati proračuna konačnog hijetograma prikazani su u Tablici 5.4.6. Hijetogrami realne oborine, oborine ravnomjernog intenziteta te oborine definirane pljuskom za projektiranje prikazani su na Slici 5.4.36.



Slika 5.4.36. Hijetogrami i rezultirajući hidrogrami otjecanja oborine ravnomjernog intenziteta, oborine projektog pljuska te oborine zabilježene 31. listopada 2004.

Tablica 5.4.6. Definiranje projektog hijetograma za oborinu trajanja $t = 760 \text{ min}$ i ukupnu količinu oborine od $H = 62,8 \text{ mm}$

t (min)	f_{int} (-)	$i = i_{sr} \times f_{int}$ (mm/min)
0 - 38	0.44	0.04
38 - 76	0.61	0.05
76 - 114	0.70	0.06
114 - 152	0.78	0.06
152 - 190	1.70	0.14
190 - 228	1.30	0.11
228 - 266	3.60	0.30
266 - 304	2.01	0.17
304 - 342	2.53	0.21
342 - 380	1.49	0.12
380 - 418	0.88	0.07
418 - 456	1.15	0.09
456 - 494	1.00	0.08
494 - 532	0.51	0.04
532 - 570	0.36	0.03
570 - 608	0.29	0.02
608 - 646	0.24	0.02
646 - 684	0.18	0.02
684 - 722	0.14	0.01
722 - 760	0.08	0.01
<i>mean</i>	1.00	0.08

Na slici 5.4.36 uz dobivene hijetograme daje se i prikaz hidrograma otjecanja oborine definirane jednolikim intenzitetom, pljuskom za projektiranje te realnom oborinom. Sve tri oborine jednakog su trajanja i ukupne količine oborine, međutim, primjetno je kako maksimalni intenzitet realne oborine i pljuska za projektiranje u određenim trenucima znatno nadmašuje prosječni intenzitet. Jednako tako, rezultirajući hidrogram otjecanja, ukazuje na činjenicu kako oborina jednoliko intenziteta nekoliko puta podcjenjuje vršni protok. S druge strane, hidrogram od pljuska za projektiranje rezultira nešto većim vršnim protokom u usporedbi s realnom oborinom.

Kišna epizoda 27. lipnja 2009.

U lipnju 2009. godine na postaji Zagreb-Grič zabilježena je oborina trajanja 100 minuta, tijekom kojih je palo 42,2 mm oborine. Prema HTP krivuljama za istoimenu postaju (Tablica 5.2.1), ova kišna epizoda odgovara povratnom periodu of 10 god.

Hijetogram jednolikog intenziteta moguće je odrediti direktno iz HTP krivulja, na sljedeći način:

Vrijeme trajanja oborine $t = 100 \text{ min}$

Ukupna visina oborine $H_{10\text{god}} = 14,613 \times t^{0,2199}$ (za $t < 1,03\text{h}$)

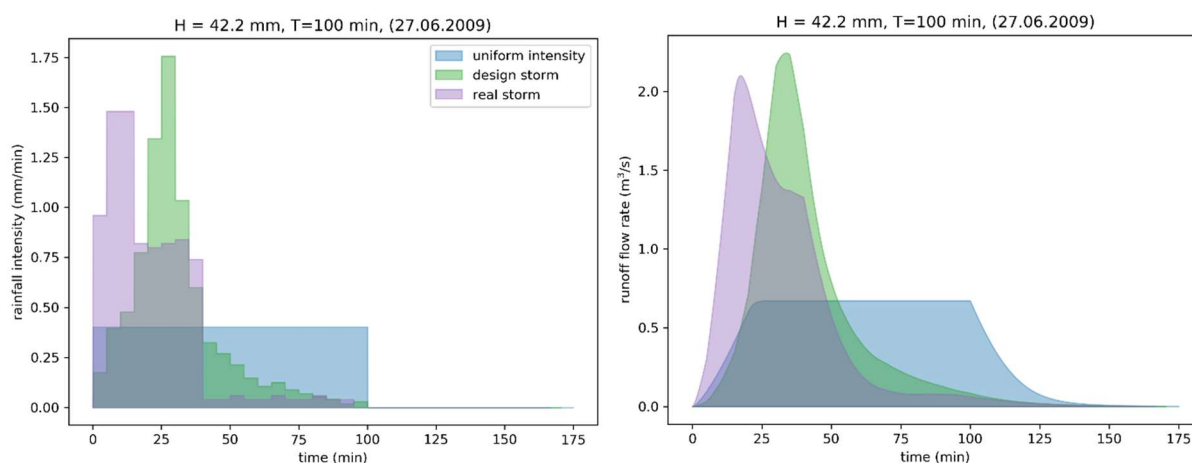
$$H_{10\text{god}} = 40,2 \text{ mm}$$

Prosječni intenzitet $i_{10\text{god}} = H_{10\text{god}} / t$

$$i_{10\text{god}} = 0,40 \text{ mm/min}$$

Hijetogram jednolikog intenziteta definiran je trajanjem od 100 min i intenzitetom od 0,40 mm/min.

Hijetogram pljuska za projektiranje računa se s obzirom na prethodno definirane faktore korekcije prostorne raspodjele intenziteta, i to na način da se prvo odrede jednoliki vremenski koraci za svako od $N = 20$ perioda pljuska za projektiranje te se onda svakom periodu dodijeli apsolutna vrijednost intenziteta množenjem faktora uvećanja f_{int} s prosječnim intenzitetom i_{sr} . Svaki vremenski korak iznosi $\Delta t = t / N = 100 \text{ min} / 20 = 5 \text{ min}$. Prosječna vrijednost intenziteta iznosi $i_{\text{sr}} = 0,40 \text{ mm/min}$. Faktori korekcije intenziteta prikazani su u tablici 5.4.3 za razred trajanja 60 – 180 min. Rezultati proračuna konačnog hijetograma prikazani su u Tablici 5.4.7. Hijetogrami realne oborine, oborine ravnomjernog intenziteta te oborine definirane pljuskom za projektiranje prikazani su na Slici 5.4.37.



Slika 5.4.357. Hijetogrami i rezultirajući hidrogrami otjecanja oborine ravnomjernog intenziteta, oborine projektnog pljuska te oborine zabilježene 27. lipnja 2009.

Tablica 5.4.7. Definiranje projektnog hijetograma za oborinu trajanja $t = 100$ min i ukupnu količinu oborine od $H = 40,2$ mm

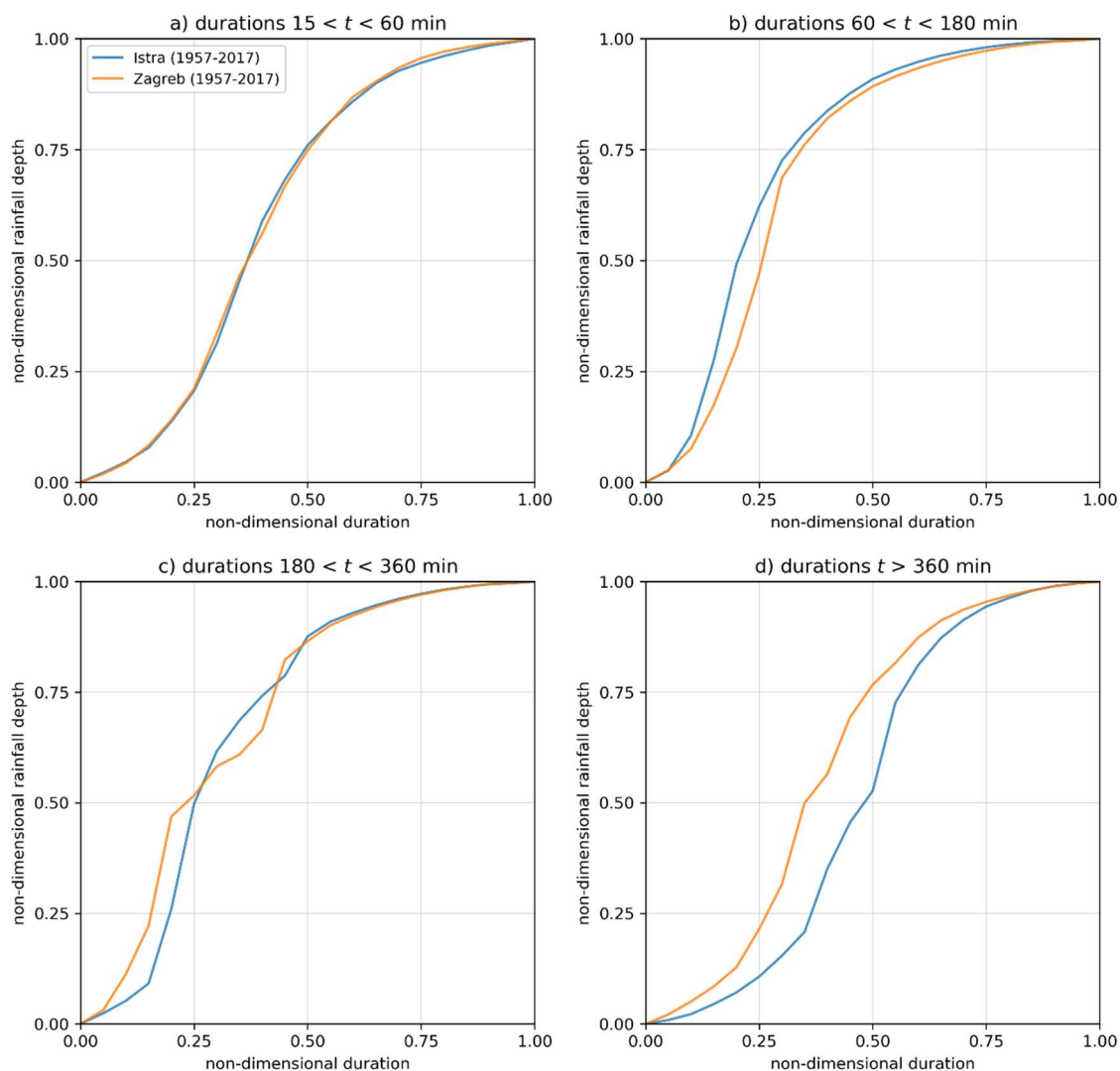
t (min)	f_{int} (-)	$i = i_{sr} \times f_{int}$ (mm/min)
0 - 5	0.44	0.18
5 - 10	0.98	0.39
10 - 15	1.19	0.48
15 - 20	1.93	0.77
20 - 25	3.34	1.34
25 - 30	4.36	1.75
30 - 35	2.57	1.03
35 - 40	1.49	0.60
40 - 45	0.81	0.32
45 - 50	0.67	0.27
50 - 55	0.53	0.21
55 - 60	0.37	0.15
60 - 65	0.26	0.11
65 - 70	0.31	0.12
70 - 75	0.22	0.09
75 - 80	0.17	0.07
80 - 85	0.14	0.06
85 - 90	0.10	0.04
90 - 95	0.05	0.02
95 - 100	0.07	0.03
<i>mean</i>	1.00	0.40

Na slici 5.4.37. uz dobivene hijetograme daje se i prikaz hidrograma otjecanja oborine definirane jednolikim intenzitetom, pljuskom za projektiranje te realnom oborinom. Sve tri oborine jednakog su trajanja i ukupne količine oborine, međutim, primjetno je kako maksimalni intenzitet realne oborine i pljuska za projektiranje u određenim trenucima znatno nadmašuje prosječni intenzitet. Jednako tako, rezultirajući hidrogram otjecanja, ukazuje na činjenicu kako oborina jednoliko intenziteta nekoliko puta podcjenjuje vršni protok. S druge strane, hidrogram od pljuska za projektiranje rezultira skoro identičnim, iako nešto većim, vršnim protokom kao i realna oborina.

5.4.7. Regionalne razlike pljuska za projektiranje na odabranim područjima

Kako bi se evidentirale regionalne razlike pljuska za projektiranje na područjima Istre i Zagreba, objedinjene su krivulje po stanicama odabranih područja. Za područje Istre, objedinjeni su svi pojedinačni zabilježeni pljuskovi s postaja Pula i Pazin, te je na osnovu tih podataka proveden postupak definiranja kumulativne krivulje i hijetograma pljuska za projektiranje na jednak način kako je to prikazano u poglavljima 5.4.1 – 5.4.4. Vrlo slično, za područje Zagreba objedinjeni su svi pojedinačni pljuskovi s postaja Zagreb-Grič i Zagreb-Maksimir te je također proveden postupak definiranja kumulativne krivulje i hijetograma pljuska za projektiranje.

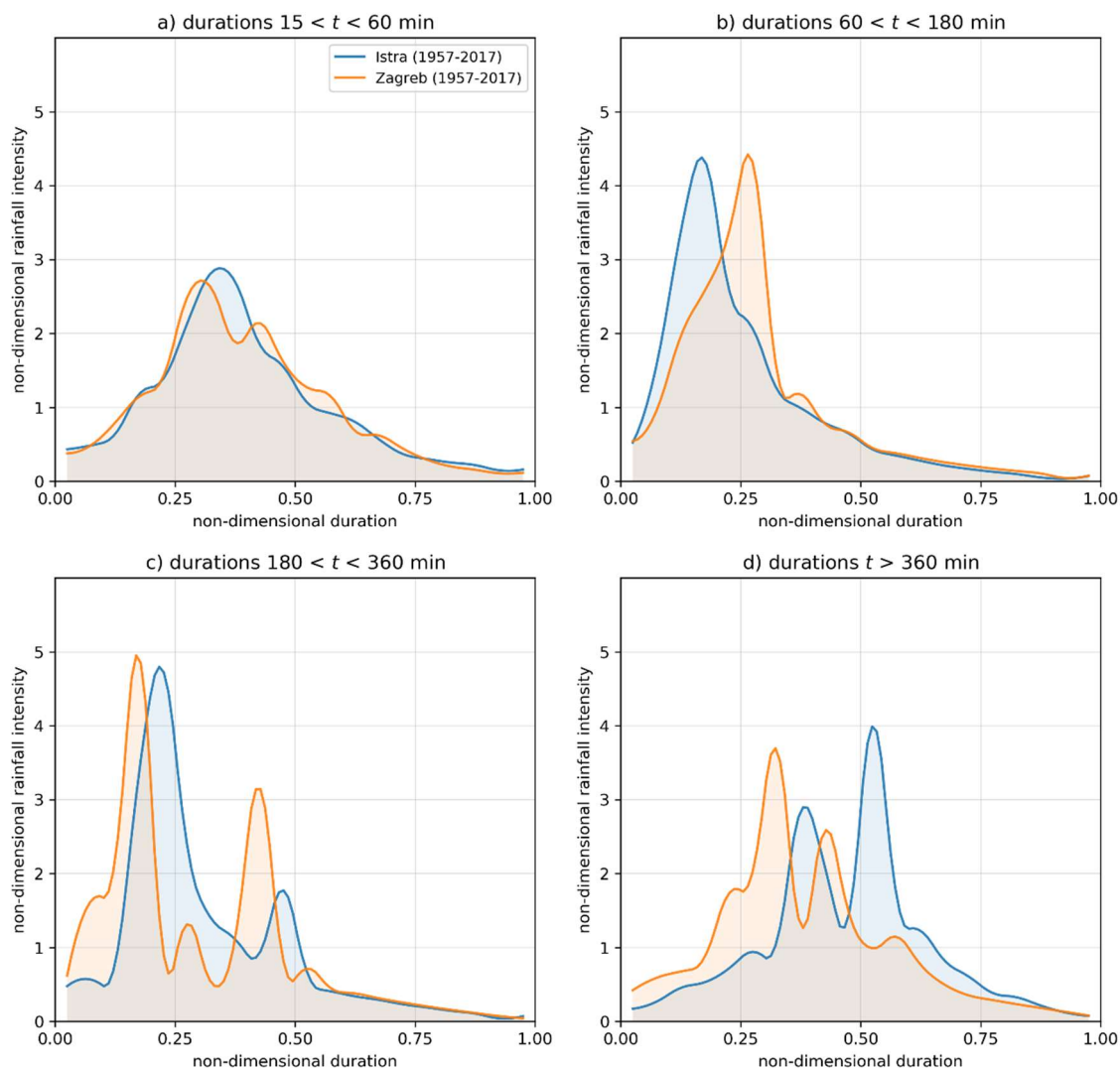
Usporedba kumulativnih krivulja pljuska za projektiranje za područja Istre i Zagreba prikazana je na slici 5.4.38., za sva četiri razreda trajanja oborine. Također, usporedba hijetograma pljuska za projektiranje za navedena dva područja prikazana je na slici 5.4.39. Iz usporedbe kumulativnih krivulja (Slika 5.4.37.) mogu se primijetiti skoro identične krivulje za sva tri razreda trajanja kraća od 360 min. Razlike u krivuljama su jasnije tek kod najduljeg razreda trajanja, gdje se može primijetiti kako se na području Istre sporije razvijaju najizraženiji intenziteti oborine.



Slika 5.4.367. Usporedba kumulativne krivulje pljuska za projektiranje za područje Istre i Zagreba, za trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min

Za detaljniji uvid treba promotriti hijetograme pljuska za projektiranje (Slika 5.4.38.). Za najkraći razred trajanja oborine, hijetogrami su skoro identični za oba predmeta područja. Za drugi razred trajanja može se primjetiti kako se na području Istre ranije razvijaju maksimalni intenziteti, iako su na oba područja maksimumi intenziteta podjednake veličine. Slična situacija je i kod trećeg razreda oborine, gdje su maksimumi intenziteta podjednake veličine, a i pojavljuju se u približno jednako vrijeme. Jedina razlika je što se na području Zagreba mogu očekivati izraženiji sekundarni maksimumi trenutnog intenziteta. Najveće su razlike između projektnog hijetograma na područjima Istre i Zagreb prisutne za najdulji razred trajanja oborine. Na oba područja jasno su primjetni dvostruki maksimumi trenutnog intenziteta. Međutim, na području Istre prvi maksimum je znatno slabiji od drugoga, dok je na području Zagreba situacija obrnuta. Na području Zagreba se oba maksimuma intenziteta očekuju u drugom kvartilu trajanja oborine, dok se na području Istre manji od dva maksimuma očekuje u drugom kvartilu, dok se veći maksimum očekuje u trećem kvartilu trajanja oborine. Također, na području Istre se očekuju ukupno veći maksimumi intenziteta. Može se općenito zaključiti kako je pljusak za projektiranje vrlo sličnih vremenskih karakteristika na područjima Istre i Zagreba za trajanja oborine kraća od 6h, dok se

za duže oborine ipak očekuju određene razlike u vidu vremenske varijabilnosti i strukture jakih oborina.



Slika 5.4.378. Usporedba hijetograma pljuska za projektiranje za područje Istre i Zagreba, za trajanja oborina: a) $15 < t \leq 60$ min, b) $60 < t \leq 180$ min, c) $180 < t \leq 360$ min, d) $t > 360$ min

5.5. Analiza mogućih promjena značajki HTP/ITP krivulja uslijed utjecaja klimatskih promjena

U okviru pripreme izrade *Nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj* za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu, od strane stručnjaka DHMZ-a napravljene su i klimatske projekcije mogućih klimatskih promjena do 2070.g. Stoga su pri izradi ovog dokumenta korišteni rezultati regionalnog klimatskog modela RegCM4 dobiveni u sklopu projekta „Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i energetike za prilagodbu klimatskim promjenama te priprema Nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama (Broj ugovora: TF/HR/P3-M1-O1-010)“ koji se financira sredstvima iz Prijelaznog instrumenta tehničke pomoći EU. Rezultati spomenutih klimatskih procjena za područje Hrvatske (MZOE, 2017) dobiveni su na osnovi rezultata numeričkih integracija regionalnim klimatskim modelom RegCM4 koji ima dugu i široku primjenu upravo u domeni dugih klimatskih simulacija, a koje služe za široko

područje istraživanja pojedinih aspekata regionalnih klimatskih obilježja. Primjena spomenutog regionalnog modela u njegovih nekoliko, prije svega RegCM3 (Pall i sur., 2007), kao i najnovije RegCM4 (Giorgi i sur. 2012) čiji se rezultati korišteni u predmetnom dokumentu ima dugu primjenu na području Hrvatske i šireg regionalnog prostora (Branković i sur, 2004 i 2012; Patarčić i sur, 2014; Patarčić i Branković, 2012; Güttler i sur. 2014 a i 2014b).

Prema dokumentu Eptisa Adria (2017) koja je operativno provodila izradu recentnog prijedloga strategije prilagodbe RH klimatskim promjenama i uz to vezanih podloga, prostorna domena integracija zahvaćala je šire područje Europe (EURO-CORDEX domena) uz korištenje rubnih uvjeta iz četiri globalna klimatska modela s kojima su forsiran spomenuti regionalni model RegCM4 su Model francuske meteorološke službe Cm5 (<http://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article126&lang=en>), model nizozemskog konzorcija EC-Earth (<https://www.ec-earth.org/index.php/about>), model njemačkog Max-Planck instituta MPI-ESM (<http://www.mpimet.mpg.de/en/science/models/mpi-esm/>), te model britanske meteorološke službe (Met Office) HadGEM2 <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/climate-models/hadgem2>. Primjena modela bila je s horizontalnom rezolucijom od 50 km. U drugoj fazi projekta su kompletirane i simulacije na horizontalnoj rezoluciji od 12.5 km za razdoblje 1971.-2070.

U razdoblju povijesne klime (u danom dokumentu korišteno je razdoblje počev od 1971., pa do 2005.), sva četiri globalna modela koristila su izmjerene podatke o koncentracijama stakleničkih plinova. Klimatske promjene u budućnosti modelirane su prema RCP4.5 scenariju IPCC-ja, po kojem se očekuje umjereni porast stakleničkih plinova do konca 21. stoljeća. Rezultati numeričkih integracija određeni su kao srednjak ansambla iz četiri individualne integracije RegCM modelom. Svi izračuni napravljeni su na super-računalu VELEbit u Sveučilišnom računskom centru (SRCE) u Zagrebu. Instaliranje, testiranje i izvođenje RegCM eksperimenata, te klimatske izračune uradili su stručnjaci iz DHMZ-a (Eptisa Adria, 2017b).

Detaljniji pregled rezultata provedenih modeliranja kratkotrajnih jakih oborina (trajanja 3, 6, 12, 18 i 24 sata) za odabrane referentnu postaje/lokacije Zagreb i Rijeka (za njoj nedaleko područje Istre), dani su u tablicama 5.5.1. i 5.5.2 . U njima su iskazani rezultati – karakteristični pokazatelji klimatskih simulacija za povijesno razdoblje (1971.-2016.), kao i projekcije za buduće razdoblje (2017.-2070). iz tih je prikaza vidljivo da različiti modeli daju različite scenarije mogućih promjena, no na razini prosječnih vrijednosti cjelokupnog povijesnog i budućeg niza, kao i standardnih odstupanja, razlike nisu prenaplašeno velike – reda veličine do 3 - 4 mm, odnosno uglavnom ispod 2-3 %, rijetko i do 10%.

Tablica 5.5.1. Rezultati modeliranja značajki kratkotrajnih jakih oborina za lokalitet Zagreb za različita trajanja oborina i različite korištene modele

	3h	6h	12h	18h	24h
MPI-ESM					
1971-2016					
SR	16,44	25,33	32,92	37,74	42,35
STDEV	5,81	8,31	9,27	11,04	13,08
2017-2070					
SR	16,01	24,73	33,39	38,84	42,23
STDEV	5,53	9,62	12,00	13,13	13,48
EC-Earth					
1971-2016					
SR	14,89	23,02	30,84	35,11	38,48
STDEV	4,11	7,07	8,47	9,65	10,85
2017-2070					
SR	17,05	26,19	33,76	38,38	42,41
STDEV	5,39	8,07	10,31	10,78	11,25
HadGEM2					
1971-2016					
SR	16,18	24,03	32,22	35,68	38,81
STDEV	5,87	7,86	10,19	10,58	11,00
2017-2070					
SR	15,48	24,24	31,93	37,04	40,75
STDEV	4,62	8,27	10,47	12,02	12,88
Cm5					
1971-2016					
SR	16,79	26,07	34,37	39,55	43,38
STDEV	5,28	7,78	10,71	11,33	11,89
2017-2070					
SR	18,92	29,26	39,12	43,78	47,41
STDEV	7,40	11,62	15,64	17,11	17,62

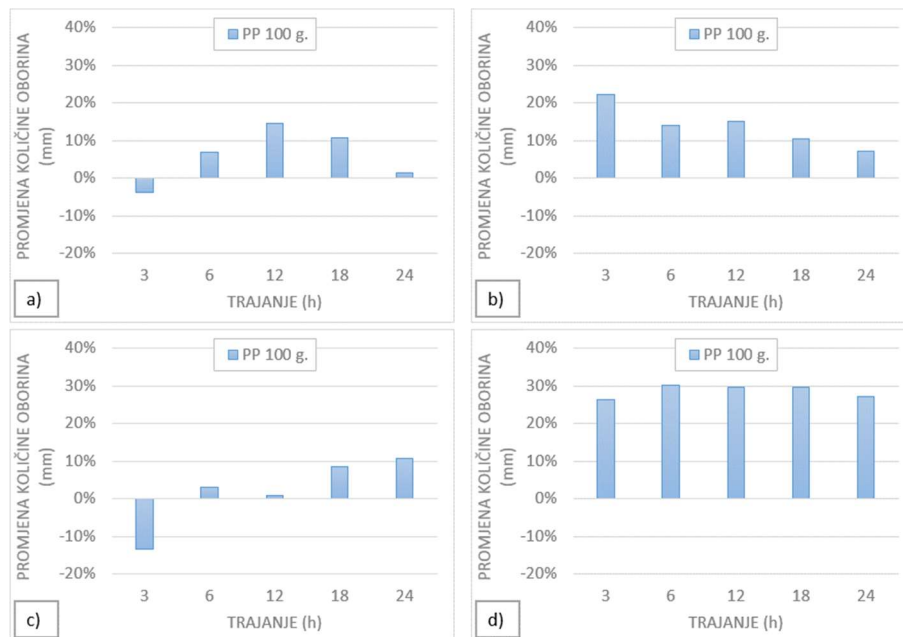
Tablica 5.5.2. Rezultati modeliranja značajki kratkotrajnih jakih oborina za lokalitet Rijeka za različita trajanja oborina

	3h	6h	12h	18h	24h
MPI-ESM					
1971-2016					
SR	22,05	35,90	52,81	64,12	69,83
STDEV	5,37	9,22	16,43	20,93	24,58
2017-2070					
SR	25,03	39,99	57,64	68,31	74,90
STDEV	7,83	12,95	17,23	22,17	25,57
EC-Earth					
1971-2016					
SR	20,89	33,15	48,98	57,91	65,14
STDEV	4,39	6,76	11,76	13,79	17,23
2017-2070					
SR	22,37	35,60	50,10	58,67	64,43
STDEV	5,35	8,98	11,46	12,84	14,03

HadGEM2					
1971-2016					
SR	20,21	33,35	48,62	57,99	64,84
STDEV	7,18	9,89	12,42	16,18	18,81
2017-2070					
SR	22,29	36,24	50,06	59,95	67,50
STDEV	6,88	10,98	16,31	19,13	20,76
Cm5					
1971-2016					
SR	23,18	37,76	53,69	62,55	67,63
STDEV	6,48	10,82	16,61	18,26	19,36
2017-2070					
SR	24,31	38,26	54,85	63,65	69,15
STDEV	7,40	11,15	17,11	22,15	24,25

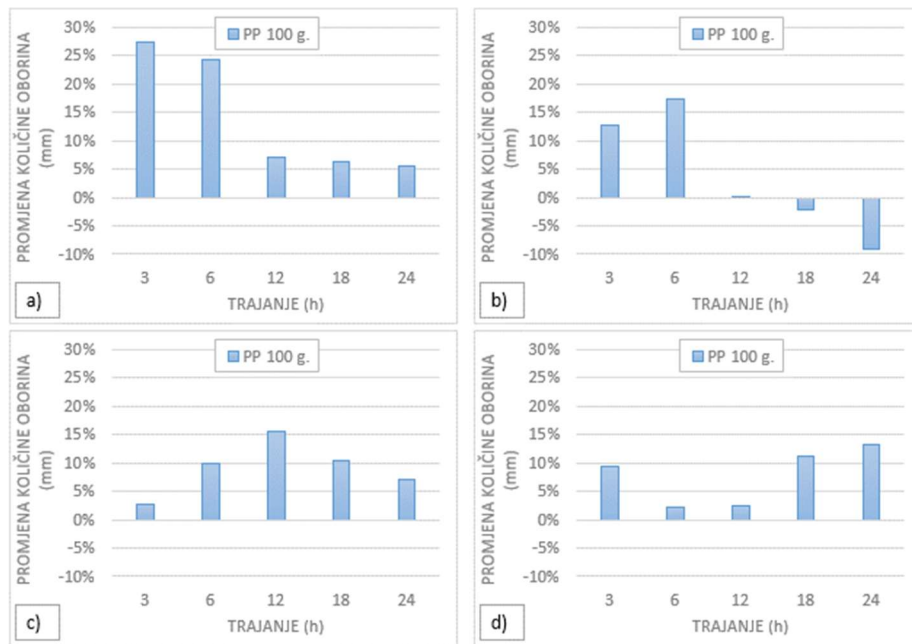
Razlike se povećavaju ukoliko se, umjesto prosječnih vrijednosti nizova, razmatraju rijetki događaji čije su značajke pojave proračunate na temelju analize vjerojatnosti pojave generiranih povijesnih i budućih značajki kratkotrajnih jakih oborina. Na Slikama 5.5.1. i 5.5.2. prikazane su razlike (u %) između budućih i povijesnih značajki proračunatih vrijednosti pojava kratkotrajnih jakih oborina 100-godišnjeg povratnog perioda (po Gumbelu) za sva četiri analizirana klimatska modela. Usporedni prikaz prosječnih vrijednosti tih promjena i anvelope proračunatih maksimalnih promjena za proračunate vrijednosti kratkotrajnih jakih oborina 100-godišnjeg povratnog perioda za postaje/lokalitete Zagreb i Rijeka dati su na Slici 5.5.3.). Iz tih je rezultata vidljivo da se kod Zagreba mogu očekivati naglašenije promjene – prosječno za 100-godišnji povratni period do oko 15 % te s maksimalnim očekivanim promjenama čak do 30%. Kod postaje Rijeka koja je uzeta kao reprezent za područje Istre, očekivane promjene kratkotrajnih jakih oborina su manje naglašene (iako su sami intenziteti daleko značajniji nego li na području Zagreba), te se smanjuju s duljim trajanjima. Može se očekivati prosječna promjena pojava kratkotrajnih jakih oborina u rasponu od oko 5-15%, a procjene maksimalnih promjena idu u rasponu od oko 10% pa sve do preko 25%. Pri tome valja napomenuti da je iskazana anvelopa maksimalnih vrijednosti mogućih promjena dobivena na temelju različitih klimatskih modela, čije su pojedinačne procjene promjena ipak manje, a pri nekim trajanjima i modelima čak se i ne predviđa povećanje značajki kratkotrajnih jakih oborina.

Preporuka je buduća istraživanja ovih tipa nadopuniti (1) korištenjem simulacija na prostornim rezolucijama 12.5 km, (2) uključivanjem alternativnih regionalnih klimatskih modela dostupnih kroz EURO-CORDEX i Med-CORDEX inicijative, (3) uključivanjem alternativnih scenarija stakleničkih koncentracija (RCP2.6 i RCP8.5), (4) razmatranjem pojave ekstremnih oborinskih događaja na sezonskim i mjesečnim skalama zbog izraženog sezonskog efekta u signalu klimatskih promjena za oborinu (generalno povećanje u hladnom dijelu i smanjenje u toplom dijelu godine) te (5) uzimanjem u obzir klimatskih produkata koji su trenutno u fazi razvoja (klimatske simulacije od 1 do 4 km, urbani klimatski modeli, združeni atmosfera-ocean/more modeli te statistički obrađene (bias-adjusted/corrected) klimatske simulacije).

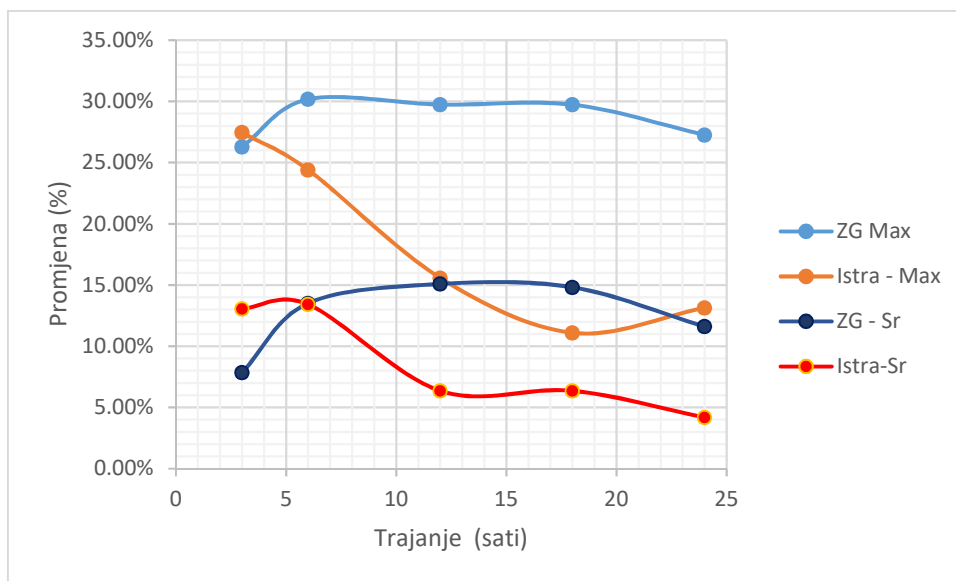


Slika 5.5.1. Usporedni prikaz promjene značajki kratkotrajnih jakih oborina 100-godišnjeg povratnog perioda između budućeg (2017.-2070.) i povijesnog (1971.-2016.) razdoblja za lokalitet Zagreb prema klimatskim modelima: a) MPI-ESM, b) EC.Earth, c) Had GEM2, d) Cm5

Iskazane promjene bilo bi korisno uvrstiti i prilikom procjene vjerojatnosti jakih oborina na temelju kojih se definiraju HTP/ITP krivulje. No, na temelju raspoloživih podloga, nije moguće ne samo preciznije utvrditi raspon mogućih promjena, nego ni neki pouzdani model redukcije postojećih HTP/ITP krivulja za ta buduća stanja. Stoga se prilikom procjena rizika od poplavnih voda izazvanih oborinskim nepogodama u budućnosti, predlaže korištenje postojećih, u ovom dokumentu noveliranih HTP/ITP krivulja, uz uvećanje proračunatih vrijednosti. To bi se uvećanje moglo definirati nekim postotkom između iskazanih prosječnih i maksimalnih promjena. Za područje Zagreba preporuča se da taj postotak iznosi oko 20% tijekom cjelokupnog raspona trajanja. Za lokalitet Rijeka/odnosno primijenjeno na područje Istre preporuča se da % za trajanja do 6 sati bude 15%, a za dulja trajanja 5%. Naravno, radi se samo o orijentacijskoj procjeni, za čiju će primjereniju kvantifikaciju biti nužno provesti kompleksnija klimatska modeliranja.



Slika 5.5.2. Usporedni prikaz promjene značajki kratkotrajnih jakih oborina 100-godišnjeg povratnog perioda između budućeg (2017.-2070.) i povijesnog (1971.-2016.) razdoblja za lokalitet Rijeka (Istra) prema klimatskim modelima: a) MPI-ESM, b) EC.Earth, c) Had GEM2, d) Cm5



Slika 5.5.3. Usporedni prikaz prosječnih i anvelope proračunatih maksimalnih promjena vjerojatnosti pojave kratkotrajnih jakih oborina 100-godišnjeg povratnog perioda za postaje/lokalitete Zagreb i Rijeka

6. ZAKLJUČCI I PREPORUKE ZA JAČANJE OTPORNOSTI NA POJAVE KRATKOTRAJNE I INTENZIVNE DNEVNE OBORINE

Predmetni dokument rezultirao je noveliranim podlogama o značajkama HTP krivulja odabranih lokaliteta na pilot područjima Zagreba i Istre, analizama pojava i trendova višednevnih jakih oborina, a definirao je i do sada neobrađivane oblike tzv. „pljuska za projektiranje“.

Kao rezultat provedenih istraživanja u danom dokumentu, dobivene su ažurirane HTP/ITP krivulje za pet postaja na pilot području Zagreba koje uključuje i južne padine Medvednice (Zagreb - Grič, Zagreb - Maksimir, Puntijarka, Bijenik, Borčec) te osam postaja na području Istre (Pula, Poreč, Abrami, Pazin, Grdinići, Botonega, Letaj, Celega).

Provedene regionalne analize pokazale su da ne postoji izražena prostorna izdiferenciranost značajki kratkotrajnih jakih oborina unutar pojedinih pilot područja, uz istovremenu prisutnost takvih razlika ukoliko se međusobno usporede sama pilot područja. Unutar pojedinih pilot područja postoje naznake međutjecaja količina oborina, posebno duljih trajanja s udaljenošću lokacije od gorskoga masiva, ali zbog premalog broja raspoloživih ombrografskih postaja po pojedinim pilot područjima za provedbu analiza takvih međutjecaja, isti nisu mogli biti kvantificirani. Nužna je sveobuhvatnija analiza kratkotrajnih jakih oborina u Hrvatskoj, pri čemu je takvu obradu nužno provesti na njenom cjelokupnom prostoru, uzimajući u obzir sve ombrografske postaje za koje postoje na raspolaganju raspoloživi nizovi ombrografskih podataka respektabilne duljine od najmanje 30 godina. Do osiguranja rezultata obrada iz takve studije, za lokalitete/slivove na kojima ne postoje raspoložive ombrografske postaje s obrađenim HTP/ITP krivuljama, preporuča se primjena Thiesenovih poligona za određivanje prostornog težinskog utjecaja pojedinih udaljenijih ombrografskih postaja za koje su raspoložive takve HTP/ITP krivulje, te definiranje mjerodavnih HTP/ITP krivulja za te lokacije koristeći podatke s udaljenijih postaja i rezultirajuće težinske odnose iz Thiesenovih poligona.

Poseban doprinos ovoga dokumenta ogleda se i u razvoju metodologije kao i dobivenim rezultatima obrada tzv. „pljuska za projektiranje“, gdje su za detaljne obrade provedene za dvije postaje na pilot području Zagreba (Zagreb – Grič i Zagreb – Maksimir), te dvije na području Istre (Pula i Pazin). Analizirana su četiri razreda trajanja oborina: $15 < t \leq 60$ min, $60 < t \leq 180$ min, $180 < t \leq 360$ min te $t > 360$ min. Za najkraći razred trajanja oborine, hijetogrami su skoro identični za oba predmeta područja. Za drugi razred trajanja može se primjetiti kako se na području Istre ranije razvijaju maksimalni intenziteti, iako su na oba područja maksimumi intenziteta podjednake veličine. Slična situacija je i kod trećeg razreda oborine, gdje su maksimumi intenziteta podjednake veličine, a i pojavljuju se u približno jednako vrijeme. Jedina razlika je što se na području Zagreba mogu očekivati izraženiji sekundarni maksimumi trenutnog intenziteta. Najveće su razlike između projektnog hijetograma na područjima Istre i Zagreb prisutne za najdulji razred trajanja oborine. Na oba područja jasno su primjetni dvostruki maksimumi trenutnog intenziteta. Međutim, na području Istre prvi maksimum je znatno slabiji od drugoga, dok je na području Zagreba situacija obrnuta. Na području Zagreba se oba maksimuma intenziteta očekuju u drugom kvartilu trajanja oborine, dok se na području Istre manji od dva maksimuma očekuje u drugom kvartilu, dok se veći maksimum očekuje u trećem kvartilu trajanja oborine. Također, na području Istre se očekuju ukupno veći maksimumi intenziteta. Može se općenito zaključiti kako je pljusak za projektiranje vrlo sličnih vremenskih karakteristika na područjima Istre i Zagreba za trajanja oborine kraća od 6h, dok se za duže oborine ipak očekuju određene razlike u vidu vremenske varijabilnosti i strukture jakih oborina. Vrijedi istaći i da su u danom dokumentu osigurane podloge da se trajanje mjerodavnog „pljuska za projektiranje“ ne određuje a priori, već na temelju

razmatranja spomenutih četiri različita trajanja, pri čemu se kao kritično odabire ono trajanje koje daje najnepovoljniji slučaj.

Provedene analize trendova (linearni trendovi i Senovi nagibi) hoda dnevnih i višednevnih količina oborina pokazuju da su statistički značajni trendovi (na nivou značajnosti od 5%) uočeni samo na manjem broju postaja/analiziranih nizova koje su imale dovoljno dug niz raspoloživih podataka – negativni na pilot području Zagreba (Zagreb - Maksimir i Bijenik), a pozitivni na području Istre (Pula, Abrami i Grdinići). U pogledu sezonskih javljanja ekstremnih dnevnih i višednevnih oborina, na zagrebačkom području za dulje razdoblje 1961.-2017. (dostupno za Zagreb Maksimir, Zagreb Grič i Zagreb Bijenik) javlja se sustavan trend (iako uglavnom statistički neznačajan) sa sljedećim obrascem: za *ljetu* negativni trendovi za sve duljine trajanja, za *jesen* i *zimu* pozitivni trendovi za sve duljine trajanja, dok se za *proljeće* i na *godišnjoj* razini bilježe trendovi oba predznaka uz dominaciju pozitivnog. Istovremeno, na istarskom području za razdoblje 1961.-2017. (dostupno za Pulu i Pazin) tijekom *ljeta* se bilježi negativan trend za sve duljine trajanja, tijekom *jeseni* se za postaju Pula javlja isključivo pozitivan trend a za postaju Pazin isključivo negativan trend, tijekom *zime* dominira pozitivan trend, tijekom *proljeća* dominira negativan trend a na godišnjoj se razini ponovno bilježe isključivo pozitivni trendovi za Pulu i negativni trendovi za Pazin.

Klimatske promjene utječu i na promjene u raspodjeli pojava kratkotrajnih jakih oborina na analiziranim pilot područjima, te se, na temelju provedenih procjena, očekuje da će one biti posebno izražene pri pojavama rijetkih događaja, odnosno ekstremnih oborina male vjerojatnosti pojave. Na području Zagreba mogu se očekivati naglašenije promjene – prosječno za 100-godišnji povratni period do oko 15 % te s maksimalnim očekivanim promjenama čak do 30%. Kod postaje Rijeka koja je uzeta kao reprezent za područje Istre, očekivane promjene kratkotrajnih jakih oborina su manje naglašene (iako su sami intenziteti daleko značajniji nego li na području Zagreba), te se smanjuju s duljim trajanjima. Može se očekivati prosječna promjena pojava kratkotrajnih jakih oborina u rasponu od oko 5-15%, a procjene maksimalnih promjena idu u rasponu od oko 10% pa sve do preko 25%.

Dobiveni rezultati analiza oborinskog režima kratkotrajnih jakih oborina prikladna su podloga za planiranu II fazu projekta RAINMAN – izrada karata rizika od poplava uvjetovanih pojavama obilnih oborina na dvama različitim tipovima područja u pogledu sadržaja koji ih karakteriziraju – prirodna i ruralna područja, te urbana područja. Sam dokument sadrži i smjernice za primjenu određenih metodologija budućih obrada, kao i određenih mjera s kojima se može minimalizirati negativni utjecaj poplavnih voda uvjetovanih lokalnih obilnih oborina. Učestalost pojava obilnih oborina koje izazivaju poplavljanja, kao i takvim poplavama izazvane štete, a što je također prikazano u danom dokumentu ukazuju na potrebu redefiniranja odnosa upravljača vodama, kao i svih sudionika, prema poplavama izazvanim obilnim oborinama na užem, lokalnom području.

Prirodna i ruralna područja

Kod takvih područja za očekivati je raznolik utjecaj obilnih oborina – kod prirodnih područja zadržane su osnovne funkcije ekosustava ne samo vodotoka koji su recipijenti oborinskih voda, nego i okolnog područje koje je izloženo periodičnim poplavljanjima. No, takva poplavljanja ne predstavljaju poseban problem, već su dio vodnog prirodnog režima u kome se od takvih periodičnih poplava štite samo pojedini objekti čije poplavljanje može izazvati štetu (ugroženi ljudski životi i zdravlje, ekonomska i ekološka šteta). Ruralna područja u kojima je razvijena poljoprivreda i uz nju vezani hidromelioracijski sustavi u većoj mjeri mogu biti izloženi negativnim

posljedicama pojava obilnih oborina iz razloga što je glavnina dosadašnjih hidromelioracijskih sustava bila planirana i izvedena s dominantnom ulogom linijskih odvodnih objekata (kanali, nasipi...), s vrlo malim brojem i malom retencijskom sposobnošću samih odvodnih sustava. Zbog toga je nužno jačati otpornost takvih sustava na način da se takvi sustavi dopunjuju i retencijama i/ili akumulacijama, te da se novi hidromelioracijski sustavi planiraju tako da se vodi računa i o oborinskim vodama kao mogućem resursu za osiguranje vode i za navodnjavanje, kao jedna od mjera prilagodbe klimatskim promjenama. Naravno, tu su i mjere revitalizacije vodotoka, pri čemu valja voditi računa i o rizicima od povećanih poplavlivanja ukoliko se odvodnim kanalima smanje kapaciteti odvodnje oborinskih voda, ako se istovremeno ne osigura i kompenzacija u vidu retencijskih ili akumulacijskih prostora u slivu. Oborinske podloge sadržane u ovome dokumentu omogućavaju prikladno razmatranje rizika od pojava oborinskih voda na prirodnim i ruralnim područjima, te izradu rješenja s kojima se mogu smanjiti potencijalni negativni učinci uslijed njihove pojave.

Urbana područja

Urbana područja posebno su ranjiva, a rizici od poplavlivanja oborinskim vodama u pravilu vrlo izraženi, i to iz dvaju razloga koji su čak i neovisni o značajkama pojava obilnih oborina. Prvi je razlog sve veće rasprostiranje vodonepropusnih ili slabo-vodopropusnih površina na urbanim područjima, a drugi opremljenost tih područja odvodnom infrastrukturom koja u dovoljnoj mjeri nije pratila takav razvoj, i u kojoj dominiraju cijevni i kanalski sustavi odvodnje. Ti cijevni i kanalski sustavi imaju ograničeni kapacitet, dimenzionirani su obično na obilne oborine reda veličine 2-5 godišnjeg povratnog perioda, a da za veće količine oborina uopće i nisu razmatrane mogućnosti njihove pojave i načina zbrinjavanja. Zbog toga se vrlo često (i uglavnom bezrazložno) pojave takvih poplava pripisuju povećanim intenzitetima oborina. Za povećanje otpornosti sustava odvodnje oborinskih voda s urbanih područja preporučuju se u svijetu sve češće korištene LID metode, s kojima se oborinske vode zbrinjavaju (retencioniraju, akumuliraju, infiltriraju) što bliže mjestu njihova formiranja. Predmetni dokument sadrži oborinske podloge u vidu oblika tzv. pljuska za projektiranje s kojima se mogu modelirati pozitivni utjecaji primjene LID tehnika na smanjenje rizika od pojava obilnih oborina na urbanim područjima.

Priobalna područja

Priobalna područja se u pogledu pojavnosti obilnih oborina ne razlikuju bitnije, od ostalih područja, ali su negativne posljedice njihove pojave, posebno u uvjetima prisutnih i očekivanih klimatskih promjena sve naglašenije. Naime, kapaciteti odvodnih sustava ne ovise samo o njihovoj geometriji, već i o rubnim uvjetima koje definira položaj razine mora. Povećanjem srednje razine mora, kao i visokih razina, smanjuje se kapacitet prihvata i evakuacije oborinskih voda. Stoga se kao jedna od mjera povećanja otpornosti priobalnih područja na pojave obilnih oborina predlaže ispitivanje kapaciteta prihvata oborinskih voda u postojećim i klimatskim prilikama izmijenjenim uvjetima, i to najprije na odabranim pilot područjima, kao i značajnijim urbanim središtima.

7. LITERATURA

- ARSO (2009): Povratne dobi za ekstremne padavine po Gumbelovi metodi. Ljubljana
- Bartels, R.H., Beatty, J.C., Barsky, B.A. (1998): Bézier curves. An Introduction to Splines for Use in Computer Graphics and Geometric Modelling, pp. 211-245
- Bonacci, O. (1981): Kiše jakih intenziteta slivnog područja grada Zagreba. Građevinar 33/8, 347-354.
- Bonacci, O. (1984): Meteorološke i hidrološke podloge. Priručnik za hidrotehničke melioracije – I kolo, knjiga 2. – Podloge, Društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje Hrvatske, Zagreb, 39 –130.
- Bonacci, O. (1994): Oborine - glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus. Geing, Split, 341str.
- Bonacci, O., Matešan, D. (1999): Analysis of precipitation appearance in time, Hydrological processes, 13 (1999), 11; 1683-1690
- Bonacci, O., Stupalo, D. (1979): Prilog analizi kiša jakog intenziteta. Vodoprivreda 57:23-28
- Bonacci, O., Trninić, D. (1979): Pristup analizi kiša jakog intenziteta za šire gradsko područje Zagreba, Vodoprivreda (Beograd), vol. 11, br. 57, str. 29–32.
- Bonta, J. V. (2004): Development and utility of Huff curves for disaggregating precipitation amounts. Applied engineering in agriculture, 20(5), 641.
- Branković Č, M Patarčić, I Güttler, L Srnc (2012): Near-future climate change over Europe with focus on Croatia in an ensemble of regional climate model simulations. Climate Research, 52, 227-251.
- Branković Č, M Patarčić, L Srnc (2004): Seasonal dynamical downscaling with ERA-40 data: A sensitivity study. Hrvatski meteorološki časopis, 39, 15-39.
- Braud, I., Breil, P., Thollet, F., Lagouy, M., Branger, F., Jacqueminet, C., Kermadi, S., Michel, K. (2013): Evidence of the impact of urbanization on the hydrological regime of a medium-sized periurban catchment in France. Journal of hydrology, 485, pp. 5-23.
- Chow, V.T. (1964): Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill
- Cindrić, K., Nirnac, I., Gajić-Čapka, M., Rubinić, J. (2014): Vremenske promjene kratkotrajnih jakih oborina u razdoblju 1955.-2010. za Split i Varaždin“, Hrvatske vode 22/89, 239-250.
- Coles S. (2001): An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. Springer, 208 str.
- Davis, A.P., Hunt, W.F., Traver, R.G., Clar, M. (2009): Bioretention technology: Overview of current practice and future needs. Journal of Environmental Engineering, 135 (2009) 3, pp.109-117.
- DHMZ (1996): Meteorološka podloga za projektiranje objekata odvodnje s prometnice “Istarski epsilon”. Zagreb, nepublicirano.
- DHMZ (2007): Analiza maksimalnih kratkotrajnih količina oborine na području Hrvatske. Državni hidrometeorološki zavod.
- DHMZ (2009): Naputak za opažanja i mjerenja na glavnim meteorološkim postajama. Državni hidrometeorološki zavod, str. 342.
- DHMZ (2010): Meteorološki i hidrološki bilten 9/2010, Državni hidrometeorološki zavod.

- Dietz, M.E. (2007): Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions. *Water, air, and soil pollution*, 186, 1-4, pp. 351-363.
- Dolšak, D., Bezak, N., & Šraj, M. (2016): Temporal characteristics of rainfall events under three climate types in Slovenia. *Journal of Hydrology*, 541, 1395-1405.
- Elliott, A.H. and Trowsdale, S.A. (2007): A review of models for low impact urban stormwater drainage. *Environmental modelling & software*, 22 (2007) 3, pp. 394-405.
- Eptisa Adria (2017a): Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i energetike za prilagodbu klimatskim promjenama te priprema Nacrta strategije prilagodbe klimatskim promjenama, Radna verzija Strategije prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu (Zelena knjiga), Zagreb.
- Eptisa Adria (2017b): Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i energetike za prilagodbu klimatskim promjenama te priprema Nacrta strategije prilagodbe klimatskim promjenama, Rezultati klimatskog modeliranja na sustavu HPC Velebit za potrebe izrade nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama Republike Hrvatske do 2040. s pogledom na 2070. i Akcijskog plana (Podaktivnost 2.2.1.) Zagreb.
- FLO-2D: <https://www.flo-2d.com/>, 21. siječnja 2019.
- Flowroute: <https://www.ambientalrisk.com/flood-modelling-software/>, 21. siječnja 2019.
- Gajić-Čapka, M. (2000): Metode klimatološke analize kratkotrajnih oborina velikog intenziteta. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb, str 131.
- Gajić-Čapka, M. (2002): Regionalna analiza učestalosti ekstremnih oborina. Zbornik radova okruglog stola Urbana hidrologija, Split 25. i 26.4.2002., 91-99.
- Gajić-Čapka, M., Cindrić K., Pasarić Z. (2014): Trends in precipitation indices in Croatia, 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 121 (1-2). doi: 10.1007/s00704-014-1217-9
- Gajić-Čapka, M., Čapka, B. (1997): Procjene maksimalnih dnevnih količina oborine, *Hrvatske vode*, 5 (1997), 20; 231-244
- Gajić-Čapka, M., Horvat, B. (2009): Regionalne razlike jakih kratkotrajnih oborina u Istri. *Hrvatske vode*, 17, 68, 87-101.
- Gajić-Čapka, M., Sokol Jurković, R., Nikolić, D., Čapka, B. (2012): Floods in Croatia - Societal and economic impacts and responses in the newspapers. 6th HyMeX workshop: abstracts. Primošten, Hrvatska.
- German Association for Water, Wastewater and Waste: DWA-A 138E (2005): Planning, Construction and Operation of Facilities for the Percolation of Percipitation Water, Germany
- Gilbert R. O. (1987): *Statistical Methods for Environment Pollution Monitoring*. Wiley.
- Giorgi, F., E. Coppola, F. Solmon, L. Mariotti, M.B. Sylla, X. Bi, N. Elguindi, G.T. Diro, V. Nair, G. Giuliani, S. Cozzini, I. Güttler, T.A. O'Brien, A.B. Tawfik, A. Shalaby, A.S. Zakey, A.L. Steiner, F. Stordal, L.C. Sloan, C.Brancovic (2012): RegCM4: Model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. *Clim. Res.*, 52, 7–29

- Građevinski fakultet u Rijeci (2010): Analiza vremenskih serija (nositelj zadatka Rubinić, J.), Rijeka, Fond stručne dokumentacije.
- Građevinski fakultet u Rijeci (2011): Hidrološka obrada velikih voda na području Umaga (nositelj zadatka Rubinić, J.), Rijeka, Fond stručne dokumentacije.
- Građevinski institut (1977): Idejno rješenje odvodnje i dispozicije otpadnih voda Pule. Zagreb, nepublicirano.
- Güttler I, Č Branković, L Srnec, M Patarčić (2014a): The impact of boundary forcing on RegCM4.2 surface energy budget. *Climatic Change*, 125 (1), 67-78.
- Güttler I, Č Branković, T O'Brien, E Coppola, B Grisogono, F Giorgi (2014b): Sensitivity of the regional climate model RegCM4.2 to planetary boundary layer parameterisation. *Climate Dynamics*, 43, 1753-1772.
- HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecm-hms/>, 10. prosinca 2018.
- Hrvatske vode, VGI Labin (1998): Značajke kratkotrajnih jakih oborina Pule – hidrološka analiza s osvrtom na dosadašnje obrade. Labin, nepublicirano.
- Hu, M., Sayama, T., Zhang, X., Tanaka, K., Takara, K., Yang, H. (2017): Evaluation of low impact development approach for mitigating flood inundation at a watershed scale in China. *Journal of Environmental Management*, 193, pp. 430-438.
- Huff, F. A. (1967): Time distribution of rainfall in heavy storms, *Water Resour. Res.*, 3 (1967) 4, pp. 1007–1019
- InfoWorks: <https://www.innovyze.com/en-us/products/infoworks-icm>, 21. siječnja 2019.
- Institut za transfer tehnologije (1981): Studija hidrologije oborinskih voda sa utvđivanjem maksimalnih -mjerodavnih vodenih količina slivova grada Pule. Zagreb, nepublicirano.
- IPCC (2014): *Climate Change 2014: Synthesis Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Ivančan-Picek, B., Horvath, K., Strelec Mahović, N., Gajić-Čapka, M. (2014): Forcing mechanisms of a heavy precipitation event in the southern Adriatic area, *Natural hazards*, 72, 2; 1231-1252.
- Jennings, D.B., Jarnagin, S.T. (2002): Changes in anthropogenic impervious surfaces, precipitation and daily streamflow discharge: a historical perspective in a mid-Atlantic subwatershed. *Landscape Ecology*, 17 (2002) 5, pp.471 – 489.
- Joo, J., Lee, J., Kim, J., Jun, H., & Jo, D. (2014): Inter-event time definition setting procedure for urban drainage systems. *Water*, 6(1), 45-58.
- Keifer, C.J. and Chu, H.H. (1957): Synthetic storm pattern for drainage design. *Journal of the hydraulics division*, 83 (1957.) 4, pp.1-25.
- Klobučar, N., Stanišić, N., Travica, T. (2009): Novi aspekti u rješavanju oborinske odvodnje na primjeru ceste 233 i 231 (Gornji zamet u Rijeci). U: Zborniku radova Suvremene metode odvodnje oborinskih voda urbanih sredina na obalnim područjima. Hrvatsko društvo za zaštitu voda i Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Hrvatska

- Krupka, M., Pender, G., Wallis, S., Sayers, P. B., & Mulet-Marti, J. (2007): A rapid flood inundation model. In Proceedings of the congress-international association for hydraulic research (Vol. 32, No. 1, p. 28).
- Krvavica, N., Jaredić, K., Rubinić, J. (2018): Metodologija definiranja mjerodavne oborine za dimenzioniranje infiltracijskih sustava. *Građevinar*, 70(8), 657-669.
- Lhomme, J., Sayers, P., Gouldby, B., Samuels, P., Wills, M., & Mulet-Marti, J. (2008). Inundation modelling Recent development and application of a rapid flood spreading method. In *Flood risk management: research and practice* (pp. 30-39). CRC Press.
- Li, F., Duan, H.F., Yan, H., Tao, T. (2015): Multi-objective optimal design of detention tanks in the urban stormwater drainage system: framework development and case study. *Water Resources Management*, 29 (2015) 7, pp. 2125-2137.
- Lighthill, M.J., Whitham, G.B. (1955): On kinematic waves. I. Flood movement in long rivers. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, pp.281-316
- Liu, Y., Pender, G. (2010): A new rapid flood inundation model. In proceedings of the first IAHR European Congress (pp. 4-6).
- Makepeace, D.K., Smith, D.W. and Stanley, S.J. (1995): Urban stormwater quality: summary of contaminant data. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 25 (1995) 2, pp. 93-139.
- Makjanić, B. (1977): Primjena teorije ekstrema u geofizici, Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb, 84 str.
- Margeta, J. (2007): Oborinske i otpadne vode: teret onečišćenja, mjere zaštite. Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet
- Međugorac, I. (2018): Izuzetno visoki vodostaji u sjevernom Jadranu i nagib morske razine u smjeru istok-zapad. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb, str 105.
- MIKE Urban: <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-urban>, 20. siječnja 2019.
- Moss, R.H., J.A. Edmonds, K.A. Hibbard, M.R. Manning, S.K. Rose, D.P. van Vuuren, T.R. Carter, S. Emori, M. Kainuma, T. Kram, G.A. Meehl, J.F.B. Mitchell, N. Nakicenovic, K. Riahi, S.J. Smith, R.J. Stouffer, A.M. Thomson, J.P. Weyant, T.J. Wilbanks (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463, 747–756.
- MZOE (2017): Projekt programa Prijelazni instrument tehničke pomoći EU: Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i energetike za prilagodbu klimatskim promjenama te priprema Nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama (Broj ugovora: TF/HR/P3-M1-O1-010), Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (MZOE), Zagreb.
- OpenLISEM: <https://blog.utwente.nl/lisem/>, 21. siječnja 2019.
- Pal JS, F Giorgi, X Bi, N Elguindi and others (2007): Regional climate modeling for the developing world: the ICTP RegCM3 and RegCM3. *Bulletin of the American Meteorological Society* 88, 1395–1409
- Patarčić M, Č Branković (2012): Skill of 2-m temperature seasonal forecasts over Europe in ECMWF and RegCM models. *Monthly Weather Review*, 140, 1326–1346.

- Patarčić M, M Gajić-Čapka, K Cindrić, Č Branković (2014): Recent and near-future changes in precipitation-extreme indices over the Croatian Adriatic coast. *Climate Research*, 61, 157-176.
- Patrčević, V. (1979): Proračun mjerodavnih oborina u cilju dimenzioniranja kanalizacione mreže, Zbornik radova Savjetovanja o problemima urbane hidrologije i proračuna kišne kanalizacije, JDH, Novi Sad, 33 - 39.
- Patrčević, V. (1979): Proračun mjerodavnih oborina u cilju dimenzioniranja kanalizacione mreže. Zbornik radova Savjetovanja o problemima urbane hidrologije i proračuna kišne kanalizacije. JDH. Novi Sad, 33 - 39.
- PCSWMM: <https://www.pcswmm.com/>, 21. siječanj 2019.
- Perčec Tadić, M., Gajić-Čapka, M., Zaninović, K., Cindrić, K. (2014): Drought vulnerability in Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 79, 31–39.
- Pilgrim, D.H. (1987): Australian rainfall and runoff, a guide to flood estimation. The Institution of Engineers, ACT, Australia, 1987.
- Pilgrim, D.H. and Cordery, I., (1975). Rainfall temporal patterns for design floods. *Journal of the Hydraulics Division*, 101(1), 81-95.
- Ponce, V.M. (1991): The kinematic wave controversy. *Journal of Hydraulic Engineering*, 117 (1991) 4, pp. 511-525.
- Radonić, M. (2003): Vodovod i kanalizacija u zgradama, Croatiaknjiga, Zagreb
- Restrepo-Posada, J., & Eagleson, P. S. (1982): Identification of independent rainstorms. *Journal of Hydrology*, 55, 303-319.
- Rubinić, J. (2003): Inženjerska obrada kratkotrajnih intenziteta oborina. Zbornik radova seminara Praktična hidrologija, Zagreb 20. i 21.03.2003., Društvo građevnih inženjera i Hrvatsko hidrološko društvo, Zagreb, 37-60.
- Rubinić, J., Žic, E., Travaš, V. (2012): Sea Level Influence on High Water Occurrence in Coastal Urban Areas – Umag case study. U: Prodanović, D.; Plavšić, J., ur., *Proceedings of the Ninth International Conference on Urban Drainage Modelling*. Beograd: Građevinski fakultet u Beogradu, str. 215-216.
- Rubinić, J., Barbalić, D., Ožanić, N. (2003): Analiza pristupa inženjerskoj obradi kratkotrajnih jakih kiša u Hrvatskoj na primjeru Pule// Hrvatske vode u 21 stoljeću, Hrvatske vode, Zagreb, 113-121.
- Rubinić, J., BARBALIĆ, d., Ožanić, N. (2003): Analiza pristupa inženjerskoj obradi kratkotrajnih jakih kiša u Hrvatskoj na primjeru Pule, U: Zborniku radova 3.HKV Hrvatske vode u 21. stoljeću (ur.Gereš, D.), Hrvatske vode, Zagreb, 113-121.
- Rubinić, J., Gajić-Čapka, M., Milković, J., Ožanić, N. (1995): Intenziteti oborine - problemi obrade i interpretacije u praksi. Zbornik radova sa Okruglog stola Uloga hidrologije u strukturi gospodarstva Hrvatske, Zagreb, 20.04.1995, 53-69.
- Rubinić, J., Lukarić, S., Rukavina, J. (2009): Engineering Analysis of Short-Term Heavy Rainfalls– Rijeka Area Case Study. U: Zborniku radova Suvremene metode odvodnje oborinskih voda urbanih sredina na obalnim područjima. Hrvatsko društvo za zaštitu voda I Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Hrvatska

- Rubinić, J., Ožanić, N. (1996): Variability of heavy intensity rainfall appearances and their influence on effective runoff // Proc. XVIIIth Conference of the Danube Countries / Nestroy O.(ur.). Technische universitat Graz, Graz , 75-81.
- Rubinić, J., Ožanić, N. (2005): The relation between intensive daily and annual precipitation quantities at The Gorski Kotar Area (Croatia), Hrvatski meteorološki časopis, 40, 631-633
- Rubinić, J., Zmaić, B. (ur.) (2009): Zbornik radova Konferencije s međunarodnim sudjelovanjem „Suvremene metode odvodnje oborinskih voda urbanih sredina na obalnim područjima. Hrvatsko društvo za zaštitu voda i Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka
- Scholz, M. and Grabowiecki, P. (2007): Review of permeable pavement systems. Building and Environment, 42 (2007) 11, pp. 3830-3836.
- Sen P. K. (1968): Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. J. Am. Stat. Assoc. 63, 1379 –1389.
- Singh, V.P. (2001): Kinematic wave modelling in water resources: a historical perspective. Hydrological processes, 15 (2001) 4, pp. 671-706.
- Skorin-Kapov, L. (1984): Model za redukciju kiša u okolini njenog centra, JDH, Split, 73-84.
- Sobek: <https://www.deltares.nl/en/software/sobek/>, 20. siječnja 2019.
- Srebrenović, D. (1960): Kišni intenziteti i njihova primjena u određivanju maksimalnih vodnih količina. Građevinska knjiga, Beograd.
- Srebrenović, D. (1970): Problemi velikih voda. Tehnička knjiga, Zagreb, 278 str.
- SWMM, Storm Water Management Model: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>, 10. prosinca 2018.
- TUFLOW: <https://www.tuflow.com/>, 21. siječnja 2019.
- UCAR (2010): Flash flood early warning system reference guide, 204 pp. https://www.meted.ucar.edu/communities/hazwarnsys/ffewsrq/FF_EWS.pdf
- UNISDR (2015): Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030. UNISDR, Geneva, Switzerland, pp. 37
- Urbis 72 (1997): Mjerodavne oborine za kanalizacijski sustav grada Pule. Pula, nepublicirano.
- USDA (1968): Hydrology. Suppl. A to Sec. 4, Engineering Handbook. Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture
- Uzelac, T. (2009): Nužnost integralnog pristupa planiranju i upravljanju oborinskim vodama na primjeru grada Pule. Zbornik radova „Suvremene metode odvodnje oborinskih voda urbanih sredina na obalnim područjima (ur. Rubinić, J., Zmaić, B.), Hrvatsko društvo za zaštitu voda i Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 142-155.
- Uzelac, T., Sošić, K., Rubinić, J., Prhat, D. (2012): Integral approach to the design of stormwater drainage in the town of Pula. Ninth International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia, pp. 1-14
- Vodoprivreda Rijeka (1988): Karakteristike jakih intenziteta oborina sa stanica vodnog područja vodoprivrede i elektroprivrede Rijeka. Rijeka, nepublicirano.
- Wang, A., Qu, N., Chen, Y., Li, Q., & Gu, S. (2018): A 60-Minute Design Rainstorm for the Urban Area of Yangpu District, Shanghai, China. Water, 10(3), 312.

Watt, E., Marsalek, J. (2013): Critical review of the evolution of the design storm event concept. Canadian Journal of Civil Engineering, 40 (2013) 2, pp.105-113.

Yen, B.C., and Chow, V.T. (1980): Design hyetographs for small drainage structures. Journal of the Hydraulics Division (ASCE), 106 (1980) 6: pp. 1055–1076.

Zakoni:

Pravilnik o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti javne odvodnje (NN 28/11 i 16/14)

Zakon o vodama (NN 153/09., 63/11., 130/11., 56/13., 14/14. i 46/18)

Zakonu o komunalnom gospodarstvu (NN 68/18)