

**ВТОР МАКЕДОНСКИ  
КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА  
SECOND MACEDONIAN  
ROAD CONGRESS  
2022**



**3-4**  
ноември  
November  
**2022**  
Скопје, Македонија  
Skopje, Macedonia

# **ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ BOOK OF PROCEEDINGS**



[congress.mare.org.mk](http://congress.mare.org.mk)



# **ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ**

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 3-4 НОЕМВРИ  
2022

# **BOOK OF PROCEEDINGS**

SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 3-4 NOVEMBER  
2022

## **ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ**

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 3-4 НОЕМВРИ 2022

## **BOOK OF PROCEEDINGS**

SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 3-4 NOVEMBER 2022

Издавач

Друштво за патишта на Република Македонија „Via Vita“

Бул. „Партизански одреди“ бр.24 П.Ф. 560

1000 Скопје, Република Македонија

Publisher

Macedonian Association of Road Engineers „Via Vita“

Blvrd „Partizanski odredi“ 24 P.box 560

1000 Skopje, Republic of Macedonia

За издавачот

Проф. д-р Горан Мијоски, дипл.град.инж. , Претседател на ДПМ

Editor

Dr. sc. Goran Mijoski, Full Professor

Уредник

Проф. д-р Горан Мијоски, дипл.град.инж.

Graphic desing

Polyesterday - Skopje

Printing

Polyesterday

Тираж 350

Number of copies 350

**ISBN 978-608-66946-1-6**

CIP - Каталогизација во публикација  
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

625.7/.8(062)

МАКЕДОНСКИ конгрес за патишта (2 ; 2022)

Зборник на трудови / Втор македонски конгрес за патишта 3-4 ноември 2022 : [уредник Горан Мијоски] = Book of proceedings / Second macedonian road congress 3-4 november 2022 ; [editor Goran Mijoski]. - Скопје : Друштво за патишта на Република Македонија = Skopje, 2022. - 730 стр. : илустр. ; 30 см

Текст на мак. и англ. јазик. - Фусноти кон текстот. - Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-66946-1-6

а) Патишта -- Проектирање -- Изградба -- Реконструкција -- Собири

COBISS.MK-ID 58441477

## **Втор Македонски конгрес за патишта**

3-4 ноември 2022 год. Скопје – РС Македонија

### **Организатор**

Друштво за патишта на Република Македонија „Via Vita“

### **Коорганизатори**

Градежен Факултет – Скопје

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје

ЈП „Македонијапат“ - Скопје

Комора на овластени архитекти и овластени инженери на РМ

Републички совет за безбедност на сообраќајот на патиштата

Јавно претпријатие за државни патишта

Инженерска институција на Македонија



**Анализа на интензивните врнежи и нивното влијание врз  
безбедноста на сообраќајот  
Analysis of intense precipitation and impact on traffic safety**

Виолета Ѓешовска<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Вонреден професор д-р, Градежен Факултет, violetag@gf.ukim.edu.mk

**Апстракт**

Интензивните врнежи директно влијаат на појава на поплави кои може да предизвикаат сериозни последици на патниот сообраќај. Интензивните врнежи, а одтука и поплавите не можат да се спречат, но ефикасните мерки за ублажување базирани на проценка на нивната појава можат значително да ги намалат негативните ефекти врз безбедноста на сообраќајот. Сите модели за проценка на појава на поплави се базирани на анализа на врнежите, со посебен акцент на врнежите со кратко траење кои најчесто се причина за намалување на безбедноста на сообраќајот, а неретко и до целосен прекин на истиот. Познавањето на промените на врнежите на подолг временски период гарантираат подобра прогноза на појавата на поплави и благовремено превземање соодветни мерки за нивно ублажување или во одреден степен да се спречат. Влијанието на интензивните врнежи врз безбедноста на сообраќајот може да се анализира во сите фази, од планирање, проектирање, изведба и на крај во користење на патиштата. Познавањето на интензитетот на врнежите е главен предуслов за добро димензионирање на дренажниот систем на соодветните патишта, но истовремено и проектирање и изведба на заштитен систем за одводнување на површинските води кои може да предизвикаат оштетување на истиот и да предизвикаат прекини во сообраќајот. Од овде произлегува потребата од познавање на количините на интензивните врнежи. Предмет на овој труд се врнежите со кратко времетраење во Македонија за период од 1956 до 2020 година, нивна анализа и формирање на i-T-p (интензитет-траење-веројатноста на појава) кривите. Анализите вклучуваат компарација на постојните i-T-p криви (за периодот од 1956-1988) со новоформираните i-T-p криви (за период од 1956 до 2020) за вкупно осум мерни станици во Р. Македонија. Промената на врнежите е анализирана во функција на заштитата и безбедноста на патиштата и системот за одводнување на истите.

**Клучни зборови**

Интензивните врнежи, поплава, одводнување, безбедност, патишта

**Abstract**

Intense rainfall directly affects the occurrence of floods that can cause serious consequences for road traffic. Intense rainfall and hence flooding cannot be prevented, but effective mitigation measures based on an assessment of their occurrence can significantly reduce the negative effects on traffic safety. All models for estimating the occurrence of floods are based on the analysis of precipitation, with a special emphasis on short-duration precipitations, which are often the cause of a decrease in traffic safety, and often to a complete stoppage of it. Knowing the changes in precipitation over a longer period of time guarantees a better forecast of the occurrence of floods and the timely taking of appropriate measures to mitigate them or to prevent them to a certain extent. The impact of intense rainfall on traffic safety can be analyzed in all phases, from planning, design, performance and finally in road use. Knowing the intensity of rainfall is the main prerequisite for good dimensioning of the drainage system of the respective roads, but at the same time, the design and performance of a protective system for the drainage of surface water that can cause damage to it and cause interruptions in traffic. From here comes the need to know the amounts of intense precipitation. The subject of this paper is the precipitation with a short duration in Macedonia for the period from 1956 to 2020, their analysis and formation of the i-T-p (intensity-duration-probability of occurrence) curves. The analyzes include a comparison of the existing i-T-p curves (for the period from 1956-1988) with the newly formed i-T-p curves (for the period from 1956 to 2020) for a total of eight measuring stations in R. Macedonia. The change in precipitation has been analyzed in function of the protection and safety of the roads and the road drainage system.

**Key words**

Heavy rainfall, flood, drainage, safety, roads

## 1. ВОВЕД

Поплавата како природна појава била, е и ќе биде најголем проблем за луѓето ширум светот. Интензивните врнежи со кратко времетраење се најчеста причина за појава на поплавите. Појавата на врнежите е исклучително стохастичка појава, врз која неможе да се влијае. Затоа е многу битна проценката на интензивните врнежи со кратко времетраење, прогноза на можните поплави и превземање на ефикасни мерки за намалување на негативните ефекти врз објектите и безбедноста на луѓето.

Во однос на влијанието на врнежите и појавата на поплавите врз патната инфраструктура и воопшто врз безбедноста на сообраќајот, од исклучително значење е познавањето на интензитетот на врнежите. Интензитетот на врнежите е главен параметар за димензионирање на системот за одводнување на патиштата со соодветен капацитет за прифаќање на можните количини на површинските води кои може да предизвикаат оштетување на истиот и да предизвикаат прекини во сообраќајот.

Во Р.С. Македонија за вакава цел, во практиката се користат податоците за интензивните врнежи добиени со обработка на регистрираните врнежи во период од 1956 до 1988 година, [1]. Во втората половина на осумдесеттите години на минатиот век се анализирани податоци за врнежите во период од 1956 година до 1988 година и се дефинирани кривите на интензитет, траење и повторување (i-T-p) на територијата на Р. С. Македонија (Ж. Шоклевски и Б. Тодоровски, 1993). Во последните 30 години во Р. С. Македонија интензивните врнежи со кратко траење се релативно слабо анализирани. Периодот после 1988 година, анализата на измерените врнежи на територијата на нашата држава се сведува на истражувања кои во целост не ја опфаќаат оваа проблематика. Имајќи во предвид дека врнежите се исклучително стохастичка појава, променлива по време и простор, се наметнува потребата за обнова на истражувањето со продолжување на низите на податоци до сегашниот период. Значајно е да се напомене дека во последниве дваесетина години е констатирана промена на режимот на врнежите од аспект на нивниот интензитет и траење, како глобално така и регионално како резултат на климатските промени. Значајноста на потребата од повторна анализа на кривите на интензитет, времетраење и повторување на интензивните врнежи е потврдена и со Стратегијата за климатски промени за град Скопје (2017), со која во рамките на Акцискиот план е посочена потребата од изработка на Студија за иновирани криви на интензитет, времетраење и повторување на интензивните врнежи во Скопскиот Регион во услови на климатски промени [2].

Во рамки на Научноистражувачкиот проект (НИП): Анализа на интензивните врнежи во Република Северна Македонија изработен од Градежниот факултет-Скопје, [3], а во соработка со Управата за Хидрометеоролошки Работи (УХМР) во текот на 2021/22 се обработени податоците за измерените врнежите од осум мерни станици во Р. С. Македонија за периодот од 1989 до 2020 година. Врз основа на овие податоци се продолжени постојните низи (1956-1988) и формирани се низи од 65 податоци (1956-2020), што од хидролошки аспект претставува солидна база за анализи. Низите се тестирани на хомогеност, статистички обработени и дефинирана е распределба на екстремните вредности и веројатноста на појава за различни периоди на повторување. Ажурирни се податоците за интензивните врнежи со различен период на повторување и со кратко времетраење за целиот период на мерење на врнежите (1956-2020). Воспоставени се зависности помеѓу интензитетот на врнежите, времетраењето и веројатноста на појава (i-T-p) за сите мерни станици за врнежите со кратко траење (5, 10, 20, 40, 60, 150, 300, 720, 1440 минути).

На овој начин се обезбедени релевантни податоци за интензивните врнежи на територијата на нашата земја и се овозможи при димензионирање на хидротехничките

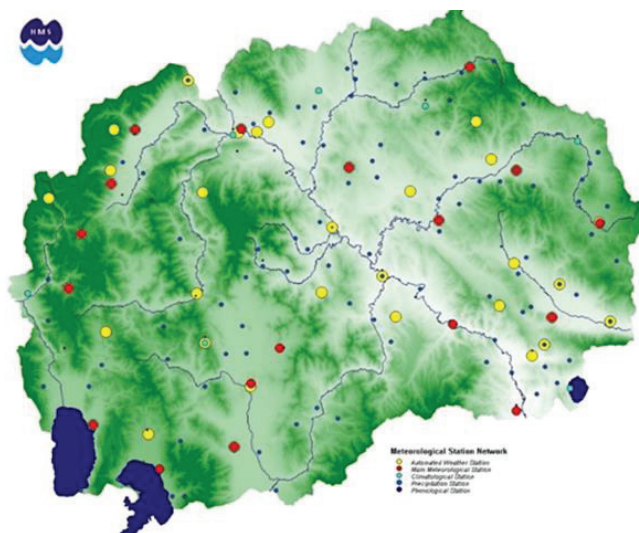
објекти во областа на патната инфраструктура да се дефинираат меродавните големи води кои ќе бидат реални.

Предмет на овој труд се врнежите со кратко времетраење во Македонија за период од 1956 до 2020 година, нивна анализа и формирање на i-T-p (интензитет-траење-веројатноста на појава) кривите. Анализите вклучуваат компарација на постојните i-T-p криви (за периодот од 1956-1988) со новоформираните i-T-p криви (за период од 1956 до 2020). Промената на врнежите е анализирана во функција на заштитата и безбедноста на патиштата и системот за одводнување на истите.

## 2. МЕТОДОЛОГИЈА

### 2.1 Преглед на метеоролошките станици за мерење на врнежите

Метеоролошките набљудувања во Р.С. Македонија се изведуваат на 19 главни метеоролошки станици, 7 климатолошки, 24 фенолошки, 87 дождемерни станици и 55 автоматски метеоролошки станици (АМС), Слика 1.



Слика 1: Мрежа на метеоролошки станици во Р.С. Македонија (Извор: УХМР)

Во мрежата на метеоролошките станици, врнежите со кратко траење се мерат со плувиографи на поголем број мерни места. Во зависност од можностите, условите и потребата од информации, бројот на овие мерни станици во изминатиот период се намалува или зголемува. Перманентно следење на интензивните врнежи во Р. С. Македонија постојат во метеоролошките станици прикажани во Табела 1.

Табела 1: Преглед на анализирани метеоролошки станици

Метеоролошка станица	Надморска висина	Географски координати		Тип на плувиограф	Период на мерење	забелешка
		ширина	должина			
Скопје-стар аеродром	240	41°59'	20°28'	R FRUCESS	1956-66	Престана да работи
Скопје-Петровец	239	41°57'42"	021°37'17"	R FRUCESS	1967-75	
Скопје-Зајчев	302	42°00'59"	021°12'59"	R FRUCESS	1978-1988	со прекини

рид					1989-2020	
Штип	336	41°45'13"	022°21'49"	П-2	1963-1988	со прекини
					1988-2020	
Прилеп	675	41°20'02"	021°13'14"	П-2	1959-1988	со прекини
					1989-2020	
Битола	590	41°02'30"	021°12'13"	П-2	1956-1988	со прекини
					1989-2019	со прекини
Охрид	757	41°06'53"	020°04'50"	Lambrecht	1956-1988	
					1989-2020	со прекини
Крива Паланка	693	42°12'13"	022°21'52"	П-2	1959-1988	
					1989-2020	
Демир Капија	112	41°24'34"	022°21'14"	Lambrecht	1957-1979	со прекини
					1987-2020	
Лазарополе	1340	41°32'15"	020°04'45"	Lambrecht	1964-1988	со прекини
					1988-2012	со прекини

Плувиографските регистрирани ленти од врнежи со кратко времетраење во мерните станици Скопје, Штип, Прилеп, Битола, Охрид, Крива Паланка, Демир Капија и Лазарополе се обработени и анализирани во рамки на овој труд.

Мерење на врнежите со кратко траење се врши главно со три типа на инструменти: (1) Пувиограф од фирмата Lambrecht-германски инструмент со еднодневни, седмични и месечни плувиографи. Површината на отворот на плувиографот е 200 cm<sup>2</sup>; (2) Пувиограф од фирмата R FRUESS-германски инструмент со еднодневни плувиограф и (3) Пувиограф тип П-2-руски инструмент, еднодневен плувиограф и со принудно празнење. Површината на отворот на плувиографот е 500 cm<sup>2</sup>. Со оглед на техничките можности за набљудувањата на врнежите со плувиограф, мерењата се вршени само во топлиот период на годината (од април до ноември). Во зимскиот период се користени т.н плувиографи со греачи (за спречување на замрзнувањето при негативни температури), но тогаш не биле користени еднодневни плувиографски траки, туку претежно седмодневни. Ваквите записи за периодот од 1956 до 1988 година не се анализирани, додека во периодот од 1989 до 2020 година истите се обработени и анализирани.

## 2.2 Расположливи податоци

Во овој труд анализирани се врнежите за периодот од 1956 до 2020 година за мерните станици: Скопје, Штип, Прилеп, Битола, Охрид, Демир Капија и Лазарополе. Преглед на обработените плувиографски дијаграми за сите анализирани станици за периодот од 1956 година до 1988 година е прикажан во Табела 2, а за периодот од 1989 година до 2020 година во Табела 3. Плувиографските дијаграми за периодот од 1988 година до 2020 година кои беа на располагање (извор: УХМР) за метеоролошките станици се главно еднодневни, но има и седмични и месечни ленти. Врз основа на детален преглед на сите плувиографски записи за секоја година, најпрво се направи избор на



дијаграми на кои се регистрирани сите епизоди од врнежи и порои во текот на секој месец, а потоа и во тек на секоја година. Дијаграмите на кои се регистрирани нелогични вредности на врнежи (несигурни) не се земени во предвид во анализите.

Табела 2: Преглед на расположливи плувиографски дијаграми за период 1956 - 1988

Станица	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1988	1989		
Скопје																																			
Штип																																			
Прилеп																																			
Битола																																			
Охрид																																			
Крива Паланка																																			
Демир Капија																																			
Лазарополе																																			

Табела 3: Преглед на расположливи плувиографски дијаграми за период 1989 -2020

Станица	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020			
Скопје																																			
Штип																																			
Прилеп																																			
Битола																																			
Охрид																																			
Крива Паланка																																			
Демир Капија																																			
Лазарополе																																			

### 2.3 Читање на плувиографски дијаграми и формирање на табела со основни податоци за обработка

Постапката на обработка на плувиографските ленти со цел да се дефинира интензитетот на максималните врнежи со одредено времетраење може да биде со методот на карактеристични (превојни) точки или со методот на петминутен период на дискретизација ( $\Delta t=5\text{min}$ ). Во овој труд е користен вториот метод, односно со методот на петминутен период на дискретизација ( $\Delta t=5\text{min}$ ) за кој периодот на дискретизација е константен ( $\Delta t=5\text{min}$ ) и за вкупното траење на врнежите се добива хронолошка низа на средни петминутни интензитети на врнежите. Максималните вредности за

интензитетот на врнежите се добива со екстракција-издвојување на најголемата вредност во низата од среднопетминутните врнежи, или осреднетата вредност за врнежите со одредено времетраење. За да се отчитаат вредностите од плувиографските дијаграми користена е онлајн алатката *graphreader*. За таа цел сите ленти најпрво се скенирани, дијаграмите се дигитализирани и определени се вредностите на најголемите висини на врнежи со траење од 5, 10, 20, 40, 60, 90, 150, 300, 720 и 1440 минути.

#### **2.4 Определување на годишни максимални врнежи со одредено времетраење**

За анализираните метеоролошки станици обработени се сите плувиографски дијаграми каде се регистрирани врнежи за сите години од периодот од 1989 година до 2020 година. Врз основа на овие податоци се формираат хронолошки низи од годишни максимални врнежи со времетраење од 5 минути до 1440 минути. За секоја година е формирана и низа на максимални дневни врнежи измерени според обичен дождемер за секоја година (извор: УХМР).

При формирање на низите од годишни максимални врнежи се контролирани обработените податоци и при тоа се следени следните принципи: 1) висината на годишните максимални врнежи со одредено времетраење мора да бидат поголеми од годишните максимални врнежи со помало времетраење, 2) годишните максимални врнежи со времетраење од 1440 минути мора да бидат поголеми и/или евентуално еднакви на максимални дневни врнежи. Во случај да овој услов не е исполнет со обработка на плувиографските дијаграми, годишните максимални врнежи со времетраење од 1440 минути се изедначуваат со максимални дневни врнежи (за истите се располага со комплетна низа за анализираниот период), 3) при појава на два или повеќе издвоени пократки врнежи меѓу кои постои период без врнежи, максималните врнежи со определено времетраење се определува врз основа на врнежите за целиот период од почетокот на врнежите до престанок на истите.

Врз претходно објаснетата постапка, за анализираните метеоролошки станици (Скопје, Штип, Прилеп, Битола, Охрид, Крива Паланка, Демир Капија и Лазарополе), формираните се единствени низи од годишни максимални врнежи со траење од 5, 10, 20, 40, 60, 90, 150, 300, 720 и 1440 минути за периодот од 1989 година до 2020 година.

#### **2.5 Дополнување на некомплетните низи**

Поради прекини на мерењата на врнежите на одредени мерни станици (Битола, Лазарополе и Охрид), а со цел да се пополнат низите од годишните максимални врнежи со одредено времетраење се наметна потребата од дополнување на низите. Пополнувањето на низите е направено со формирање на корелациони врски помеѓу низите на годишни максимални врнежи со определено траење и низата од максималните дневни врнежи кои за сите станици низите се комплетни.

При воспоставување на овие корелациони врски контролирана е јачината на врската согласно основниот критериум за корелативните врски, односно пресметан е и контролиран коефициентот на корелација ( $r$ ), Табела 4.

За мерните станици Битола и Охрид, овој коефициент има помали вредности за врнежите со помало траење, а повисоки вредности за врнежите со подолго времетраење. За мерната станица Лазарополе бидејќи овие вредности беа релативно мали, што укажува на слаби врски, направена е и просторната корелативна врска со станиците: Прилеп, Демир Капија, Охрид и Битола.

Од компаративната анализа на добиените корелативни врски најголеми коефициенти се добија при воспоставување на корелативна врска на врнежите со одредено времетраење од м.с. Лазарополе со врнежите со исто времетраење од м.с. Охрид.

Табела 4: Коефициенти на корелација

<i>r</i>	5'	10'	20'	40'	60'	90'	150'	300'	720'	1440'
<b>Битола</b>										
<b>24h</b>	0.297	0.356	0.417	0.435	0.467	0.490	0.498	0.502	0.590	0.560
<b>Охрид</b>										
<b>24h</b>	0.165	0.206	0.157	0.130	0.128	0.142	0.295	0.418	0.638	0.933
<b>Лазарополе</b>										
<b>24h</b>	0.161	0.106	0.028	-0.003	-0.028	-0.045	-0.057	-0.037	0.029	0.087
<b>Прилеп</b>	0.213	0.076	0.052	-0.117	-0.157	-0.122	-0.173	0.049	0.295	0.396
<b>Демир Капија</b>	0.298	0.244	0.074	0.000	-0.043	-0.095	-0.098	-0.197	-0.037	-0.031
<b>Охрид</b>	0.666	0.585	0.788	0.623	0.435	0.414	0.443	0.379	0.064	0.162
<b>Битола</b>	0.324	0.429	0.510	0.343	0.222	0.172	0.126	0.025	0.013	0.003

## 2.6 Тестирање на хомогеност на формираните низи

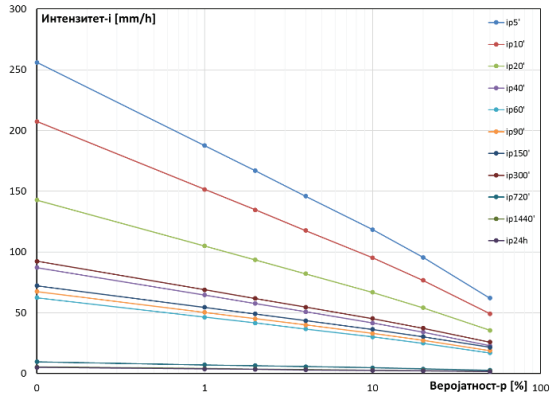
За испитување на хомогеноста на формираните низи од максимални годишни врнежи со одредено времетраење се користени параметарски тестови: нормализиран Z-тест на средна вредност, студентов t-тест и Фишеров тест. Согласно спроведените анализи може да се констатира дека податоците од низите припаѓаат на иста популација со веројатност од 95%.

## 2.7 Дефинирање на функции на веројатност на интензивните врнежи

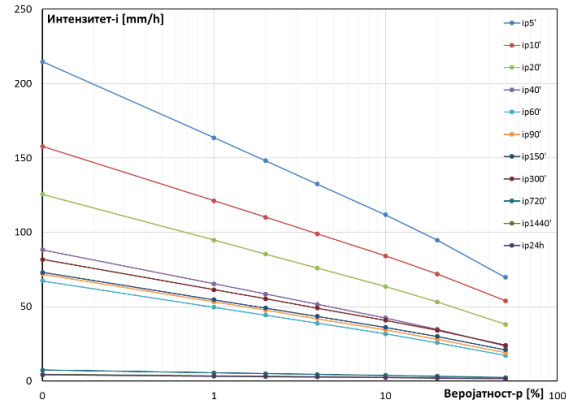
Статистичката обработка на формираните низи на годишни максимални врнежи со одредено времетраење за сите мерни станици се состои во определување на основните статистички параметри: средна аритметичка вредност, средно квадратно отстапување, коефициент на варијација, коефициент на асиметрија, [4].

Теоретската функција на густина на веројатност, што е адекватна на емпириската фреквенција и функцијата на дистрибуција на веројатност се однесуваат на целата популација, односно постоечките низи од ограничен број на податоци ( $n=65$ ) се третираат како низи со неограничен број податоци ( $n=\infty$ ) со што се опфаќаат сите можни појави во иднина.

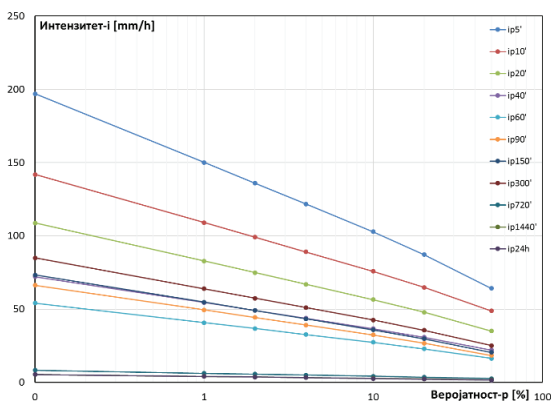
Анализирани се неколку функции на густина на веројатност: Гумбелова распределба, Пирсон III тип, Лог-номална двопараметарска и Лог-пирсонова. Со тестирање на прилагодливоста на овие ф-кции со емпириската фреквенција на случајната променлива со примена на  $\chi^2$ -тестот при значајност на тестот од  $\alpha=5\%$ , најдобро прилагодување покажува Гумбеловата функција. Дефинирањето на веројатноста на појава на максималните интензивни врнежи за сите дождемерни станици и траење на врнежите е направено со примена на Гумбеловата распределба. Воспоставените графички зависимости помеѓу интензитетот на врнежите, времетраењето и веројатноста на појава ( $i$ - $T$ - $p$ ) за сите мерни станици за врнежите со кратко траење (5, 10, 20, 40, 60, 150, 300, 720, 1440 минути) се прикажани графички, Слика 2



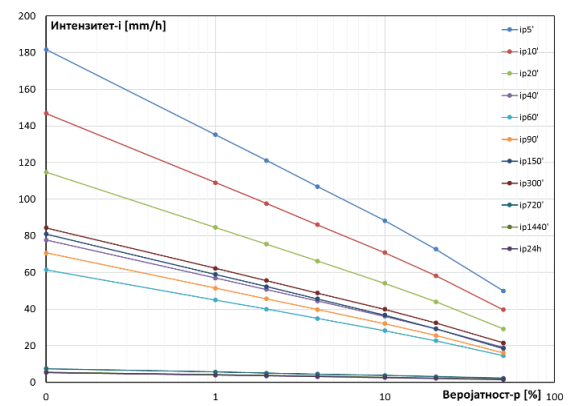
*i-T-p за м.с. Скопје*



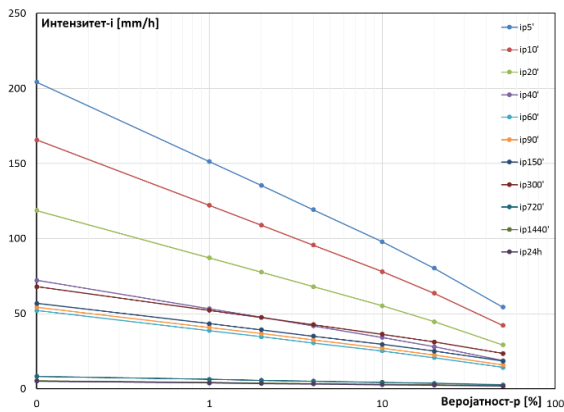
*i-T-p за м.с. Штип*



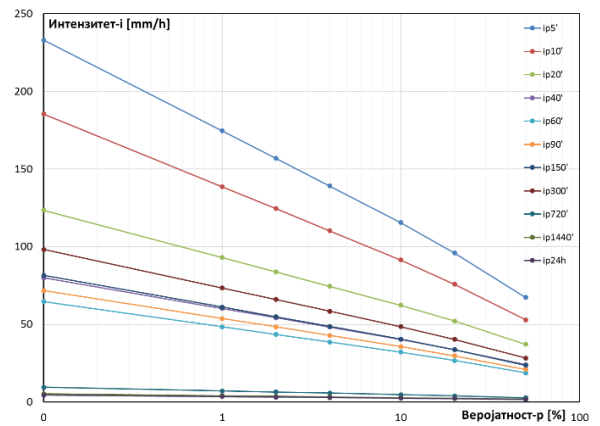
*i-T-p за м.с. Прилеп*



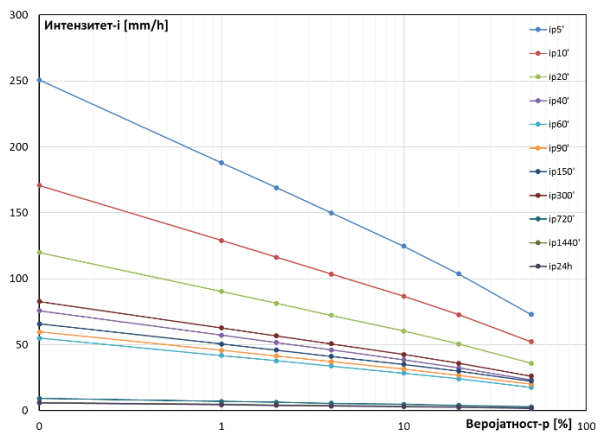
*i-T-p за м.с. Битола*



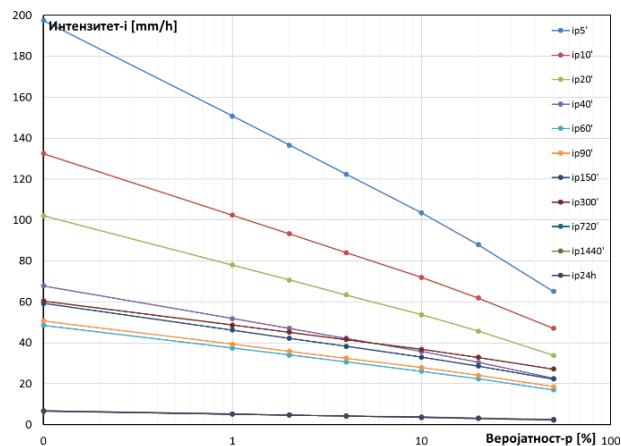
*i-T-p за м.с. Охрид*



*i-T-p за м.с. Крива Паланка*



*i-T-p* за м.с. Демир Капија



*i-T-p* за м.с. Лазарополе

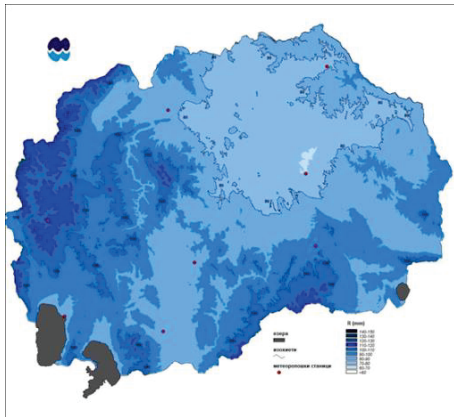
Слика 2: *i-T-p*

### 3. АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ

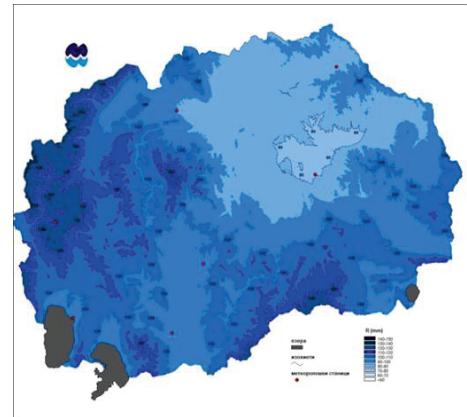
Промената на режимот на врнежите може да го анализираме со компарација на пресметаните вредности за максималните врнежите со кратко времетраење (5, 10, 20, 40, 60, 90, 150, 300, 720, 1440 минути) за повратен период од 100 години за периодот од 1956 до 2020 г. со истите податоци за периодот од 1956 до 1988 година, Слика 5. Може да се забележи дека во Скопје на врнежите со времетраење од 5, 10, 20, 40, 60, 90, 150 минути бележат намалување, додека врнежите со подолго времетраење од 300, 720, 1440 минути и 24 часа се зголемени во последните 30 години. Во Штип зголемување на интензитетот е забележано кај врнежите со кратко времетраење освен кај врнежите кои траат 10 минути. За мерната станица во Прилеп е забележано зголемување на интензитетот на врнежите со времетраење од 5, 10, 20, 40, 60, 300 и 720 минути, додека намалување на интензитетот е забележано кај врнежите во траење од 90, 150, 1440 мин и 24 часа. Во Битола и Охрид за сите периоди на времетраење на врнежите може да се забележи намалување на интензитетот во последните 30 години. Во Крива Паланка има зголемување на интензитетот на врнежите со времетраење од 5, 10, 40, 60, 90, 150 минути. Во Демир Капија има зголемување на врнежите со времетраење од 5 минути и врнежи со времетраење повеќе од 300 минути, додека во Лазарополе само за врнежи со времетраење од 720 минути и 24 часа се забележува зголемување на врнежите. Ако се разгледуваат средните вредности за промената на врнежите за целата територија, може да се констатира дека врнежите со времетраење од 5, 10, 20, и 40 минути, забележуваат намалување (од 0,53% до 6%), додека врнежите со времетраење од подолго од 60 минути имаат зголемување (0,66% до 9,09%). Максималните дбневни врнежи во период на повторување од 100 години во просек се зголемени за 6,29 %, Табела 5. Ако се направи споредба на просторната распределба на пресметаните екстремни вредности на годишни максимални дневни врнежи со повратен период од 50 и 100 години, Слика 3 и 4, соодветно, ситуацијата е следна: најмногу врнежи има во Лазарополе, а најмалку во Штип.

Табела 5: Промена на максималните врнежи во %

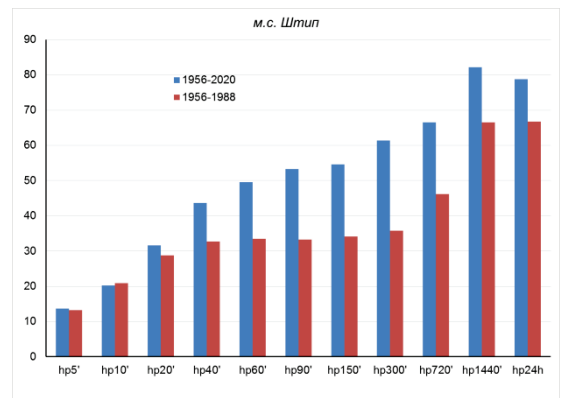
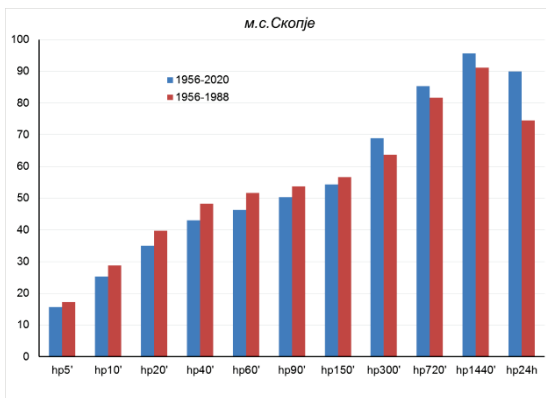
%	hp5'	hp10'	hp20'	hp40'	hp60'	hp90'	hp150'	hp300'	hp720'	hp1440'	hp24h
Скопје	-9.10	-12.38	-11.90	-10.78	-10.15	-6.35	-4.06	8.18	4.44	4.93	20.87
Штип	3.37	-3.41	9.76	33.51	47.97	60.02	60.32	71.73	44.10	23.40	17.99
Прилеп	9.68	0.12	1.35	5.94	7.78	-5.92	-4.94	1.39	11.76	-8.09	-9.75
Битола	-10.42	-14.44	-16.77	-17.65	-17.95	-17.03	-16.48	-14.20	-8.96	-15.84	-16.11
Охрид	-13.53	-14.76	-16.56	-16.05	-15.73	-14.37	-13.19	-7.01	-9.22	-9.18	-6.97
Крива Паланка	3.43	1.52	-1.28	12.56	4.08	13.13	6.08	-3.99	-9.83	-7.05	-17.66
Демир Капија	5.61	-1.20	-1.42	-1.85	-1.81	-2.26	-0.10	3.14	23.70	30.03	39.90
Лазарополе	-2.33	-3.71	-10.36	-9.95	-8.93	-7.46	-9.70	-4.29	16.77	-10.76	22.03
Ср. вредност	-1.66	-6.03	-5.90	-0.53	0.66	2.47	2.24	6.87	9.09	0.93	6.29

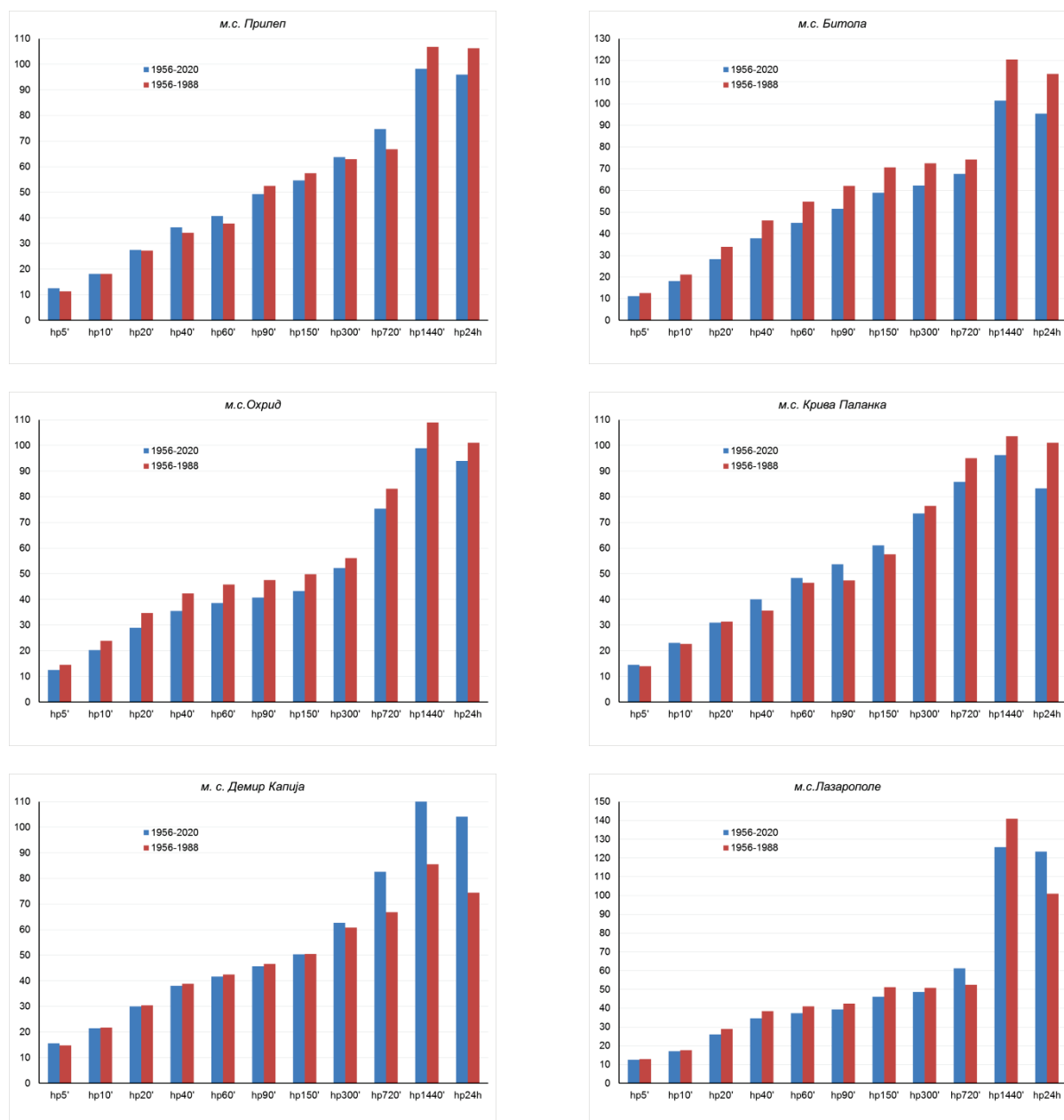


Слика 3: Просторната распределба на максимални дневни врнежи-T= 50 години



Слика 4: Просторната распределба на максимални дневни врнежи-T= 100 години





Слика 5: Максимални врнежи со кратко времетраење за повратен период од 100 години (период 1956 - 2020 година во споредба со периодот 1956 -1988 година)

Сложената орографска структура на Р.С. Македонија условува нерамномерна просторна распределба на врнежите и влијае на pluviометрискиот режим. Еден од најважните услови што има влијание врз количината на врнежите е географската локација на разгледуваната локација, т.е. географската широчина должина, како и надморска височина. Најмали количества на врнежи има во централните подрачја и тоа во Градско, Тиквешијата и Овче Поле, кои се најсушните области на територијата, со просечни количини на врнежи меѓу 400-500 mm годишно. Најголеми количини на врнежи се регистрирани на највисоките планински масиви во Западна Македонија и изнесуваат околу 1000 mm годишно. Во другите области во нашата Република се измерени просечни годишни врнежи од 600-1000 mm за периодот 1981-2010 година (УХМР).

#### 4. ЗАКЛУЧОК

Врнежите како исклучително стохастичка појава, променлива по време и простор, се релевантни за анализа во областа на хидрологијата. Овие анализи се особено важни со оглед на тоа што климатските промени се евидентни и на глобално и на регионално ниво. Потребата од анализа на врнежите со кратко траење во Р.С. Македонија е повеќе од неопходна, со оглед на тоа што вакви документирани анализи се правени пред околу 30 години.

Во трудот е прикажана анализа на врнежите со кратко траење во Р.С. Македонија врз основа на податоци измерени на осум мерни станици во периодот од 1956 до 2020 година. Анализата на серијата измерени податоци за врнежите на сите осум мерни станици покажува логична варијабилност со тренд на зголемување на врнежите во последните 30 години. Низа од 65 податоци се статистички обработени и тестирани за хомогеност на низата. Дефинирани се екстремни вредности со различни периоди на враќање. Резултатите добиени од овие анализи се споредени со оние од анализите направени врз основа на податоци измерени на истите осум мерни станици во периодот од 1956 до 1988 година (објавени во 1993 година). Споредбената анализа покажува дека екстремните вредности на врнежите пресметани за различни повратни периоди, според распределбата на веројатноста на Гамбл, се со тренд на пораст.

Од аспект на обезбедување на релевантни параметри за хидролошките студии, секако и податоци релевантни за димензионирање на објектите за одводнување на патиштата, се препорачува овие анализи да се повторуваат во пократки временски периоди во иднина, барем во период од 10 до 15 години.

#### КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА:

- 1) Ж. Шкоклевиќ, Б. Тодоровски, (1993). Интензивни врнежи во Република Македонија, Градежен Факултет, Институт за хидротехника, Скопје,
- 2) Стратегија на климатски промени, (2017). Град Скопје, Сектор за заштита на животната средина и природата на Град Скопје
- 3) В. Ѓешовска, Г. Тасески, П. Пеливаноски, К. Донева и др. (2022). Анализа на интензивните врнежи во Република Северна Македонија, Научноистражувачкиот проект (НИП), Градежен факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј, Скопје
- 4) Ц. Поповска, В. Ѓешовска, (2012). Хидрологија-теорија со решени задачи, Градежен факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј, Скопје, 2012
- 5) Metode merenja i obrade s računski primjerima, (1985). Jugoslovensko društvo za hidrologija,
- 6) S.L. Chen, (1983). Rainfall intensity-duration-frequency formulas, J. Hyd. Div. ASCE 109(12):1606-1621,
- 7) D.M. Hershfield, (1965). Estimating the probable maximum precipitation, J. Amer. Waterworks Assoc. 57: 965-972, 1965
- 8) S.J. Prohaska, V.I. Bartoš Divac sa saradnicima, (2014). Intenzitet jakih kiša u Srbiji, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd, 2014