

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Bizjak, T., 2016. Izdelava krivulj GEN za območje JZ Slovenije. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šraj, M., somentor Panjan, J.): 67 str.

Datum arhiviranja: 27-05-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Bizjak, T., 2016. Izdelava krivulj GEN za območje JZ Slovenije. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šraj, M., co-supervisor Panjan, J.): 67 pp.

Archiving Date: 27-05-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidat:

TADEJ BIZJAK

**IZDELAVA KRIVULJ GEN ZA OBMOČJE JZ
SLOVENIJE**

Diplomska naloga št.: 280/VKI

**IDF CURVES FOR SOUTHWESTERN PART OF
SLOVENIA**

Graduation thesis No.: 280/VKI

Mentorica:

doc. dr. Mojca Šraj

Somentor:

izr. prof. dr. Jože Panjan

Ljubljana, 24. 05. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna.«

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Tadej Bizjak izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Izdelava krivulj GEN za območje JZ Slovenije«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, maj 2016

Tadej Bizjak

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	519.2:556.12:556.16(043.2)
Avtor:	Tadej Bizjak
Mentor:	doc. dr. Mojca Šraj
Somentorja:	izr. prof. Dr. Jože Panjan, asist. dr. Mario Krzyk
Naslov:	Izdelava krivulj GEN za območje JZ Slovenije
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	67 str., 23 pregl., 27 slik, 58 enačb
Ključne besede:	analiza nalivov, verjetnostna teorija, IDF krivulje, nizi GEN, statistični testi

Izvleček

Osnova za dimenzioniranje kanalizacijskega omrežja za odvodnjo padavinskih voda so merodajni padavinski podatki za dovolj dolgo časovno obdobje, preko katerih z analizo nalivov in preračunom odtoka vode s površja, določimo konične pretoke v omrežju. Končni produkt so krivulje gospodarsko enakovrednih nalivov (GEN), izdelane za določeno lokacijo oz. merilno postajo, s pomočjo katerih lahko za analizirano območje in izbrano povratno dobo, za različna trajanja padavinskih dogodkov razberemo pripadajoče intenzitete naliva in obratno.

Namen diplomske naloge je predstaviti izdelavo krivulj GEN ter preveriti, če združevanje podatkov geografsko primerljivih postaj vpliva na končne rezultate. Narejen je izris krivulj GEN za deset izbranih meteoroloških postaj ter dve postaji, z združenimi padavinskimi podatki.

Prvi del naloge vsebuje krajši opis odvajanja padavinske in odpadne vode ter opis in pregled postopkov obdelave padavinskih podatkov s poudarkom na verjetnostni analizi. Ker so za analizo merodajne le padavine z višjo intenziteto, je potrebno najprej nalive selekcionirati, nato pa podatke z izbranimi metodami izvrednotiti do končnega rezultata.

Praktični del naloge zajema verjetnostne analize padavin ter izravnavo vrednosti v krivulje GEN s potenčno enačbo. Prav tako je preko različnih statističnih testov ovrednoten vpliv združevanja padavinskih podatkov na končne rezultate.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 519.2:556.12:556.16(043.2)
Author: Tadej Bizjak
Supervisor: Assist. Prof. Mojca Šraj, PhD
Co-supervisors: assoc. Prof. Jože Panjan, PhD, asist. Mario Krzyk, PhD
Title: IDF curves for southwestern part of Slovenia
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 67 pp., 23 tab., 27 fig., 58 eq.
Key words: rainfall analysis, probability theory, IDF curves, equivalent design rainfall, statistical tests

Abstract

The basis for the design of the municipal network for rainfall runoff is reliable precipitation data for a sufficient period of time. With the analysis of rainfall data and the following runoff modelling, peak discharges for sewage network are calculated. The final product of statistical analysis of rainfall data are IDF curves (intensity-duration-frequency) designed for a specific location. For the predetermined return period, using IDF curves, rainfall intensities can be obtained for different durations of rainfall event and vice versa.

Aim of the thesis is to determine the influence of aggregation of precipitation data on final results. IDF curves were made for ten different meteorological stations and two stations, which included combined precipitation data of three independent stations.

First part of the thesis contains a brief description of wastewater and rain water disposal and review of precipitation data analysis with emphasis on probabilistic approach. Since only the influential rainfall events are considered in the analysis, a threshold intensity or an alternative selection of rainfall data needs to be established and with the remaining data statistical analysis can be made.

Practical part describes probabilistic analysis and finding of a power curve to fit the calculated data. Also, through different statistical tests, impact of aggregated precipitation data on reliability of the final results was evaluated.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorici doc. dr. Mojci Šraj, Agenciji RS za okolje za posredovane podatke, prijateljema Urbanu Pavlovčiču in Rožletu Mescu za nesebično pomoč in nasvete ter puncu za podporo in potrpežljivost.

Hvala tudi prijateljem in sošolcem, ki so mi v času študija kakorkoli pomagali.

Posebna zahvala gre družini, ki mi je vedno stala ob strani.

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO PREGLEDNIC.....XI

KAZALO SLIK.....XII

1	UVOD	1
2	KANALIZACIJSKI SISTEMI.....	2
2.1	Vrste kanalizacijskih sistemov.....	2
2.1.1	Mešani sistemi	2
2.1.2	Ločeni sistemi.....	3
2.1.3	Delno ločeni sistemi	3
2.2	Standardi s področja kanalizacijskega omrežja	3
2.2.1	Določila v standardih, povezana z odvajanjem padavinske vode	4
2.3	Predpostavke pri preračunu odtoka	5
3	ANALIZA PADAVINSKIH PODATKOV	6
3.1	Vsotne črte nalivov	7
3.2	Intenziteta padavin in enotska jakost odtoka.....	7
3.3	Krivulje gospodarsko enakovrednih nalivov (GEN).....	8
3.4	Kriteriji za izbiro nalivov	10
3.5	Izdelava krivulj po številčnem postopku	13
3.6	Izdelava krivulj po metodi verjetnostne teorije	14
3.6.1	Empirične porazdelitve za umestitev v verjetnostno mrežo ter izračun statistik	16
3.6.1.1	Hazenova empirična metoda	17
3.6.2	Teoretične porazdelitve - porazdelitev ekstremnih vrednosti GEV.....	18
3.6.3	Izračun ekstremnih dogodkov z uporabo teoretične porazdelitve.....	21
3.6.4	Testiranje ujemanja empirične in teoretične porazdelitve	22
3.6.4.1	Test Hi-kvadrat test (χ^2).....	22
3.6.4.2	Test Kolmogorov-Smirnov.....	23

3.6.4.3	Grafični test ujemanja.....	24
3.6.5	Izravnava krivulj GEN	24
3.6.6	Regionalizacija krivulj GEN	25
3.7	Združevanje padavinskih podatkov	28
3.7.1	Analiza variance.....	29
3.7.1.1	Analiza variance za en faktor	29
3.7.2	Preverjanje homogenosti varianc	31
3.7.2.1	Grafično	31
3.7.2.2	Primerjanje varianc, standardnega odklona in kvartilnega razmika	31
3.7.2.3	Statistični testi.....	32
3.7.2.4	Nehomogenost varianc	32
4	IZDELAVA KRIVULJ GEN ZA JZ SLOVENIJO	34
4.1	Podatki	34
4.1.1	Algoritem za razvrščanje podatkov v preglednejšo obliko	35
4.1.2	Algoritem za izračun najvišjih mesečnih intenzitet	37
4.1.3	Združeni mesečni maksimumi	38
4.2	Verjetnostna analiza mesečnih maksimumov	39
4.3	Izravnava krivulj GEN	45
5	ANALIZA REZULTATOV	48
5.1	Vpliv števila podatkov na koeficienta asimetrije in variacije	48
5.2	Vpli združevanja podatkov na ujemanje teoretične in empirične porazdelitve	52
5.3	Vpliv združevanja podatkov na vrednosti statistik	55
5.4	Vpliv dolžine niza beleženja padavin na prileganje potenčne krivulje.....	58
6	ZAKLJUČKI.....	64
VIRI.....		65

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Predvidene uporabljene povratne dobe nalivov ter poplav za dimenzioniranje kanalskih sistemov na različnih območjih (prirejeno po SIST EN 752-2).....	4
Preglednica 2: Tipi porazdelitev za različne vrednosti parametrov (povzeto po Chow, Maidment, Mays, 1988)	19
Preglednica 3: Vrednosti parametrov a,b in e za uporabo v enačbi Kimijima, za postajo Hanoi, v severnem Vietnamu (Minh Nhat, Tachikawa, Takara, 2006)	26
Preglednica 4: Primer razvrščanja podatkov (Turk, 2006).....	29
Preglednica 5: Preglednica ANOVA (Turk, 2006).....	30
Preglednica 6: Primeri izvedbe statističnih testov	39
Preglednica 7: Povprečni koeficienti asimetrije za obravnavane postaje.....	40
Preglednica 8: Hazenovi frekvenčni faktorji (prirejeno po Hazen, 1930).....	41
Preglednica 9: Preglednica izbire frekvenčnih faktorjev glede na Cs(prir.) za postajo Kras ...	42
Preglednica 10: Mesečni maksimumi za nalive trajanja 660 minut in 720 minut za Postojno	44
Preglednica 11: Parametra a in b za potenčno enačbo za nize GEN za Podkraj	45
Preglednica 12: Primerjava izravnanih in neizravnanih vrednosti 5, 10 in 15 minutnih nalivov za postajo Obala.....	45
Preglednica 13: Odvisnost koeficienta asimetrije od dolžine opazovanih nizov	49
Preglednica 14: Koeficient variacije.....	50
Preglednica 15: Stopnje zaupanja za test Hi-kvadrat	52
Preglednica 16: Primerjava rezultatov statističnih testov za postajo Obala	53
Preglednica 17: Primerjava rezultatov statističnih testov za postajo Kras	54
Preglednica 18: Osnovne statistike za Kras.....	55
Preglednica 19: Osnovne statistike za Obalo	57
Preglednica 20: Povprečne vrednosti koeficienta korelacije za posamezne postaje ter število opazovanih let.....	58
Preglednica 21: Vrednosti krivulje GEN za $n=0,67$ za postaje na območju Krasa	59
Preglednica 22: Vrednosti krivulje GEN za $n=0,67$ za postaje na območju Obale	61
Preglednica 23: Primerjava intenzitet za 20-minutni naliv z 10-letno povratno dobo	63

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz krivulj GEN za različne povratne dobe za postajo Ljubljana-Bežigrad (1948–2008), (Vir podatkov: ARSO, 2009)	9
Slika 2: Prikaz krivulj GEN v dvojnem logaritemskem merilu za različne povratne dobe za postajo Ljubljana-Bežigrad (1948–2008), (Vir podatkov: ARSO, 2009)	9
Slika 3: Metoda serije dogodkov nad spodnjo mejo vrednotenja (prirejeno po DHV Consultatnst BGV & Delft Hydraulics, 2002)	11
Slika 4: Povezava med izračunanimi povratnimi dobami za metodo letnega maksimuma (T) in metodo serije dogodkov nad spodnjo mejo vrednotenja (prirejeno po DHV Consultatnst BGV & Delft Hydraulics, 2002)	12
Slika 5: Porazdelitev maksimuma za tip I za različne vrednosti parametrov (Turk, 2006)	19
Slika 6: Gostota verjetnosti porazdelitve tipa III za različne vrednosti parametrov	21
Slika 7: Porazdelitev statistike H pri testu skladnosti (Turk, 2006).....	23
Slika 8: Test Kolmogorova in Smirnova (Turk, 2006).....	23
Slika 9: Karta izohiet enačbe Kimijima za parameter a za 100-letno povratno dobo za del porečja Rdeče reke v severnem Vietnamu (Minh Nhat, Tachikawa, Takara, 2006)	27
Slika 10: Karta izohiet enačbe Kimijima za parameter b za-100 letno povratno dobo, za del porečja Rdeče reke v severnem Vietnamu (Minh Nhat, Tachikawa, Takara, 2006)	27
Slika 11: Karta izohiet enačbe Kimijima za parameter e za 100-letno povratno dobo, za del porečja Rdeče reke v severnem Vietnamu (Minh Nhat, Tachikawa, Takara, 2006)	28
Slika 12: Diagram poteka statističnih testov (prirejeno po Zaiontz, 2012)	33
Slika 13: Lokacije obravnavanih ombrografskih postaj	35
Slika 14: Oblika osnovnih podatkov za postajo Portorož	36
Slika 15: Oblika obdelanih podatkov za postajo Portorož	36
Slika 16: Nizi GEN za Podkraj	46
Slika 17: Nizi GEN za Podkraj v dvojnem logaritemskem merilu	47
Slika 18: Število mesečnih maksimumov v odvisnosti od dolžine naliva	48
Slika 19: Povprečje koeficienta asimetrije v odvisnosti od števila opazovanih let	49
Slika 20: Povezanost trajanja naliva in koeficienta asimtrije	50
Slika 21: Povprečen koeficient variacije v odvisnosti od števila opazovanih let	51
Slika 22: Koeficient variacije v odvisnosti od trajanja naliva	51
Slika 23: Osnovne statistike v odvisnosti od trajanja naliva za Kras.....	56
Slika 24: Osnovne statistike v odvisnosti trajanja naliva za Obalo	58

Slika 25: Povezava med številom opazovanih let in vrednostjo koeficienta korelacije 59

Slika 26: Krivulje GEN za $n=0,67$ za postaje na območju Krasa v dvojnem log. merilu 61

Slika 27: Krivulje GEN za $n=0,67$ za za postaje na območju Obale v dvojnem log. merilu ... 62

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Osnova za dimenzioniranje kanalizacijskega omrežja za odvodnjo padavinskih voda so merodajni padavinski podatki za dovolj dolgo časovno obdobje, preko katerih z analizo nalivov in preračunom odtoka vode s površja, določimo konične pretoke v omrežju. Končni produkt statistične analize nalivov so krivulje gospodarsko enakovrednih nalivov (GEN), ki jih imenujemo tudi črte GEN ali pa nizi GEN. V slovenski literaturi (Goranc, 2012) je zaslediti tudi izraz krivulje intenzitete, trajanja in pogostosti oz. krivulje ITP (*ang. IDF curves - intensity, duration, frequency*).

Padavine merimo s pomočjo ombrometrov, ombrografov, totalizatorjev in zadnje čase tudi z disdrometri (Brilly in Šraj, 2005). Za izdelavo krivulj GEN potrebujemo ombrografske ali disdrometske podatke, ki beležijo količino padavin v 5 minutnih intervalih. Ker začetki izdelave krivulj GEN ter meritev padavin za krajše časovne intervale segajo v drugo polovico 20. stoletja, svetovna meteorološka organizacija (WMO) pa priporoča izdelavo krivulj na podlagi meteoroloških podatkov za vsaj 30-letno obdobje, so v mnogih primerih ombrografske podatke beleženi za krajše obdobje od priporočenega, rezultati statistične analize padavin pa posledično ovrednoteni kot manj zanesljivi. ARSO (2009) za izračun krivulj GEN uporablja Gumbelovo porazdelitev, ki dopušča neomejeno naraščanje ekstremov z daljšanjem povratne dobe. Rezultati so v omenjenem primeru zato zanesljivi za povratne dobe, ki največ 5 krat presegajo dolžino niza podatkov, rezultati za povratne dobe ki dolžino niza presegajo za 10 krat ali več, pa veljajo za nezanesljive (ARSO 2009; Beven 2002).

Ombrografske podatke Agencije Republike Slovenije za okolje so zabeleženi v .dat datotekah in jih je potrebno pretvoriti v obliko, primerno za nadaljno analizo. Izmed brezplačnih programskih orodij, namenjenih analizi padavinskih podatkov, je za obdelavo 5 minutnih časovnih intervalov primeren le program RainPlot (Goranc, 2012), ki pa uporabniku nudi omejene možnosti. Dolšak (2015) je ombrografske podatke, ki jih je uporabil za izdelavo Huffovih krivulj, obdelal s pomočjo lastnih algoritmov, napisanih v programskih jezikih C# in R.

Namen diplomske naloge je izdelati krivulje za deset izbranih meteoroloških postaj ter za dve navidezni postaji, sestavljeni iz po treh posamičnih postaj, rezultate med seboj primerjati ter preveriti vpliv združevanja padavinskih podatkov na končne rezultate.

2 KANALIZACIJSKI SISTEMI

Za ustrezno dimenzioniranje kanalizacijskega sistema, je potrebno ugotoviti količino vode, ki bo bremenila sistem. Količina je odvisna od lastnosti območja s katerega se padavinska voda steka (odtočni koeficient, naklon terena, prispevna površina) ter od jakosti nalivov. Padavinska voda sicer ni edina, ki jo je potrebno odvajati. Vode, ki se zbirajo v kanalizacijskem sistemu ločimo glede na izvor onesnaženja (Panjan, 2002):

- Padavinska voda po padavinah odteka s streh, nepropustnih površin (ceste, dvorišča) in propustnih površin (vrtovi, zelenice).
- Sušno vodo imenujemo tudi kanalska voda ali sušni odtok. To je vsa voda, ki odteka iz gospodinjstev, industrije in obrti.
- Hišna odpadna voda odteka iz gospodinjstev (sanitarij, kuhinj, pranja perila, čiščenja prostorov,...), gostinstva, šol, bolnišnic, manjših obrtnih delavnic,...
- Komunalna ali mestna odpadna voda nastaja zaradi komunalnih dejavnosti kot so čiščenje ulic, trgov in drugih javnih objektov in komunalnih naprav.
- Industrijska odpadna voda odteka iz industrijske proizvodnje in industrijskih prostorov (sanitarije in čiščenje).
- Melioracijska odpadna voda predstavlja drenažno vodo, vodo iz izvirov in potokov ter padavinsko vodo, ki odteka v sistem za sušni odtok.
- Tuja voda ni nastala pri porabi vode v naselju, vendar vseeno pride na čistilno napravo. V kanale pride zaradi slabih tesnitev iz podtalnice, drenaž, izvirov, potokov, vodnjakov ...

2.1 Vrste kanalizacijskih sistemov

2.1.1 Mešani sistemi

Po mešanem kanalizacijskem sistemu se v isti cevi skupaj odvajata odpadna in padavinska voda. Velikost cevi določa padavinski odtok, saj je le ta v času padavin 50 do 100 krat večji kot sušni odtok. Kanali, dimenzionirani na padavinski odtok so izkoriščeni le pri večjih deževjih, v suhem vremenu pa je v sistemu le odpadna voda. Zaradi velike obremenitve sistema s padavinskim dotokom med večjimi nalivi, obstaja nevarnost da pride do poplavitve nižje ležečih priključkov na kanalizaciji ali do zaježitve sistema. To preprečimo z gradnjo razbremenilnikov, ki odvajajo viške padavinske vode. Prednost tega sistema je enostavnejša izvedba in nižja cena (Panjan, 2002).

2.1.2 Ločeni sistemi

Pri ločenem sistemu odpadno in padavinsko vodo odvajamo ločeno, po različnih ceveh. Odpadna voda se odvaja po kanalskem omrežju, padavinska voda pa se lahko steka v sistem meteorne kanalizacije, ali pa odteka po odprtih kanalih. Prednost ločenega sistema je predvsem ta, da v primeru večjih deževij ne pride do preobremenitve sistema, saj se padavinska voda odvaja ločeno. Če je le mogoče, se padavinsko vodo zadržuje in ponika, ter tako zmanjša dotok na čistilno napravo. Pretok po sistemu je tako odvisen le od porabe vode, ki pa ni podvržena tolikšnim nihanjem kot padavinski dogodki. Čistilno napravo lahko postavimo brez deževnih zadrževalnikov in peskolovov, kar zniža stroške izgradnje same čistilne naprave. Pri ločenem sistemu pa so višji stroški izgradnje samega cevovoda, slaba lastnost pa je tudi večja zapletenost, manjša preglednost in težje vzdrževanje sistema (Panjan, 2002).

2.1.3 Delno ločeni sistemi

Delno ločeni kanalizacijski sistemi se gradijo predvsem v večjih urbanih naseljih.

Padavinsko vodo, ki se onesnaži na svoji poti (na prometnih površinah) se odvaja do čistilne naprave, čisto padavinsko vodo pa se odvede po ločenem sistemu do najbližjega odvodnika, ali pa se ponika (Panjan, 2002).

2.2 Standardi s področja kanalizacijskega omrežja

Projektiranje kanalizacije predpisujejo občinski tehnični pravilniki, ki ga sprejmejo organi občine ter sledijo nacionalnim standardom. V Republiki Sloveniji standardi izhajajo iz standardov EU in nemških ATV standardov. Jereb (2008) povzame standarde, povezane z izgradnjo kanalizacijskega omrežja:

- EN 752: Sistemi za odvod odpadne vode in kanalizacijo zunaj stavb,
- EN 752-1: Definicije in splošni del,
- EN 752-2: Zahteve,
- EN 752-3: Projektiranje,
- EN 752-4: Hidravlični izračun in okoljska določila,
- EN 752-5: Obnova,
- EN 752-6: Črpališča,
- EN 752-7: Obratovanje in vzdrževanje,
- EN 773: Splošne zahteve za tlačni cevovod,
- EN 4067-1: Grafični simboli za vodovodne, ogrevalne, prezračevalne naprave in kanale,
- EN 4067-2: Poenostavljeno prikazovanje sanitarnih naprav,

- EN 4067-6: Grafični simboli vodovodnih in kanalizacijskih sistemov v tleh,
- EN 13244: Cevni sistemi iz polimernih materialov; podzemni in nadzemni, tlačni cevovodi, odvodnjavanje in kanalizacija, polietilen PE,
- EN 13244-1: Splošno,
- EN 13244-2: Cevi,
- EN 13244-3: Priključki,
- EN 13244-4: Ventili,
- EN 13244-5: Ustreznost sistema.

2.2.1 Določila v standardih, povezana z odvajanjem padavinske vode

V povezavi z vrednotenjem nalivov sta povezana standarda EN 752-2 (Zahteve) in EN 752-3 (Projektiranje).

Pri večjih sistemih za odvod vode, ter pri manjših sistemih ki se modelirajo, je primerno neposredno določiti stopnjo zaščite pred poplavo. To velja predvsem tam, kjer lahko nastane pomembna gospodarska škoda ali pa je ogroženo zdravje prebivalcev. Pogostnost nalivov je v neposredni povezavi s stopnjo zaščite pred poplavljanjem sistema in se upošteva glede na vrednosti po preglednicah (SIST EN 752-2). Pri projektiranju je potrebno upoštevati ustrezno intenzivnost in trajanje naliva za vsako območje, in sicer tako da je trajanje naliva enako trajanju odtoka z obravnavanega območja (SIST EN 752-2). Koeficient odtoka se določi glede na pozidavo, nagib in vrsto zemljišča. Upoštevati je potrebno tudi zmanjšanje odtoka zaradi podaljšanja časa zbiranja (zakasnitve) ali akulacijske sposobnosti kanalske mreže in objektov za zadrževanje odtoka. Kanalizacijski sistem naj bo dimanzioniran tako, da pri izbranem nalivu ne poplavlja (preglednica 1) (SIST EN 752-2).

Preglednica 1: Predvidene uporabljene povratne dobe nalivov ter poplav za dimenzioniranje kanalskih sistemov na različnih območjih (prirejeno po SIST EN 752-2)

Povratne dobe nalivov	Območje	Povratne dobe poplav
1	Podeželje	10
2	Stanovanjska območja	20
	Mestni centri, industrijska in obrtna območja:	
2	s preskusom poplavljanja	30
5	brez preskusa poplavljanja	30
10	Podzemni prometni objekti	50

Najmanjši profil javne kanalizacije znaša 250 mm. Minimalni profil tlačnih vodov črpališča je 80 mm (SIST EN 752). Ustreznost dimenzij kanalov je potrebno dokazati s hidravličnim računom, pri katerem se za maksimalne vrednosti polnitev upoštevajo naslednje vrednosti (SIST EN 752):

- kanal za odpadno vodo: do 50% polnitev pri maksimalnem sušnem odtoku,
- kanal za padavinsko vodo: do 70% polnitev pri projektiranem nalivu,
- kanal mešanega tipa: do 70% polnitev pri projektiranem nalivu in maksimalnem sušnem odtoku.

Standardne dimenzije (DN) za javne kanale se označujejo v mm in so naslednje:

250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1800, 2100 in 2400 (SIST EN 752).

2.3 Predpostavke pri preračunu odtoka

V procesu dimenzioniranja kanalizacijskih sistemov je potrebno upoštevati določene predpostavke, vezane na padavinske podatke. Praktične primere padavinskih dogodkov in kasnejšega odtoka vode do odvodnika je potrebno za nadaljnjo obdelavo do določene mere poenostaviti s sledečimi predpostavkami (Rejc, 1998):

- čas natoka je enak času upadanja odtoka po končanem nalivu (čas natoka beležimo od pričetka naliva do maksimalnega odtoka v obravnavanem kanalu),
- hitrost pretoka vode v posameznem kanalu je konstantna,
- koeficient odtoka med trajanjem naliva ostane nespremenjen,
- trajanje naliva je enako trajanju odtoka za obravnavano območje,
- odtok je po vsej dolžini kanala enakomerno razporejen,
- intenziteta naliva je enaka za celotno obravnavano območje.

3 ANALIZA PADAVINSKIH PODATKOV

Dimenzioniranje kanalizacijskega omrežja je močno povezano z analizo padavinskih podatkov. Končni rezultat analize padavinskih podatkov so krivulje GEN, ki prikazujejo odvisnost jakosti naliva od trajanja padavinskega dogodka in povratne dobe.

Pri proučevanju podnebja ali sprememb na določeni lokaciji v daljšem obdobju je pomembno, da so meteorološke spremenljivke merjene in opazovane na istem prostoru, z enakimi instrumenti, na enak način ter brez bistvenih sprememb okolice. Sprememba katerega koli od naštetih dejavnikov vpliva na merjene ali opazovane spremenljivke, meteorološki podatki pa tako niso več homogeni. Zato so zelo pomembni metapodatki, to so podatki o vseh dejavnikih, ki vplivajo na meteorološke spremenljivke in njihove morebitne spremembe (Nadbath, 2008).

Svetovna meteorološka organizacija (WMO) priporoča, naj analize vremenskih pojavov slonijo na podatkih vsaj 30 let dolgega merilnega obdobja, za potrebe načrtovanja kanalskih sistemov pa so potrebni podatki za najmanj 10-15 let opazovanja (Panjan, Bogataj, Kompare, 2005).

Pri dimenzioniranju kanalizacijskega omrežja, so najpomembnejše padavine kratkega trajanja in velike jakosti, saj krajši in bolj intenzivni padavinski dogodki povzročajo večje konične pretoke v kanalih kot pa daljši dogodki zmernih jakosti, katere pa sicer tudi vključimo v analize. Kratkotrajne in intenzivne padavinske dogodke imenujemo nalivi. Izjema so snežne padavine, ki jih pri vrednotenju ne upoštevamo, saj se taljenje snega porazdeli na daljše časovno obdobje (Rejc, 1988).

Analize padavinskih podatkov služijo tudi za izračun trajanja in pogostosti prelivanja razbremenilnikov v določenem obdobju. Analiza se od vrednotenja za preračun kanalizacijskega omrežja razlikuje v tem, da za razbremenilnike upoštevamo tudi padavine daljšega trajanja, ki sicer prispevajo manjše jakosti odtoka, medtem ko so pri dimenzioniranju kanalizacije upoštevamo krajše padavinske dogodke z višjimi jakostmi odtoka (Sketelj, 1972).

Ker so za hidravlični preračun kanalizacijskega omrežja bistveni nalivi, je potrebno izločiti ostala deževja z nepomembno jakostjo. Ta deževja ležijo pod t.i. spodnjo mejo vrednotenja padavinskih podatkov. Tako je potrebno določiti kriterije, ki določajo mejno jakost, trajanje in pogostost deževij, katere nato vključimo v analize. Ker lokalne klimatske značilnosti vplivajo na padavine do te mere, da ni možno upoštevati enotnih kriterijev, točno določene meje ni (Rejc, 1998).

3.1 Vsotne črte nalivov

Glede na vsotne črte nalivov, ki beležijo višino vodne plasti (h) v odvisnosti od časa (t), ločimo enojne in sestavljene nalive. Kjer ima vsotna črta eno naraščanje in eno upadanje imenujemo naliv enojni, naliv z več upadanji in naraščanji pa sestavljeni (večdelni) naliv. Iz naliva lahko izluščimo tudi delne nalive. Delni naliv predstavlja katerikoli časovni odsek znotraj nekega naliva. Naraščanje in upadanje se izraža s spreminjanjem naklona vsotne črte. Večja kot je intenziteta (i) naliva, večji je naklon in obratno. V času na grafu, kjer je naklon enak 0, padavin ni. V kolikor traja odmor med dvema padavinskima dogodkoma več kot 5 minut, govorimo o prekinjenem nalivu. Vsakemu časovnem intervalu pripada drugačna intenziteta padavin, ki se določi kot količnik količine padavin zapadlih v tem intervalu, ter trajanja pripadajočega intervala (Sketelj, 1984).

3.2 Intenziteta padavin in enotska jakost odtoka

Ker analizo padavin za dimenzioniranja kanalizacijskih sistemov izvajamo za kratkotrajne in intenzivne padavine, nalive, uporabljamo 1-5 minutne časovne korake. Zato podatki ombrometrov, kateri beležijo podatke o skupni višini padavin v daljšem časovnem obdobju, običajno 24 ur, ne podajo ustreznih informacij o nalivih. Ustrezne podatke dobimo iz ombrogramov. Ti nam podajo informacijo o padavinski višini (h_i) in času trajanja padavinskega dogodka (t_i) (Sketelj, 1984).

Na podlagi teh dveh podatkov izračunamo intenziteto naliva i , ki je definirana kot višina padavin v enoti časa:

$$i = \frac{h}{t} = \tan \alpha, \quad (1)$$

kjer pomenijo:

- α naklonski kot premice, ki povezuje izbrano točko na vsotni črti in koordinatno izhodišče
- i intenziteta padavin [mm/min],
- h višina padavin [mm],
- t trajanje naliva [min].

In jakost padavin q' , ki je definirana kot produkt padavin in enote površine:

$$q' = i \cdot f. \quad (2)$$

Tu pomenijo:

- q' jakost padavin (intenziteta padavin) [l/(s·ha)],
- f enota površine [ha].

Da dobimo enotsko jakost padavin q' v primernih enotah, je potrebno opraviti preračun, pri katerem upoštevamo, da plast vode (višina padavin) z višino 1 mm, razporejena po površini 1 m², predstavlja volumen 1 l vode. Če pretvorimo časovne in površinske enote v ustežno obliko za zapis enotske jakosti odtoka:

$$1 \text{ mm/min} = l/m^2 \cdot 1/60s = 1/(10^{-4}ha) \cdot 1/60s = 166,7 l/(s \cdot ha), \quad (3)$$

dobimo enotsko jakost odtoka q za poljubno intenziteto padavin (i):

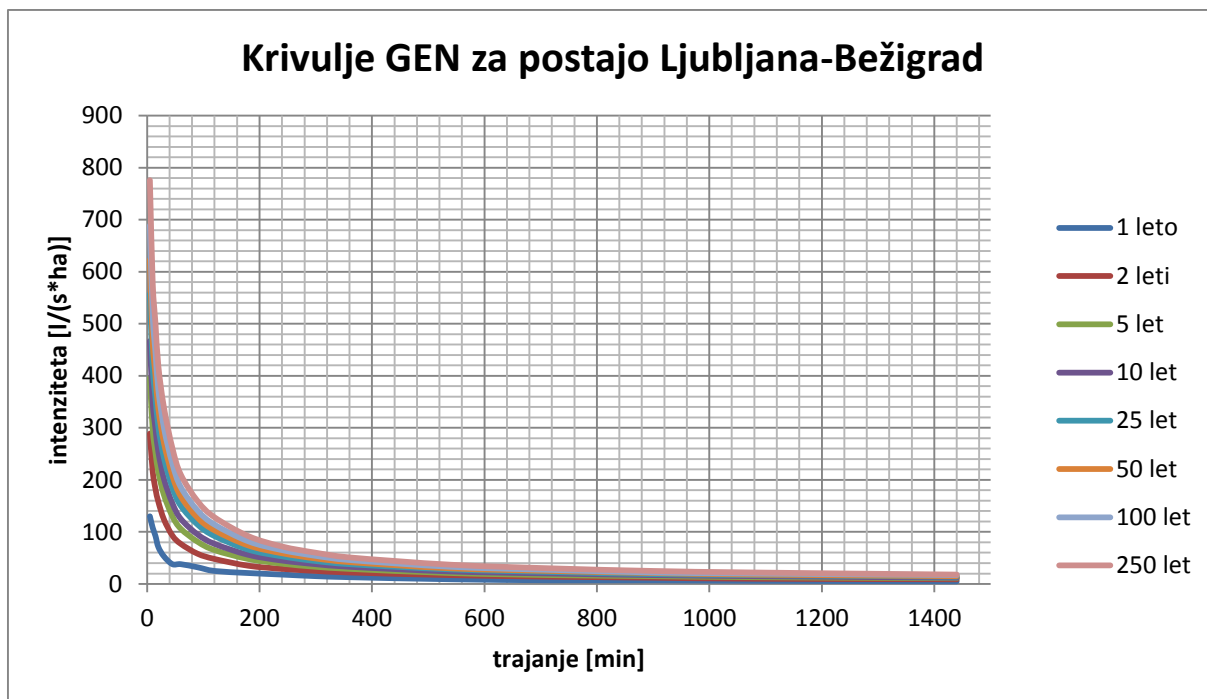
$$q' = 166,7 \cdot i [l/(sha)]. \quad (4)$$

Na podlagi izkušenj in analiz preteklih padavinskih dogodkov se je uveljavilo pravilo, da sta pri večini nalivov trajanje in enotska jakost (intenziteta) v taki odvisnosti, da daljšemu trajanju naliva ustreza manjša intenziteta in obratno. Za potrebe analize padavinskih dogodkov, predpostavimo da je intenziteta za izbrano trajanje naliva konstantna, v naravi pa to seveda ne velja. Prav tako velja, da ombrografski zapis izbranih nalivov ni simetričen, saj se središče lahko med nalivom premika (Panjan, 2002).

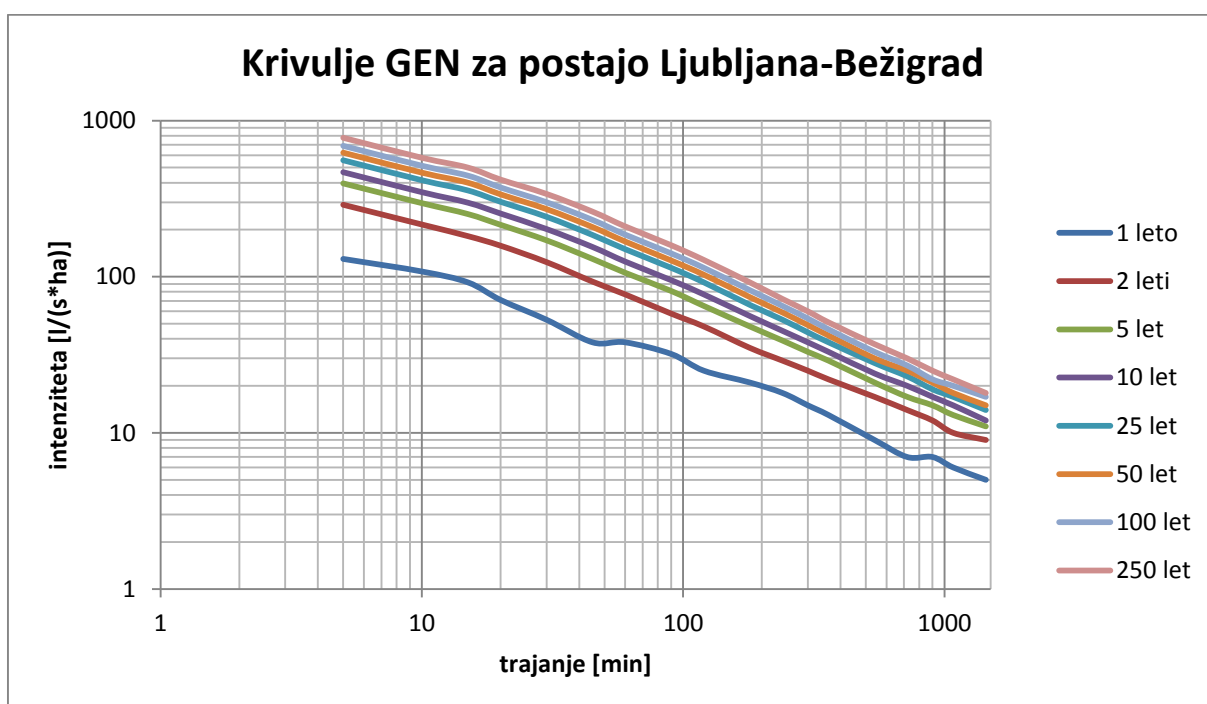
3.3 Krivulje gospodarsko enakovrednih nalivov (GEN)

Krivulje GEN so končni rezultat statistične analize nalivov za dimenzioniranje kanalizacije. S pomočjo krivulj GEN za analizirano območje in izbrano pogostost oz. povratno dobo, lahko za različna trajanja padavinskih dogodkov razberemo pripadajoče intenzitete naliva in obratno. Krivulja GEN je grafična ponazoritev intenzitete padavin glede na izbran časovni interval. Abscisna os predstavlja trajanje, ordinatna pa intenziteto padavin. Običajno je več krivulj z različno povratno dobo predstavljenih na enem grafu (Goranc, 2012).

Celoten niz, ki je preračunan za posamezno ombrografsko postajo, predstavlja neko statistično povprečno vrednost za posamezen kraj, velika mesta ali celo pokrajino. Za hidravlični preračun obravnavanega območja na podlagi pomembnosti območja in tehničnih vidikov tako izberemo črto ustrezne pogostosti. Kot že omenjeno, ob tem predpostavimo, da je trajanje naliva enako času odtoka (koncentracije) do opazovane točke. To je čas, ki ga vodni delec potrebuje, da pri povprečni hitrosti potovanja prispe preko ulične koritnice in rešetk ali cestnega požiralnika do najnižje točke kanalskega odseka (Rejc, 1998). Čas odtoka je spremenljiva količina, odvisna od področja, dolžine kanalov, padcev površin s katerih voda odteka ter drugih hidravličnih dejavnikov. Ob tem predpostavimo, da je hitrost pretoka vode v posameznem kanalu konstantna (Rejc, 1998). V linearnem merilu nizi GEN tvorijo krivulje (slika 1), v dvojnem logaritemskem pa lomljene ravne črte (slika 2).



Slika 1: Prikaz krivulj GEN za različne povratne dobe za postajo Ljubljana-Bežigrad (1948–2008),
(Vir podatkov: ARSO, 2009)



Slika 2: Prikaz krivulj GEN v dvojnem logaritmskem merilu za različne povratne dobe za postajo
Ljubljana-Bežigrad (1948–2008), (Vir podatkov: ARSO, 2009)

Vrednosti enotskih jakosti odtoka, ki so v nekem določenem časovnem obdobju enako krat dosežene ali presežene, so združene v eni krivulji GEN. Za krivuljo z oznako $n=1$ velja, da je bil poljubni naliv z

jakostjo q' iz podane krivulje v času enega leta, 1 krat dosežen ali presežen. Po istem principu so bili nalivi, ki ležijo na krivulji z oznako $n=0.5$, v času enega leta doseženi ali preseženi 2 krat, za $n=0.2$, 5 krat,

Za potrebe dimenzioniranja kanalizacijskih sistemov črte ustrezne pogostosti izberemo na podlagi pomembnosti območja, katerega obravnavamo. Običajno niz GEN predstavljajo črte s pogostostmi med $n=6$ in $n=0,004$. Za gospodarsko pomembnejše regije izberemo pogostosti, ki ustrezajo povratnim dobam med 2 in 5 let, za ostala območja pa pogostosti s povratnimi dobami med 2 in 0.5 leta (Sketelj, 1972). V praksi se je uveljavilo načelo, da pri dimenzioniranju kanalizacije upoštevamo padavine s povratnimi dobami med 1 in 2 leti. Deževja višjih pogostosti se upošteva v primerih dimenzioniranja razbremenilnikov (Rejc, 1998).

Krivulje GEN izdelamo na podlagi ombrografskih meritev padavin za preteklo obdobje, možna pa je tudi izdelava krivulj GEN preko empiričnih enačb z regionalnimi parametri, kjer so avtorji teh enačb za izbrane lokacije in regije podali pripadajoče vrednosti parametrov, ki so bili določeni na podlagi meritev padavinskih podatkov.

Za vrednotenje nalivov obstajajo računski in grafični postopki, v slovenskem prostoru prevladujeta dve računski metodi, številčni postopek in postopek po metodi verjetnostne analize (Rejc, 1998). Za izdelavo nizov GEN je najprej potrebno določiti kriterije in ločiti nalive, na podlagi katerih bo dimenzioniran sistem odvodnje. Nato lahko izbrane nalive vrednotimo in izrišemo črte jakosti nalivov za določene povratne dobe.

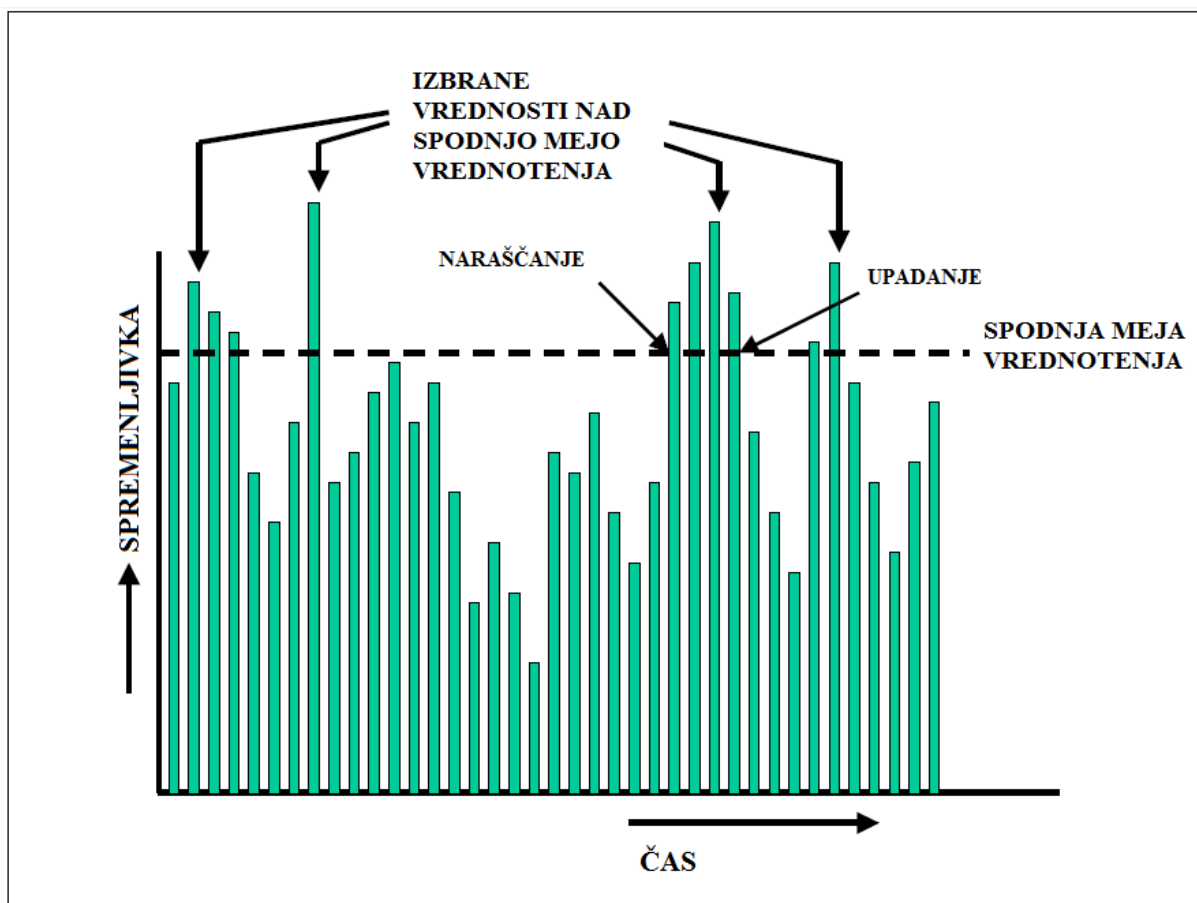
3.4 Kriteriji za izbiro nalivov

Ker pri hidravličnem preračunu omrežja upoštevamo le merodajne nalive, je potrebno uvesti kriterije, ki določijo obseg vrednotenja padavinskih podatkov. Te kriteriji določajo mejno jakost, trajanje in pogostost deževij, ki bi jih še morali upoštevati kot nalive (Rejc, 1998).

Najpogostejši metodi izbire nalivov sta metoda letnega maksimuma (*ang. annual maxima*) in metoda serije dogodkov nad izbrano mejno vrednostjo (*ang. annual exceedence series*), imenovano tudi POT metoda (Chow, Maidment, Mays, 1988).

Pri metodi letnega maksimuma, izberemo za vsako leto padavinski dogodek, ki za izbrano trajanje beleži najvišjo intenziteto. Tako je število izbranih maksimumov enako številu obravnavanih let. Možna je tudi izbira mesečnih maksimumov, saj tako dobimo večje število podatkov, primernih za nadaljno analizo.

Pri metodi serije nad izbrano mejno vrednostjo pa si izberemo mejno vrednost (ang. *threshold*), nad katero beležimo vse samostojne padavinske dogodke (vrhove nalivov) (slika3). V slovenski literaturi je uporabljen tudi izraz spodnja meja vrednotenja (Panjan, Bogataj, Kompore, 2005). Pri tej metodi število zabeleženih intenzitet nalivov ni nujno enako številu obravnavanih let.

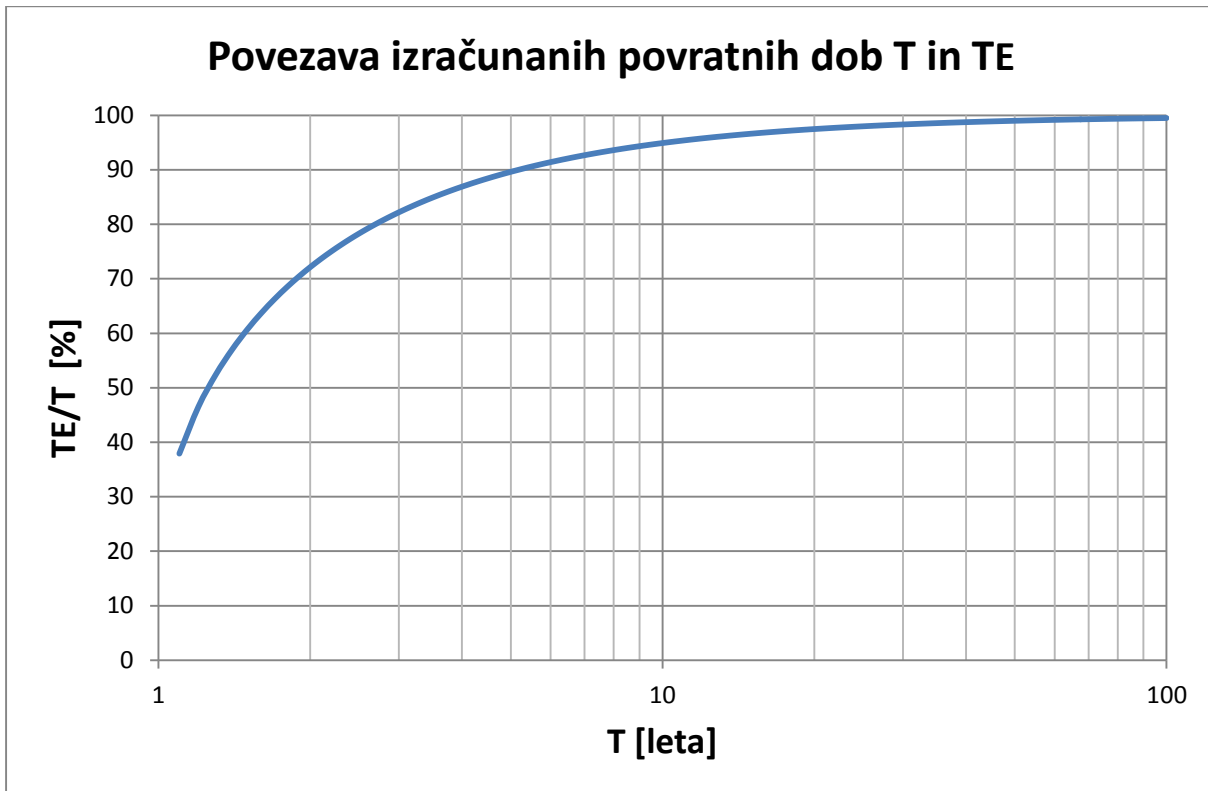


Slika 3: Metoda serije dogodkov nad spodnjo mejo vrednotenja (prirejeno po DHV Consultatnst BGV & Delft Hydraulics, 2002)

Ker tako za iste podatke ne dobimo enakega vzorca za obe metodi, prihaja pri izračunu povratnih dob do razlik. Ker pri metodi serije dogodkov nad izbrano mejno vrednostjo izberemo dejansko najvišje zabeležene intenzitete neodvisnih padavinskih dogodkov, pri metodi letnih maksimumov pa izbira ne temelji na dejanskih najvišjih vrednosti v merjenem obdobju, ampak na najvišjih vrednostih za vsako leto posebej, so vrednosti na spodnjem koncu za metodo letnih maksimumov nižje, povratna doba za določeno intenziteto in trajanje pa višja (Chow, Maidment, Mays, 1988). Chow, Maidment in Mays (1988) podajo zvezo med povratno dobo za metodo letnih maksimumov (T) in metodo serije dogodkov nad spodnjo mejo vrednotenja (T_E):

$$T_E = \frac{1}{\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)}. \quad (5)$$

Razmerje med T_E in T se za večje povratne dobe izračunane po metodi letnih maksimumov približuje vrednosti 1 (slika 4). Splošno pa se za vrednosti $T < 20$ začnejo pojavljati večje razlike, in je potrebno vrednost T_E pridobiti po enačbi (5).



Slika 4: Povezava med izračunanimi povratnimi dobami za metodo letnega maksimuma (T) in metodo serije dogodkov nad spodnjo mejo vrednotenja (prirejeno po DHV Consultatnst BGV & Delft Hydraulics, 2002)

Sketelj (1954) je na podlagi rezultatov vrednotenja po metodi verjetnostne teorije določil spodnjo mejo upoštevanja podatkov za Ljubljano za obdobje 1921-1946. Kot merilo navaja padavine s pogostostjo, višjo od 3-4, ki naj nebi imele tehničnega pomena za dimenzioniranje kanalizacijskega omrežja. Kljub temu je za spodnjo mejo vrednotenja za Ljubljano in primerljive lokacije predlagal pogostost $n = 6$, saj so za ugotovitev omenjenih mejnih vrednosti, potrebne analize tudi nižjih intenzitet nalivov.

Svoj kriterij je naknadno spremenil in pri vrednotenju s številčnim postopkom za čase trajanja nalivov do 60 minut razširil spodnjo mejo vrednotenja in tako zagotovil zadostno število podatkov za to območje. V primeru vrednotenja po metodi verjetnostne analize pa so bili vrednoteni delni nalivi s trajanjem do 360 minut in minimalno jakostjo odtoka 40 l/(s ha) (Sketelj, 1954).

3.5 Izdelava krivulj po številčnem postopku

Pri tem postopku se pri iskanju najvišjih jakosti odtoka in pogostosti osredotočimo na iskanje vseh možnih kombinacij delnih nalivov in njihovih maksimalnih jakosti v posameznih časovnih intervalih. Za sestavljene nalive najprej vrednotimo celoten naliv, nato skupke zapadenih nalivov in šele nato dele posameznih enojnih nalivov. Skupke je definiran kot več zaporednih, sledečih si enojnih nalivov skupaj (Rejc, 1998). Dva zaporedna enojna naliva tvorita dvojni naliv, trije zaporedni enojni nalivi trojnega ipd. V enojnem nalivu beležimo le eno naraščanje in eno padanje količine padavin, ki padejo v zaporednih časovnih intervalih. Seveda vsakemu naraščanju in padanju jakosti naliva, ki predstavlja enojni naliv znotraj večdelnega naliva, sledi tudi naraščanje in upadanje pretočne količine v kanalizacijskem omrežju. Vsak posamezen naliv je tako možno opredeliti kot samostojen pojav, ki lahko vpliva na pogostost pojavljanja določenega odtoka v kanalizacijskem omrežju (Rejc, 1998).

Pri vrednotenju sestavljenega naliva je potrebno ugotoviti (Sketelj, 1972):

- najvišje jakosti sestavljenega naliva za posamezne časovne intervale in
- najvišje jakosti posameznih nalivov, ki so zajeti v sestavljenem nalivu.

Pri skupkih nalivov se analizirani pojavi med seboj ne smejo prekrivati. Prav tako je potrebno ugotoviti najvišje jakosti delnih nalivov, ki so zajeti v posameznih enojnih nalivih. Za vrednotenje enojnih nalivov je postopek podoben, le da vrednotimo samo delne nalive znotraj enojnega naliva. S takim načinom vrednotenja se v izračunu poveča pogostost delnih nalivov določenega trajanja in različnih jakosti. Če bi vrednotili samo celoten naliv in ugotavljali le najvišje jakosti, ki se pojavljajo v posameznih časovnih območjih, ne bi upoštevali zaporednega ponavljanja padavinskih dogodkov znotraj naliva, ki utegnejo vplivati na pogostost. V enem večdelnem nalivu, lahko na pogostost namreč vpliva več 5-minutnih delnih nalivov. Na pogostost tako lahko vplivajo samo tisti delni nalivi, katerih jakost je višja od jakosti nekega delnega naliva daljšega trajanja, ki se nahaja v istem skupku enojnih nalivov (Sketelj, 1972).

Postopek vrednotenja, kot ga opiše izvede Sketelj (1972), poteka v več fazah, katere izvajamo zaporedno. Ko pripravimo podatke, sledijo:

- vrednotenje celotnega naliva,
- vrednotenje večjih skupkov,
- vrednotenje manjših skupkov in
- vrednotenje posameznih enojnih nalivov.

Tako pridobimo najvišje jakosti odtoka delnih nalivov, preko katerih določimo črte jakosti nalivov za določene pogostosti (niz GEN). Ker pa v postopku še ni bila upoštevana spodnja meja vrednotenja,

izločimo še tiste jakosti odtoka, ki padejo pod upoštevano spodnjo mejo. Rejc (1998) v primeru številčnega postopka vrednoti nalive do vključno 6-delnih nalivov.

Dobljene rezultate razvrstimo v štiri razpredelnice po sledečem postopku (Rejc, 1998):

- V prvo razpredelnico vnesemo število izvrednotenih delnih nalivov za celotno obravnavano obdobje glede na čas trajanja in velikost enotske jakosti odtoka. V določen razpon jakosti odtoka vnesemo število tistih delnih nalivov, katerih jakost ustreza izbranemu intervalu (če je jakost naliva višja od zgornje meje intervala, naliva ne štejemo v to polje).
- V drugo razpredelnico sedaj vnesemo število nalivov izbranega trajanja, si so dosegli ali presegli določeno jakost odtoka. S tem namenom z desne proti levi (z višje jakosti proti nižji) seštevamo števila delnih nalivov, da dobimo zelene rezultate.
- V tretji razpredelnici vsako izmed vrednosti dobljenih v drugi preglednici delimo s številom let obravnavanega obdobja. Tako dobimo pogostosti nalivov ustreznih jakosti odtoka in (izbranega) trajanja – povprečno število pojavov določenega trajanja, ki so v 1 letu dosegli ali presegli določeno jakost.
- V četrti pa vrednosti interpoliramo in tako dobimo nize nalivov za določene jakosti, trajanja in povratne dobe (pogostosti).

Pri številčnem postopku tako v sestavljenih, enojnih in delnih nalivih poiščemo za analizirane padavinske podatke najvišje jakosti, ki jih nato izvrednotimo v nize gospodarsko enakovrednih nalivov (GEN).

3.6 Izdelava krivulj po metodi verjetnostne teorije

Druga metoda, ki je razširjena v slovenskem prostoru, padavine opiše s slučajno spremenljivko X , katera lahko zavzame vrednosti x_1, x_2, \dots, x_n . Ker so padavine slučajen hidrološki pojav, za katerega ne moremo trditi ali se bo v določenem času zgodil ali ne, lahko možnosti pojava padavinskega dogodka določimo le neko verjetnost. Količino zapadlih padavin v nekem časovnem obdobju obravnavamo kot zvezno spremenljivko (Turk, 2006). Vse vrednosti, ki jih slučajna spremenljivka lahko zavzame, sestavljajo zalogo vrednosti slučajne spremenljivke. Zaloga vrednosti je lahko končno ali neskončno število diskretnih vrednosti ali pa končni ali neskončni interval realnih števil. Tako lahko govorimo o diskretni slučajni spremenljivki ali pa o zvezni slučajni spremenljivki. V nekaterih primerih je slučajna spremenljivka kombinirana, diskretno-zvezna (Turk, 2006). Vsaki vrednosti ali območju vrednosti slučajne spremenljivke lahko priredimo verjetnost, da bo slučajna spremenljivka zavzela to vrednost. Predpis, ki določa te verjetnosti, imenujemo porazdelitveni zakon oziroma porazdelitev slučajne spremenljivke (Turk, 2006).

Slučajne spremenljivke analiziramo s pomočjo porazdelitvene funkcije $F(x)$. Tako nas zanima verjetnost, da se pojavi slučajna spremenljivka X , ki zavzame manjšo vrednost, od podane (izbrane) vrednosti x (Turk, 2006).

Ker lahko jakost naliva zavzame neskončno mnogo vrednosti, verjetnost računamo po enačbi za zvezno slučajno spremenljivko:

$$F_x(x) = P[X \leq x]. \quad (6)$$

Če enačbo preuredimo, lahko za izbrano (določeno) verjetnost $P[X > x]$ izračunamo pripadajočo jakost naliva x , ali obratno, izračunamo verjetnost, da bo padavinski dogodek dosežen ali presežen v enem hidrološkem letu, $P[X > x]$:

$$P[X > x] = 1 - F_x(x) = \frac{1}{T}, \quad (7)$$

kjer je:

P	verjetnost padavinskega dogodka z višjo ali enako vrednostjo,
X	opazovani pojav,
x	pojav s povratno dobo T ,
T	povratna doba.

Za verjetnostni račun vzamemo tiste delne nalive v enoti opazovanega intervala, ki imajo v tem intervalu najvišje jakosti. Vrednotenje naredimo za vsako enoto opazovanega časa v celotnem obravnavanem obdobju, z n -številom let. S pomočjo metode verjetnostne teorije se običajno določa tudi spodnja meja vrednotenja, zato nas zanimajo nalivi višjih pogostosti. Tako za enoto opazovanega obdobja običajno izberemo 1 mesec, nato pa dobljene rezultate preračunamo v letne verjetnosti in tako v nize GEN (Panjan, 2002).

Rejc (1988) vrednotenje izvede v treh osnovnih korakih, po potrebi pa sledite še zadnja dva koraka. Pri tej metodi ugotavljamo samo najvišje jakosti nalivov za izbrana trajanja. Za vsako opazovano enoto je potrebno določiti maksimalne jakosti q' za nalive izbranih trajanj. To naredimo za celotno opazovano obdobje, odčitane maksimalne vrednosti pa zberemo v preglednici. Dobljene podatke za nalive enakega trajanja razvrstimo glede na intenziteto nalivov in z uporabo empirične porazdelitvene funkcije ugotovimo verjetnost pojava naliva, ki izbrano intenziteto doseže ali preseže.

Sedaj je potrebno poiskati teoretično porazdelitev, ki se najbolje ujema z empirično in po pripadajočih enačbah izračunamo teoretično verjetnost za pojav naliva z določeno intenziteto. Primerne so tiste teoretične porazdelitvene funkcije, preko katerih je mogoča analiza maksimumov. Rezultate dobljene z empirično in teoretično metodo med seboj primerjamo s statističnimi testi (Rejc, 1998).

Če je dejansko število zabeleženih podatkov manjše od računskega števila, je potrebno dobljeno verjetnost preračunati v razmerju dejanskega in računskega števila. V kolikor enota opazovanja ni natančno eno leto, je potrebno dobljene verjetnosti še preračunati v letne verjetnosti nastopa naliva (Rejc, 1998).

3.6.1 Empirične porazdelitve za umestitev v verjetnostno mrežo ter izračun statistik

Z uporabo empiričnih porazdelitev določimo verjetnost za vsak podatek vzorca, ki smo ga uvrstili v statistično analizo. Na podlagi empiričnih porazdelitev določimo verjetnost posameznega merjenega podatka in na podlagi rezultatov poiščemo teoretično porazdelitev, ki se najbolj prilega meritvam. Vzorec razvrstimo od najmanjše do največje spremenljivke in določimo verjetnost pojava za vsak element vzorca (Goranc, 2012).

Porazdelitvena funkcija ima sledečo obliko (Chow, Maidment, Mays, 1988):

$$F(x) = \begin{cases} 0 & x < x_1 \\ \frac{m}{N} & x_1 \leq x < x_N \\ 1 & x \geq x_N \end{cases}, \quad (8)$$

kjer je:

- m mesto elementa v ranžirni vrsti
- x_1 najmanjši element
- x_N največji element in
- N število elementov vzorca.

Kadar je $m = N$, dobimo verjetnost za določen padavinski dogodek $P = 1$, kar pomeni, da je potrebno enačbo prilagoditi (Chow, Maidment, Mays, 1988).

Razvitih je bilo več empiričnih funkcij za izračun verjetnosti posameznega padavinskega dogodka, najpogostejše navajata Brilly in Šraj (2005):

- Hazen: $P = \frac{m-0,5}{N}$, (9)

- Weibull: $P = \frac{m}{N+1}$, (10)

- Čegodajev: $P = \frac{m-0,3}{N+0,4}$. (11)

- Poznanih je še nekaj redkeje uporabljenih, ki jih povzame Goranc (2012):

- California: $P = \frac{m}{N}$, (12)

- Beard: $P = 1 - 0,5\frac{1}{N}$, (13)

- Blom: $P = \frac{m-\frac{3}{8}}{N+\frac{1}{4}}$, (14)

- Tukey: $P = \frac{3m-1}{3N+1}$, (15)

- Gringorten: $P = \frac{m-0,44}{N+0,12}$, (16)

- Cunnane: $P = \frac{m-0,4}{N+0,2}$. (17)

Potreben je še izračun statistik empirične porazdelitve. To so povprečje, varianca, koeficient asimetrije in koeficient variacije vzorca. Ker nas zanimajo podatki v zvezi s celotno populacijo iz katere je vzorec vzet, pri enačbah uporabljamo nepristranske ocene statistik (Rejc, 1998):

- Povprečje vzorca, ki je nepristranska ocena pričakovane vrednosti,
- Nepristransko oceno variance,
- Koeficient variacije, ki je razmerje standardne deviacije in povprečja. Večjo ko ima vrednost, večji je standardni odklon v primerjavi s povprečjem, zato je večji tudi raztros podatkov, ter
- Koeficient asimetrije, ki je mera za asimetričnost porazdelitve in nam pove odstopanje povprečne vrednosti od mediane. Mediana je tista vrednost, ki se v vzorcu največkrat pojavi. Padavine so običajno razporejene desno simetrično. Če se podatki porazdeljujejo desno simetrično ima koeficient asimetrije pozitivno vrednost, če pa se porazdeljujejo levo simetrično, pa negativno (Chow, Maidment, Mays, 1988).

3.6.1.1 Hazenova empirična metoda

Hazenova empirična metoda temelji na predpostavki, da se ekstremni pojavi porazdelujemo zelo asimetrično, zato je uporabljena logaritmično normalna krivulja (Hazen, 1930).

Metoda izhaja iz splošne enačbe za frekvenčno analizo $x = \mu + \Delta x$, kjer je $\Delta x = \mu + \delta Kh$, po deljenju s srednjo vrednostjo preide enačba v obliko (Hazen, 1930) :

$$\frac{x}{\mu} = 1 + Cv * Kh, \quad (18)$$

kjer so

Cv	$= \delta/\mu$,	ustrezni koeficient variacije pojava,
Kh		Hazenov empirični faktor,
δ		standardni odklon in
μ		srednja vrednost.

S statistikami empirične porazdelitve lahko zapišemo pričakovano razmerje med izbranim mesečnim maksimumom q_{max} in srednjo jakostjo nalivov q_p izbrane pogostosti:

$$\frac{x}{\bar{x}} = \frac{q_{max}}{q_p} = 1 + Cv * Kh. \quad (19)$$

Vrednosti izbranih nalivov razvrstimo od največje proti najmanjši, ter vsaki vrednosti po enačbi (9) poiščemo verjetnost Pe , da se bo pojavila večja ali enaka vrednost.

Skupinam izbranih vrednosti, ki predstavljajo mesečne maksimume obravnavanega trajanja za obravnavano lokacijo, nato priredimo empirične statistike. Ker je koeficient asimetrije odvisen od števila statističnih podatkov, so lahko zaradi majhnega števila podatkov ocene povprečja netočne. Da bi preprečil podcenjevanje asimetrije zaradi majhnega števila podatkov, avtor vpelje še faktor F :

$$F = 1 + \frac{8,5}{n}, \quad (20)$$

preko katerega izračunamo prirejen koeficient asimetrije:

$$Cs(\text{prir}) = Cs * F. \quad (21)$$

Sedaj lahko vsaki vrednosti iz skupine podatkov priredimo verjetnost, da bo padavinski dogodek izbrane intenzitete dosežen ali presežen v enem hidrološkem letu:

$$P(X \geq x) = \frac{1}{T} = \frac{1}{np},$$

kjer je:

X opazovani pojav,

X pojav z vrednostjo, ki ima v hidrološki seriji povratno dobo T ,

$T=np$ povratno doba pojava (Hazen, 1930).

Benson (1968) Hazenovo metodo omeni kot eno izmed primernejših za obdelavo meteoroloških in hidroloških podatkov in kot prednost izpostavi vpeljavo prirejenega koeficienta asimetrije $C_{s(\text{prir})}$.

3.6.2 Teoretične porazdelitve - porazdelitev ekstremnih vrednosti GEV

Poznamo tri porazdelitve ekstremnih vrednosti, Gumbelovo, Fréchetovo in Weibullovo. Če porazdelitve združimo v enotno obliko ki zajame lastnosti vseh treh porazdelitev, dobimo porazdelitev ekstremnih vrednosti GEV (Chow, Maidment, Mays, 1988).

Porazdelitvena funkcija ima obliko:

$$F(x) = \exp \left[- \left(1 - k \frac{x-u}{\alpha} \right)^{\frac{1}{k}} \right]. \quad (22)$$

Z odvajanjem porazdelitvene funkcije dobimo gostoto verjetnosti:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[- \frac{x-u}{\alpha} - \exp \left(\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]. \quad (23)$$

Enačbo porazdelitvene funkcije lahko zapišemo tudi z drugačno obliko:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - k \left(\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{k-1}} e^{-[1-k \left(\frac{x-u}{\alpha} \right)]} \frac{1}{k}. \quad (24)$$

V enačbi GEV so k, α in u parametri, ki jih je potrebno določiti. V zvezi s temi parametri Chow, Maidment in Mays (1988) podajo tri omejitve, od katerih je odvisen tip (I, II ali III) porazdelitve (preglednica 2).

Preglednica 2: Tipi porazdelitev za različne vrednosti parametrov (povzeto po Chow, Maidment, Mays, 1988)

Vrednost parametra k	Tip porazdelitve	Zveza med spremenljivko x ter parametri k, α in u
$k = 0$	Tip I (Gumbelova porazd.)	$-\infty < x < \infty; \alpha > 0$
$k < 0$	Tip II (Fréchetova porazd.)	$\left(u + \frac{\alpha}{k}\right) \leq x \leq \infty; \alpha > 0$
$k > 0$	Tip III (Weibulova porazd.)	$-\infty \leq x \leq (u + \alpha/k); \alpha > 0$

Porazdelitev tipa I imenujemo tudi Gumbelova porazdelitev:

$$F_x(x) = 1 - e^{-g(x)}. \quad (25)$$

Porazdelitev maksimuma obravnavamo, kadar je $g(x)$ monotonno naraščajoča funkcija. V takih primerih ime tip I sledeč zapis porazdelitvene funkcije:

$$F_y(y) = e^{-e^{-\alpha(y-u)}}, \quad -\infty < y < \infty. \quad (26)$$

Če to porazdelitveno funkcijo odvajamo, dobimo enačbo gostote verjetnosti:

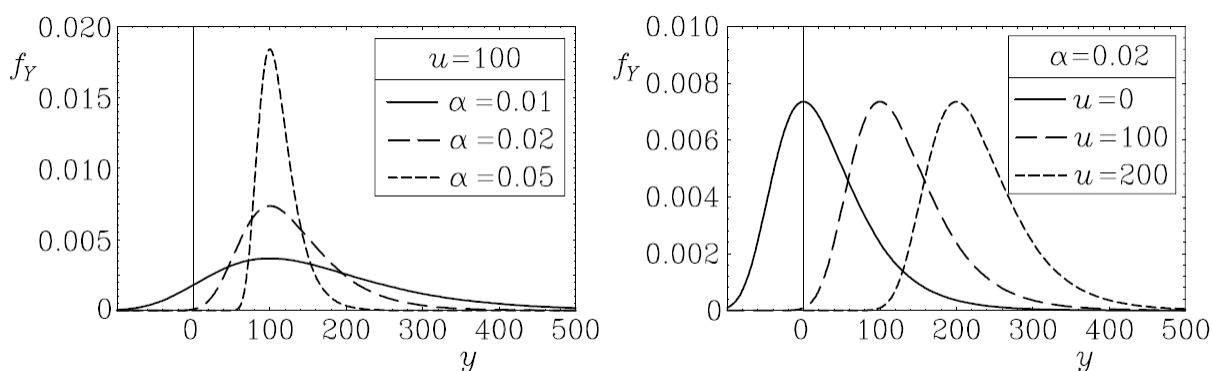
$$f_y(y) = \alpha e^{-\alpha(y-u)-e^{-\alpha(y-u)}}. \quad (27)$$

Konstanti α in u sta u parametra porazdelitve. Odvisna sta od pričakovane vrednosti in variance spremenljivke Y . Tako za reševanje potrebujemo še zvezi med momentoma slučajne spremenljivke m_y in σ_y in omenjenima parametroma α in u :

$$\alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6} \sigma_y} \ln$$

$$u = m_y - \frac{\gamma}{\alpha}.$$

kjer γ označuje Eulerjevo konstanto ($\gamma \approx 0.577216$).



Slika 5: Porazdelitev maksimuma za tip I za različne vrednosti parametrov (Turk, 2006)

Na sliki so prikazane gostote verjetnosti za Gumbelovo porazdelitev maksimuma za nekaj različnih vrednosti parametrov α in u . Vidimo, da je razpršenost odvisna le od parametra α , medtem ko je pričakovana vrednost odvisna od obeh parametrov, u in α . Koefficienta simetričnosti in sploščenosti, γ_{1Y} in γ_{2Y} , sta neodvisna od parametrov porazdelitve:

- $\gamma_{1Y} = 1.13955$ in
- $\gamma_{2Y} = 5.4$.

Verjetnostni faktor izračunamo kot (Chow, Maidment, Mays, 1988):

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0,5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}, \quad (28)$$

kjer je T povratna doba dogodka.

Porazdelitev ekstremnih vrednosti tipa II imenujemo Fréchetova porazdelitev. Porazdelitvena funkcija ima sledečo obliko:

$$F_x(x) = 1 - \beta \left(\frac{1}{x} \right)^k, \quad x > \beta^{\frac{1}{k}}. \quad (29)$$

Porazdelitvena funkcija maksimuma, ko gre števil slučajnih spremenljivk X_i proti neskončnosti ima sledečo obliko:

$$F_y(y) = e^{-\left(\frac{u}{y}\right)^k}, \quad y > 0. \quad (30)$$

Če porazdelitveno funkcijo odvajamo, dobimo zapis gostote verjetnosti slučajne spremenljivke:

$$f_y(y) = \frac{k}{u} \left(\frac{u}{y} \right)^{k+1} e^{-\left(\frac{u}{y}\right)^k}, \quad y > 0 \quad (31)$$

Konstanti k in u sta parametra porazdelitve. Odvisna sta od pričakovane vrednosti in variance spremenljivke Y . Tako za reševanje potrebujemo še zvezi med momentoma slučajne spremenljivke m_y in σ_y in omenjenima parametroma k in u :

$$m_y = u \Gamma \left(1 - \frac{1}{k} \right), \quad k > 1 \quad (32)$$

$$\sigma^2 = u^2 \left(\Gamma \left(1 - \frac{2}{k} \right) - \Gamma^2 \left(1 - \frac{1}{k} \right) \right). \quad k > 2 \quad (33)$$

Zaradi lastnosti funkcije gama (Γ), ni mogoče zapisati obratnih zvez, oz. neposrednih enačb za parametra k in u in je potrebno parametre določiti numerično.

Porazdelitev ekstremnih vrednosti tipa III imenujemo tudi Weibullova porazdelitev (slika 6). Posebnost te porazdelitve je, da se tako porazdelitve začetnih slučajnih spremenljivk X_i , kot tudi asimptotične porazdelitve ekstremnih vrednosti pojavljajo na isti strani porazdelitve, ki jo obravnavamo (Turk, 2006). Enačba za porazdelitev začetne slučajne spremenljivke:

$$F_x(x) = 1 - c(\omega - x)^k, \quad k > 0, \quad x < \omega. \quad (34)$$

Porazdelitev velja za vrednosti slučajne spremenljivke v bližini vrednosti parametra ω , a le za vrednosti manjše od ω . Porazdelitveno funkcijo maksimuma opisuje spremenljivka Y . Ko gre število slučajnih spremenljivk X_i proti neskončnosti, se Y porazdeljuje po enačbi:

$$F_y(y) = e^{-\left(\frac{\omega-y}{\omega-u}\right)^k}, \quad y < \omega. \quad (35)$$

Če porazdelitveno funkcijo odvajamo, dobimo gostoto verjetnosti:

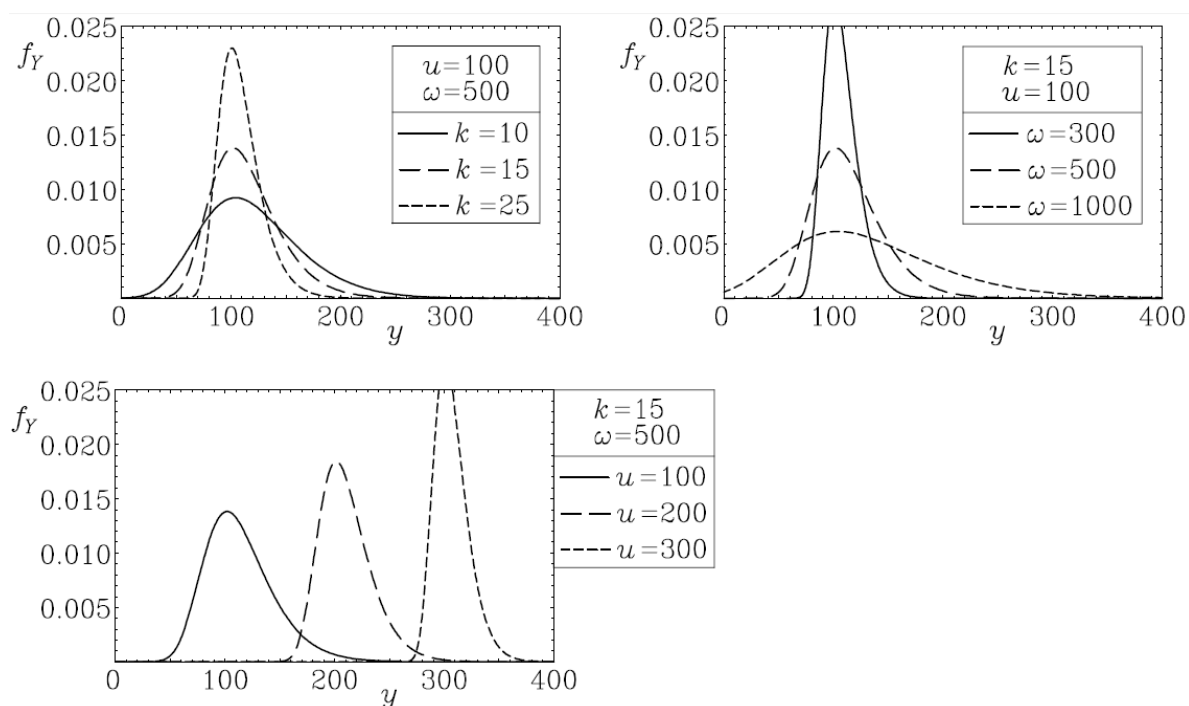
$$f_y(y) = \frac{k}{\omega-u} \left(\frac{\omega-y}{\omega-u}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{\omega-y}{\omega-u}\right)^k}, \quad y < \omega. \quad (36)$$

Parameter ω predstavlja vrednost, s katero je spremenljivka navzgor omejena. Če zgornje meje ni možno določiti, si izberemo logično vrednost. Parametra k in u določimo iz vzorca (s pomočjo povezave teh dveh parametrov ter pričakovane vrednosti in standardnega odklona):

$$m_y = \omega - (\omega - u)\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad \text{in} \quad (37)$$

$$\sigma_y^2 = (\omega - u)^2\left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)\right). \quad (38)$$

Obratne zveze tudi v primeru Weibullove porazdelitve zaradi funkcije gama (Γ) ni možno zapisati analitično.



Slika 6: Gostota verjetnosti porazdelitve tipa III za različne vrednosti parametrov

3.6.3 Izračun ekstremnih dogodkov z uporabo teoretične porazdelitve

Ko izberemo teoretično porazdelitev, za katero menimo da se najbolj prilega podatkom, je potrebno za želene povratne dobe izračunati vrednosti ekstremnih dogodkov, v obravnavanem primeru intenzitete nalivov. V nekaterih primerih lahko frekvenčne faktorje izračunamo preko enačb, v kolikor pa to ni mogoče, je potrebno parametre določiti numerično (Chow, Maidment, Mays, 1988).

V slovenskem prostoru je zaslediti uporabo Gumbelove metode (ARSO, 2009), ki omogoča izračun frekvenčnih faktorjev preko enačbe (24) ter uporaba Hazenove empirične metode (Sketelj, 1984, Rejc, 1998), kjer se za izračun frekvenčnih faktorjev uporabi vrednosti iz tabele avtoja te metode.

3.6.4 Testiranje ujemanja empirične in teoretične porazdelitve

Če želimo preveriti ujemanje empirične in teoretične porazdelitve, je na voljo več statističnih testov. Najpogostejša sta test Hi-kvadrat in test Kolmogorov-Smirnov. Bezak (2012) med drugimi omeni še Anderson-Darling test, AIC test, test RMSE, test indeksa disperzije in test G.

S statističnimi testi preverimo domneve oz. hipoteze, ki so nedokazane trditve o lastnosti slučajne spremenljivke. Ločimo parameterske teste, kjer analiziramo domneve o vrednosti parametrov porazdelitev in neparameterske teste, kjer analiziramo tip porazdelitve ali kakšno drugo neparametersko lastnost. Ničelna domneva H_0 je domneva, ki jo testiramo, alternativna domneva H_1 pa je alternativa ničelni. Pri sklepanju tako s pomočjo statistične analize postavimo ničelno in alternativno domnevo, za izbrano stopnjo tveganja α izračunamo statistiko, ki ustreza ničelni domnevi ter določimo meje kritičnega območja. Če statistika pade v kritično območje, jo zavrremo (Brilly in Šraj, 2005).

3.6.4.1 Test Hi-kvadrat test (χ^2)

Test ima v statistiki zelo široko uporabo, uporaben pa je tudi za testiranje ujemanja empirične in teoretične porazdelitvene funkcije. Primeren je za testiranje diskretnih in zveznih porazdelitev (Brilly in Šraj, 2005).

Rezultate meritev, oz. vzorec ($X_j, j = 1, \dots, n$) razvrstimo v k razredov. Tako dobimo opazovana števila elementov v posameznem razredu $\hat{n}_i, i = 1, \dots, k$. Ob predpostavki, da velja ničelna domneva, lahko določimo teoretično število elementov v posameznem razredu $n_i, i = 1, \dots, k$.

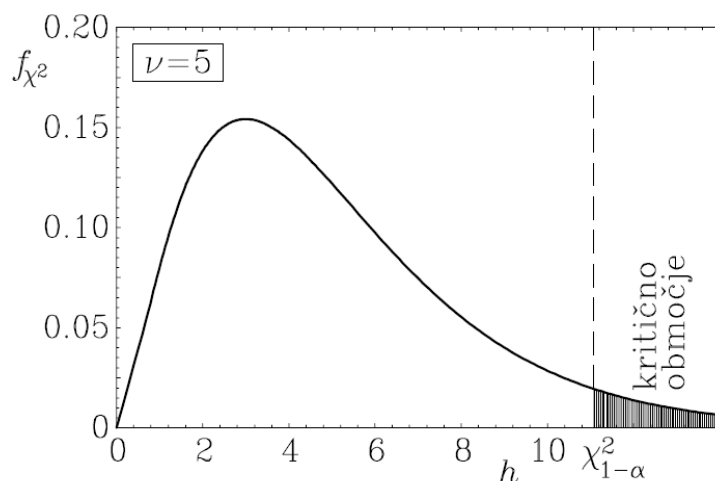
Statistika

$$H = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - \hat{n}_i)^2}{n_i} \quad (39)$$

se porazdeljuje po porazdelitvi Hi-kvadrat z

$$\nu = k - p - 1 \quad (40)$$

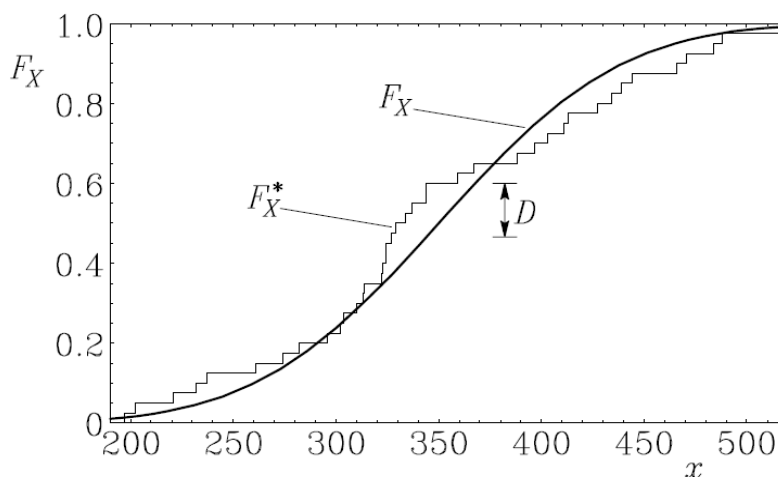
prostostnimi stopnjami, kjer je p število parametrov, ocenjenih iz vzorca. Če je statistika H večja od $\chi^2_{1-\alpha}$, ničelne hipoteze ne sprejmemo in trdimo, da vzorec ni skladen s predpostavko. Statistiko H pridobimo po enačbi (53) in jo primerjamo z mejno vrednostjo $\chi^2_{1-\alpha}$, ki jo razberemo iz preglednic ali izračunamo v katerem izmed programskih orodij (Turk, 2006, Ang, 1975).



Slika 7: Porazdelitev statistike H pri testu skladnosti (Turk, 2006)

3.6.4.2 Test Kolmogorov-Smirnov

Cilj tega testa je enak kot pri testu Hi-kvadrat. Ugotoviti želimo, če lahko na podlagi vzorca zavrnemo ničelno domnevo o porazdelitvi populacije. Test temelji na porazdelitveni funkciji $F_X(x)$ in empirični porazdelitveni funkciji $F_X(x_j)$.



Slika 8: Test Kolmogorova in Smirnova (Turk, 2006)

Vrednosti elementov vzorca je potrebno razvrstiti od najmanjše proti največji in tvorimo empirično porazdelitveno funkcijo $F_X(x_j) = j/n$, kjer j predstavlja zaporedno številko elementa v ranžirni vrsti. Graf empirične porazdelitve je stopničast. Statistiko D določimo tako, da pišemo največjo absolutno razliko med porazdelitveno funkcijo $F_X(x_j)$ in $F_X(x_j)$:

$$Dn = \max_{j=1}^n |F_X(x_j) - F_X(x_j)|. \quad (41)$$

Če statistika presega mejno vrednost pri izbranem tveganju α , ničelno hipotezo zavrnilo in s tveganjem α trdimo, da porazdelitev ni taka, kot trdi ničelna domneva. Statistiko odčitamo iz preglednice ali pa izračunamo s pomočjo programskih orodij. Vrednost n je enaka številu elementov vzorca. Prednost tega testa je, da elementov ni potrebno razvrščati v razrede, zato je lahko v primerjavi s testom Hi-kvadrat vzorec manjši. Zanesljivo pa ga lahko uporabimo le za zvezne porazdelitve, katerih parametre poznamo. Če je potrebno parametre oceniti iz vzorca, test ne vrne točne ocene tveganja pri zavrnitvi ničelne hipoteze. Kljub temu se uporablja tudi za diskretne spremenljivke ter v primerih, ko parametre določimo iz vzorca (Turk, 2006).

3.6.4.3 Grafični test ujemanja

Ujemanje dveh skupin podatkov lahko preverimo tudi grafično, kjer na isti graf nanese vrednosti empirične in teoretične porazdelitve. V primeru statistične analize podatkov po Hazenovi metodi, v graf vnašamo vrednosti količnika q_{max}/q_p (Hazen, 1930).

3.6.5 Izravnava krivulj GEN

Iz vrednotene vrednosti GEN v linearnem merilu tvorijo krivuljo hiperbolične oblike. Izračunane vrednosti GEN so lomljene oblike. Krajše kot je opazovano obdobje, bolj nepravilne oblike so izrisane črte, ki povezujejo izračunane (iz vrednotene) koordinate. Tako imamo opravka s t.i. neizravnanimi točkami, ki jih je potrebno izravnati oz. izenačiti (Sketelj, 1972). Postopek izravnave je najbolj enostaven, če točke v logaritmskem merilu izravnamo s premico. Sketelj (1972) uporabi izravnavo točk preko obrazca, ki predstavlja enačbo splošne hiperbole

$$q' = \frac{C}{t^\alpha}, \quad (42)$$

kjer sta jakost odтока q' ali čas trajanja naliva t znana, ugotoviti pa je potrebno konstanto C in eksponent α .

Regresija opisuje medsebojno odvisnost dveh ali več spremenljivk, v obravnavanem primeru prileganje ustrezne matematične funkcije empiričnim podatkom (Brilly in Šraj, 2005). Regresijska funkcija $Y = f(X)$ opisuje, kakšen je vpliv spremenljivke X na Y brez drugih vplivov, ki so lahko posledica vpliva drugih spremenljivk ali slučajnega odstopanja. Slučajno spremenljivko Y lahko zapišemo kot vsoto dveh spremenljivk

$$Y = Y + \varepsilon = f(X) + \varepsilon, \quad (43)$$

kjer X predstavlja neodvisno spremenljivka, Y pa odvisno spremenljivko ter ε napako (ali slučajno odstopanje). Neodvisna spremenljivka X je lahko deterministična ali slučajna. Običajno predpostavimo, da se napaka porazdeljuje normalno s pričakovano vrednostjo 0 in standardno deviacijo δ (Turk, 2006).

Ena izmed metod linearne regresije je tudi metoda najmanjših kvadratov. Regresijska premica je po tej metodi določena tako, da je vsota kvadratov odklonov od podanih vrednosti najmanjša. Kakovost linearne zveze dveh odvisnih verjetnostnih spremenljivk torej ugotavljamo s kovarianco oz. koeficientom korelacije:

$$\rho_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad \text{in} \quad (44)$$

oceno koeficienta korelacije:

$$R_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}}. \quad (45)$$

Ujemanje statističnega modela in podatkov, katerim želimo prirediti regresijsko enačbo tako ovrednotimo s Pearsonovim koeficientom korelacije. Koeficient lahko zavzame vrednost med -1 in 1. Ko se njegova vrednost približuje 1, govorimo o močni pozitivni povezanosti, ko pa se približuje -1 pa o močni negativni povezanosti. Ko se vrednost približuje nič, povezanost modela in podatkov pada, kar pomeni, da se model slabo prilega prvotnim podatkom (Turk, 2006).

3.6.6 Regionalizacija krivulj GEN

Ko nas na podlagi izbrane povratne dobe in trajanja padavinskega dogodka zanima intenziteta naliva, si lahko pomagamo tudi z empiričnimi enačbami, ki so bile dobljene izkustveno za posamezna območja na svetu. Te enačbe ne temeljijo na teoretičnih osnovah. Izdelavo nizov GEN na podlagi meritev za daljše preteklo obdobje spoznamo v kasnejših poglavjih.

Ocenejne empirične enačbe predstavljajo razmerje med maksimalno intenziteto padavin (kot odvisno spremenljivko) ter neodvisnima parametroma, izbranim trajanjem in pogostostjo padavin (Minh Nhat, Tachikawa, Takara, 2006). Za različne enačbe ob izbranih vrednostih neodvisnih parametrov trajanja in pogostosti preko pripadajočih preglednic pridobimo vrednosti parametrov a , b in e (preglednica 3), ki jih nato vstavimo v dejanske enačbe. V uporabi je več oblik empiričnih enačb, ki so prilagojene za specifična območja in lokacije v posameznih državah, za katere so bile narejene. Vsaka generirana krivulja ima različno vrednost parametrov, ti pa se razlikujejo glede na meroslovne pogoje in lokacijo (Goranc, 2012).

Minh Nhat, Tachikawa in Takara (2006) podajo štiri najbolj pogoste oblike empiričnih enačb:

$$\text{Talbot: } i = \frac{a}{d+b}, \quad (46)$$

$$\text{Bernard: } i = \frac{a}{d^e}, \quad (47)$$

$$\text{Kimijima: } i = \frac{a}{d^{e+b}}, \quad (48)$$

$$\text{Sherman: } i = \frac{a}{(d+b)^e}. \quad (49)$$

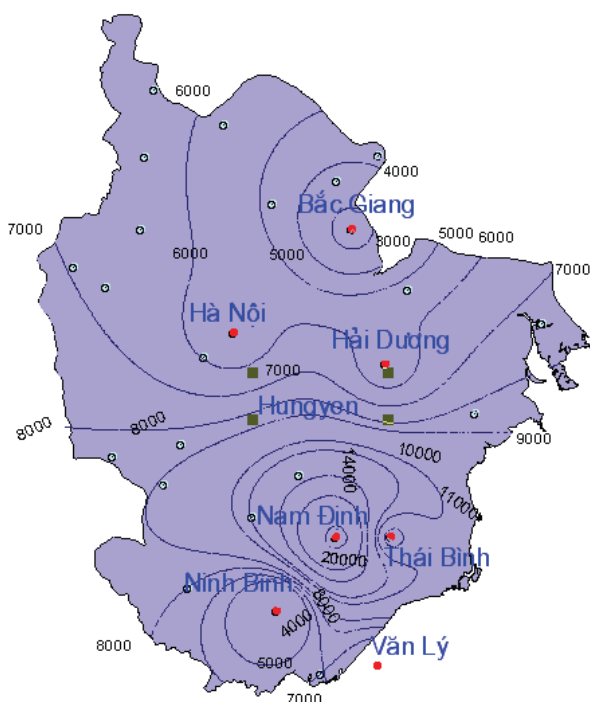
Sledeče oznake pomenijo:

- i intenziteta naliva (mm/h),
 d trajanje naliva (min) ter
 a, b in e parametri, odvisni od meteoroloških pogojev.

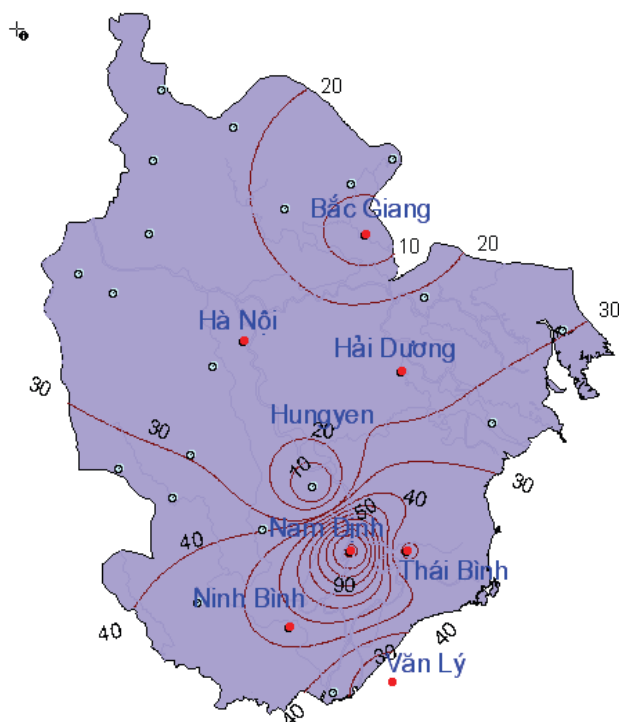
Preglednica 3: Vrednosti parametrov a, b in e za uporabo v enačbi Kimijima, za postajo Hanoi, v severnem Vietnamu (Minh Nhat, Tachikawa, Takara, 2006)

Povratna doba [leta]	Parameter		
	a	b	e
200	7,085	29	0,754
100	5,507	22	0,752
50	4,553	18	0,762
20	3,934	16	0,782
10	3,411	13	0,821
5	3,111	13	0,853
3	2,767	11	0,863
2	2,350	10	0,851

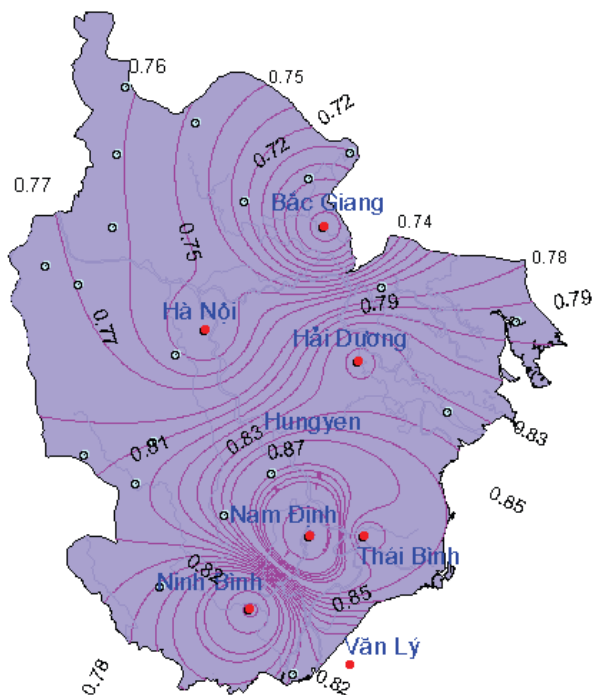
Z namemon, da bi bile empirično generirane krivulje GEN na voljo ne le za lokacije s predpisanimi parametri, pač pa tudi za ostala vmesna območja, se je razvil postopek regionalizacije. Ko določimo parametre a, b in e za različne povratne dobe, jih lahko preko Arc view/GIS interpoliramo ter tako pridobimo vrednosti teh parametrov za različne regije. Za enačbo Kimijima so bile izdelane izohiete, ki povezujejo območja z enakimi vrednostmi posameznih parametrov (Minh Nhat, Tachikawa, Takara, 2006).



Slika 9: Karta izohiet enačbe Kimijima za parameter a za 100-letno povratno dobo za del porečja Rdeče reke v severnem Vietnamu (Minh Nhat, Tachikawa, Takara, 2006)



Slika 10: Karta izohiet enačbe Kimijima za parameter b za 100 letno povratno dobo, za del porečja Rdeče reke v severnem Vietnamu (Minh Nhat, Tachikawa, Takara, 2006)



Slika 11: Karta izohiet enačbe Kimijima za parameter e za 100-letno povratno dobo, za del porečja Rdeče reke v severnem Vietnamu (Minh Nhat, Tachikawa, Takara, 2006)

Na podlagi empiričnih enačb se lahko nato za izbrano lokacijo (npr. Hung yen), kjer niso potekale meritve padavin, lahko izriše krivulje GEN.

S pomočjo slik 3, 4, in 5 se odčita parametre a , b in e za izbrano lokacijo (Hung yen):

- $a = 9500$,
- $b = 20$ in
- $e = 0.83$.

Vrednosti parametrov vstavimo v enačbo Kimijima in za izbrane dolžine nalivov izračunamo pripadajoče intenzitete, ki skupaj tvorijo krivuljo GEN za 100-letno povratno dobo z enačbo $i =$

$$\frac{9500}{d^{0.83+20}}$$

3.7 Združevanje padavinskih podatkov

Če v primeru združevanja podatkov večih ombrografskih postaj želimo preveriti, ali se ti podatki med seboj statistično razlikujejo, to naredimo s primernimi statističnimi testi.

3.7.1 Analiza variance

Z analizo variance ugotavljamo, ali se tri ali več skupin med seboj statistično pomembno razlikujejo. Vzorec je urejen tako, da so vrednosti neodvisnih spremenljivk razvrščene v razrede, ali pa neodvisna spremenljivka predstavlja opisni znak. Neodvisno spremenljivko imenujemo tudi faktor (Turk, 2006). Osnovana je na predpostavkah, da se obravnavani podatki porazdeljujejo normalno, ter da so variance med skupinami podatkov homogene. ANOVA je robustna metoda, kar pomeni da so v primeru rahlega odstopanja od predpostavk, rezultati testa še vedno zanesljivi (Zaiontz, 2012).

3.7.1.1 Analiza variance za en faktor

Predpostavimo, da vrednosti neodvisne spremenljivke X lahko razvrstimo v a razredov in da je vzorec pripravljen tako, da je v vsakem razredu enako število elementov n . Vzorec torej vsebuje an elementov (preglednica 4).

Osnovni model takih podatkov lahko zapišemo z enačbo

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1, \dots, a \quad j = 1, \dots, n \quad (50)$$

kjer Y_{ij} predstavljajo vzorčne vrednosti slučajne spremenljivke Y , μ je pričakovana vrednost, α_i predstavlja vplive posameznih razredov faktorja, ε_{ij} pa predstavlja vzorčna odstopanja od modela. Običajno predpostavimo, da so odstopanja ε_{ij} porazdeljena normalno s pričakovano vrednostjo nič in standardno deviacijo δ .

Preglednica 4: Primer razvrščanja podatkov (Turk, 2006)

Razred	Izmerjeni podatki Y_{ij}	\bar{Y}_i
1	$Y_{11} \ Y_{12} \ \dots \ Y_{1n}$	\bar{Y}_1
2	$Y_{21} \ Y_{22} \ \dots \ Y_{2n}$	\bar{Y}_2
...
a	$Y_{a1} \ Y_{a2} \ \dots \ Y_{an}$	\bar{Y}_a

Pri analizi variance preizkusimo hipotezo, ali faktor ne vpliva na spremenljivko Y . Glede na osnovni model, ki smo ga zapisali z enačbo (64), to ustreza pogoju, da so vsi α_i enaki nič. Ničelno in alternativno hipotezo zapišemo kot (Turk, 2006):

$H_0: \alpha_i = 0$, za vse $i = 1, \dots, a$, kar pomeni, da faktor ne vpliva,

$H_1: \alpha_i \neq 0$, za vsaj en $i = 1, \dots, a$, kar pomeni, da faktor vpliva.

Ničelna hipoteza analize variance domneva, da so povprečja v skupinah vzorcev ob izbrani stopnji tveganja statistično enaka. Določiti je potrebno statistiko, na osnovi katere bomo preizkusili ničelno domnevo. Za to je potrebno izračunati povprečja za posamezne razrede ter skupno povprečje:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ij}, i = 1, \dots, a, \bar{Y} = \frac{1}{na} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n Y_{ij}. \quad (51)$$

Nato tvorimo vsote razlik SS (ang. *summed squares*):

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y})^2,$$

$$SS_A = n \sum_{i=1}^a (\bar{Y}_i - \bar{Y})^2,$$

$$SS_E = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2.$$

S SS_T označimo celotno vsoto kvadratov. Vsota kvadratov zaradi vpliva faktorja SS_A je vsota kvadratov zaradi razlik med povprečnimi vrednostmi \bar{Y}_i v razredih, zato jo krajše imenujemo tudi vsota kvadratov med razredi. Vsota kvadratov zaradi vpliva napak oziroma nepojasnjenih odstopanj SS_E je vsota kvadratov razlik med posameznimi elementi vzorca Y_{ij} in povprečji \bar{Y}_i posameznih razredov, zato jo raje imenujemo kot vsoto kvadratov znotraj razredov. Izračune vsot kvadratov je priporočljivo preveriti z zvezo:

$$SS_T = SS_A + SS_E. \quad (52)$$

Na osnovi vsot kvadratov pripravimo preglednico analize variance, ki jo imenujemo tudi preglednica ANOVA (preglednica 5).

Preglednica 5: Preglednica ANOVA (Turk, 2006)

Vir odstopanj	Vsota kvadratov	Prostostne stopnje	Povprečni kvadrati	Statistika F
Faktor	SS_A	n_{psA}	MS_A	F
Napaka	SS_E	n_{psE}	MS_E	
Skupaj	SS_T	n_{psT}		

Števila prostostnih stopenj so:

$$n_{psA} = a - 1,$$

$$n_{psE} = a(n - 1) \text{ in}$$

$$n_{psT} = an - 1,$$

kjer velja $n_{psT} = n_{psA} + n_{psE}$. (53)

Povprečne kvadrate izračunamo po enačbah:

$$MS_A = \frac{SS_A}{n_{psA}} \text{ in} \quad (54)$$

$$MS_E = \frac{SS_E}{n_{psE}}. \quad (55)$$

S pomočjo preglednice izračunamo statistiko

$$F = \frac{MS_A}{MS_E}, \quad (56)$$

ki se porazdeljuje po porazdelitvi F s prostostnimi stopnjami $v_1 = nps_A$ in $v_2 = nps_E$. Kritično območje oziroma območje zavrnitve ničelne domneve je $[F_{1-\alpha}, \infty)$. Če je statistika F večja od kritične vrednosti $F_{krit} = F_{1-\alpha, v_1, v_2}$ oziroma presega mejo območja zavrnitve ničelne hipoteze, ničelno hipotezo zavrnemo in trdimo, da je vpliv faktorja na spremenljivko Y statistično značilen (Turk, 2006).

3.7.2 Preverjanje homogenosti varianc

Nekateri testi, med njimi tudi ANOVA, so reprezentativni le v primeru da so variance obravnavanih vzorcev homogene. Homogenost varianc lahko preverimo (Zaiontz, 2012):

- grafično (t.i. škatla z ročaji),
- s primerjanjem varianc, standardnega odklona in kvartilnega razmika,
- s statističnim testi.

3.7.2.1 Grafično

V opisni statistiki se graf, poimenovan škatla z ročaji (*ang. box plot, whiskers plot*) uporablja kot način grafične ponazoritve skupin številčnih podatkov, ki jih opisuje (Brilly in Šraj, 2005):

- najmanjša vrednost znotraj enega koraka pod okvirjem,
- 25-odstotna vrednost,
- mediana (50-odstotna vrednost),
- 25-odstotna vrednost ter
- največja vrednost znotraj enega koraka nad okvirjem.

S tem načinom lahko prikažemo razlike med populacijam, pri tem pa ni potrebno predpostaviti statistične porazdelitve, kar je značilnost neparameteskkih pristopov (Brilly in Šraj, 2005).

3.7.2.2 Primerjanje varianc, standardnega odklona in kvartilnega razmika

Kvartilni razmik je statistični kazalec, ki predstavlja razpon med tretjim in prvim kvartilom. Uporabljen je za odvzem 50% vrednosti, ki so najbližje aritmetični sredini. Merjen je v enakih merskih enotah kot podatki v obravnavani populaciji in ga lahko za potrebe analize primerjamo z varianco in standardnim odklonom vzorca (Zaiontz, 2012).

3.7.2.3 Statistični testi

Če želimo preveriti homogenost varianc različnih vzorcev, to lahko storimo tudi preko statističnih testov, ki nam ob izbrani stopnji tveganja podajo nedvoumen rezultat. Za primerjavo vzorcev treh populacij so najpogostejši testi (Zaiontz, 2012):

- Levenov,
- Fligner Kileen-ov in
- Bartlett-ov.

Flinge Kileen-ov test je neparametričen test, ki homogenost varianc preverja s pomočjo rangiranja. Uporaben je, kadar se populacija ne porazdeljuje normalno ter je med podatki veliko t.i. osamelcev (Zaiontz, 2012).

Bartlettov test je namenjen vzorcem normalno porazdeljenih populacij, rezultati testa pa so izredno občutljivi kadar se populacija ne porazdeljuje normalno (Zaiontz, 2012).

Levenov test je bil sprva načrtovan le z uporabo pričakovane vrednosti, nato pa je bil nadgrajen tudi na uporabo mediane ter pričakovane vrednosti modificiranega vzorca, kjer je 10 % robnih vrednosti odstranjenih (Zaiontz, 2012). Monte Carlo študije so pokazale, da se uporaba modificiranega vzorca bolje odreže kadar se podatki porazdeljujejo z višjimi ekstremi, uporaba mediane pa kadar se osnovni podatki porazdeljujejo nesimetrično. Uporaba osnovne izvedbe testa se je izkazala za najprimernejšo kadar so bili osnovni podatki porazdeljeni simetrično in brez izrazitih ekstremov. Ob pravilni izvedbi je Levenov test v primerjavi z Flinge Kileen in Bartlettovim testom hkrati odporen na odklon obravnavanega vzorca od normalne porazdelitve ter natančen pri zaznavanju različnih vrednosti varianc, kar pomeni da rezultati testa v primeru nenormalno porazdeljenega vzorca ne izkazujejo nehomogenosti varianc, obenem pa so dovolj natančni da ločijo homogenost in nehomogenost varianc (Zaiontz, 2012).

3.7.2.4 Nehomogenost varianc

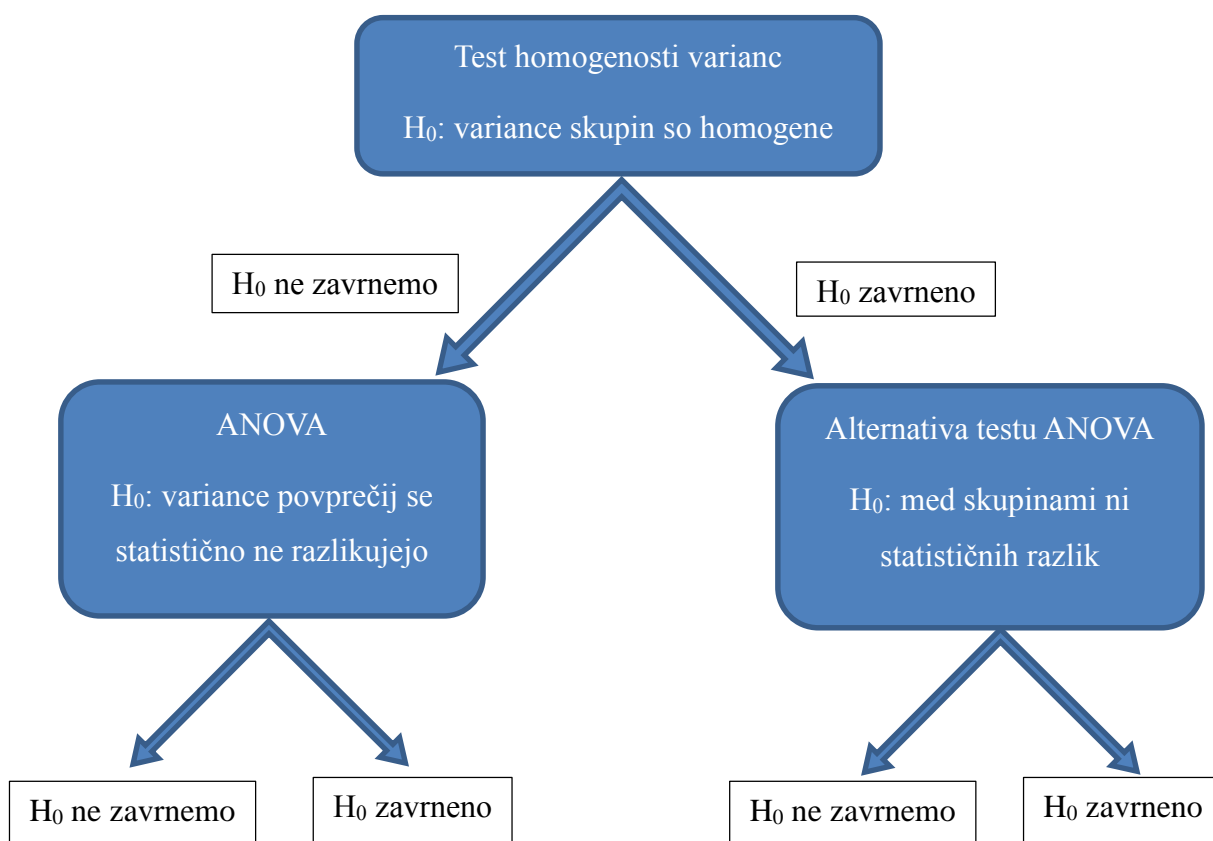
Kadar rezultati testov izkazujejo nehomogenost varianc, enofaktorska analiza variance ni pravilna izbira za preverjanje neodvisnih skupin podatkov in je potrebno poiskati primerno alternativo testu ANOVA (Zaiontz, 2012). Razlike med obravnavanimi skupinami podatkov lahko preverimo s statističnimi testi, ki upoštevajo nehomogenost varianc med skupinami. Najpogostejši pristopi so (Zaiontz, 2012):

- neparametrični test Kruskal-Wallis,
- modificirani test Brown-Forsythe,
- test Welch in

- transformacija podatkov.

Test Kruskal-Wallis je neparametričen in tako ni pogojen s prileganjem podatkov kateri izmed porazdelitev, ob tem pa je predpostavljeno, da je primerjane skupine podatkov možno opisati z enako porazdelitvijo (Zaiontz, 2012). Test je koristen kadar se podatki ne porazdeljujejo normalno ter se variance skupin močno razlikujejo. Brown-Forsythe test temelji na mediani in ne na povprečju vzorca. Test Welch primerja enakost srednjih vrednosti in je uporaben, kadar se poleg nehomogenosti varianc, srečujemo tudi z različnim številom podatkov v skupinah in je izpeljava Studentovega t-testa. Tako kot Studentov, je tudi Welch-ov test parametričen, kar pomeni da so rezultati zanesljivi kadar se analizirani podatki porazdeljujejo normalno (Cohen, 2008). Primer transformacije podatkov je logaritmiranje. V primeru negativnih vrednosti med podatki, obravnavanim podatkom pred logaritmiranjem prištejemo vrednost a , ki jo izberemo sami in mora biti večja od razlike od nič do najmanjše vrednosti in enaka za vse transformirane vrednosti:

$$f(x) = \log(x + a). \quad (52)$$



Slika 12: Diagram poteka statističnih testov (prirejeno po Zaiontz, 2012)

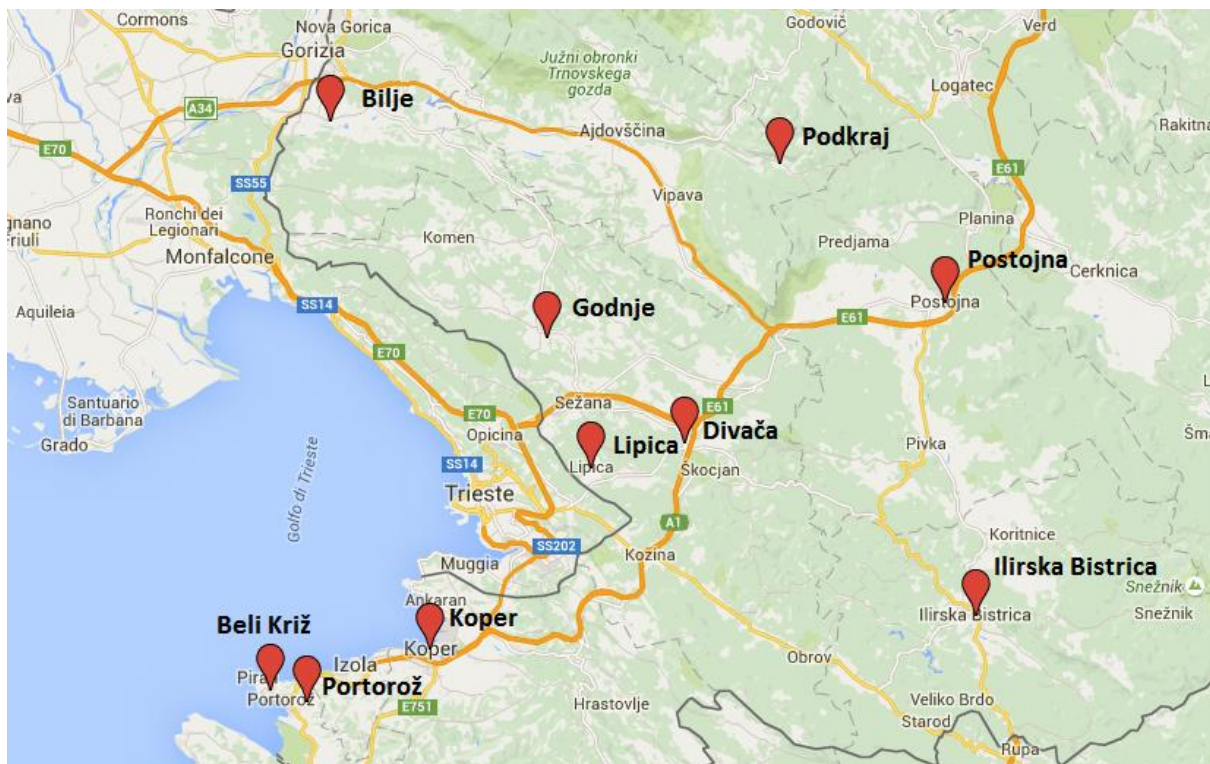
4 IZDELAVA KRIVULJ GEN ZA JZ SLOVENIJO

Za področje Slovenije je bilo opravljenih že več analiz padavinskih podatkov, nekatere za namene izdelave krivulj GEN (Treppo, 1946; Sketelj, 1954; Rejc, 1998), nekatere za namene hidrološkega značaja (Goranc, 2012; Dolšak, 2015). Večini je skupen pristop po metodi verjetnostne teorije, kjer padavine obravnavamo kot slučajno spremenljivko, nekateri avtorji (Treppo, 1946; Sketelj, 1953; Rejc, 1998) pa so v svojih delih uporabili tudi številčni postopek. V primeru hidroloških analiz se za verjetnostno analizo običajno uporabi Gumbelova porazdelitev, za izdelavo krivulj GEN, kjer obravnavamo padavine krajših trajanj in višjih intenzitet, pa so nekateri avtorji (Sketelj, 1972; Rejc, 1998) izbrali Hazenovo empirično metodo. Hazenova metoda predpostavlja, da se ekstremni pojavi porazdeljujejo zelo asimetrično, zato je namesto normalne, uporabljena logaritmično normalna krivulja, prav tako pa metoda vsebuje korekcijo koeficienta asimetrije, s katerim priredimo koeficient asimetrije glede na število podatkov.

4.1 Podatki

V diplomski nalogi smo naredili analizo padavinskih podatkov za dvanajst lokacij z območja obalno-kraške, primorsko-notranjske in goriške statistične regije, od tega je deset primerov vsebovalo podatke posamičnih ombrografskih postaj, dva primera pa združene podatke iz po treh padavinskih postaj z območja Krasa in obale (slika 14):

- Beli Križ (Portorož), 17 let podatkov (1975–1992),
- Bilje (Nova Gorica), 23 let (1991–2014),
- Divača, 4 leta (1979–1983),
- Godnje (občina Divača), 22 let (1992–2014),
- Ilirska Bistrica, 30 let (1975–2005),
- Koper, 4 leta (1970–1974),
- Lipica (občina Sežana), 6 let (1984–1990),
- Portorož, 22 let (1992–2014),
- Postojna, 44 let (1970–2014) in
- Podkraj, 31 let (1984–2015).



Slika 13: Lokacije obravnavanih ombrografskih postaj

Padavinske podatke je posredovala Agencija Republike Slovenije za okolje in so zabeleženi v 5-minutnih intervalih. Natančnost podatkov je v desetinkah milimetra, najmanjša zabeležena količina pa je 0,1 mm. Vsaka vrstica osnovne oblike podatkov beleži časovno obdobje ene ure in vsebuje šifro opazovane postaje, leto, mesec, dan v mesecu ter uro. Nato se v vrstici zvrsti 12 polj, izmed katerih vsako predstavlja 5 minutni interval obravnavane ure. Če v 5-minutnem časovnem koraku pade manj kot 0,1 mm padavin, se to zabeleži kot interval brez padavin, s količino 0. Če obdobje med dvema polnima urama ne dežuje, je pri beleženju padavin ta ura izpuščena, prav tako je lahko po enakem postopku izpuščen cel dan, teden ali mesec.

Za časovne korake, ko instrument ni deloval, je v podatkih pripisana šifra -99, kadar pa so bile padavine v obliki snega, pa -88. V analizi so bile upoštevane le padavine v obliki dežja, saj snežne padavine ne povzročajo koničnih odtokov v kanalizacijskem omrežju. Vsota padavin merjena z ombrografii se zato za neko časovno obdobje količinsko razlikuje od realnega stanja v naravi.

4.1.1 Algoritem za razvrščanje podatkov v preglednejšo obliko

Podatki v osnovni obliki so bili izjemno nepregledni (slika 14) in jih brez predhodne obdelave ni bilo možno statistično analizirati. Zato smo izdelali algoritem v okolju Python, napisan v istoimenskim

programskem jeziku, ki je podatke razporedil v preglednejšo obliko (slika 15), ki je omogočala nadaljnjo statistično analizo. Python je splošno uporaben programski jezik. Je interpreterski jezik, kar pomeni, da računalnik kodo najprej interpretira in šele nato požene.

leto	mesec	dan	ura	om_1_5min	om_6_10min	om_11_15min	om_16_20min	om_21_25min	om_26_30min	om_31_35min	om_36_40min	om_41_45min	om_46_50min	om_51_55min	om_56_60min
1992	6	1	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
1992	6	1	9	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1992	6	1	20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1992	6	6	23	0	0	0	0	8	37	0	0	0	0	0	0
1992	6	6	24	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1992	6	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1992	6	7	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1992	6	7	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	6	7	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1992	6	7	21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	6	7	23	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1992	6	7	24	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1992	6	8	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1992	6	8	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1992	6	8	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1992	6	8	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1992	6	8	20	0	54	27	7	19	19	1	2	1	1	0	1
1992	6	8	21	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	7
1992	6	8	22	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	6	8	24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Slika 14: Oblika osnovnih podatkov za postajo Portorož

0001/92	01.06.	7:30	01.06.	7:35	5	0,1	0,1												
0002/92	01.06.	7:55	01.06.	8:00	5	0,1	0,1												
0003/92	01.06.	8:15	01.06.	8:20	5	0,1	0,1												
0004/92	01.06.	8:40	01.06.	8:45	5	0,1	0,1												
0005/92	01.06.	19:40	01.06.	19:45	5	0,1	0,1												
0006/92	06.06.	22:20	06.06.	22:30	10	4,5	0,8	3,7											
0007/92	06.06.	23:20	06.06.	23:25	5	0,1	0,1												
0008/92	07.06.	0:55	07.06.	1:00	5	0,1													
0009/92	07.06.	2:30	07.06.	2:35	5	0,1	0,1												
0010/92	07.06.	4:05	07.06.	4:10	5	0,1	0,1												
0011/92	07.06.	5:40	07.06.	5:45	5	0,1	0,1												
0012/92	07.06.	20:15	07.06.	20:20	5	0,1	0,1												
0013/92	07.06.	22:25	07.06.	22:30	5	0,1	0,1												
0014/92	07.06.	23:45	07.06.	23:50	5	0,1	0,1												
0015/92	08.06.	0:05	08.06.	0:10	5	0,1	0,1												
0016/92	08.06.	0:25	08.06.	0:30	5	0,1	0,1												
0017/92	08.06.	1:00	08.06.	1:05	5	0,1	0,1												
0018/92	08.06.	1:45	08.06.	1:50	5	0,1	0,1												
0019/92	08.06.	2:15	08.06.	2:20	5	0,1	0,1												
0020/92	08.06.	2:30	08.06.	2:35	5	0,1	0,1												
0021/92	08.06.	4:25	08.06.	4:30	5	0,1	0,1												
0022/92	08.06.	19:05	08.06.	20:00	55	13,2	5,4	2,7	0,7	1,9	1,9	0,1	0,2	0,1	0,1	0	0,1		
0023/92	08.06.	20:15	08.06.	21:20	65	1,5	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0,1	0,7	0,1	0	0,1	0,1
0024/92	08.06.	23:40	08.06.	23:45	5	0,1	0,1												
0025/92	09.06.	4:15	09.06.	4:20	5	0,1	0,1												
0026/92	09.06.	17:20	09.06.	17:25	5	0,1	0,1												

Slika 15: Oblika obdelanih podatkov za postajo Portorož

Program prebere leto, mesec, dan in uro začetka padavin ter nadaljuje z branjem padavinskih podatkov. V naslednji vrstici je preveri, če so si mesec, dan in ura med vrsticama sledili brez časovnega presledka, ter pod tem pogojem nadaljuje z branjem padavinskih podatkov. Če se v padavinskih podatkih nahajata vsaj dve zaporedni ničli, to pomeni konec deževja. Deževjem v izhodni mapi so pripisani podatki:

- zaporedna številka padavinskega dogodka in letnica,

- datum in ura začetka ter konca padavinskega dogodka,
- trajanje in količina zapadlih padavin,
- zapis padavin po 5-minutnih intervalih.

Za sneg in nedelovanje instrumenta program izpiše datum in uro začetka in konca dogodka ter trajanje snežnih padavin oz. nedelovanja instrumenta.

4.1.2 Algoritem za izračun najvišjih mesečnih intenzitet

Za analizo nalivov je bil kot kriterij za izbiro nalivov izbrana metoda mesečnih maksimumov, kjer za vsak mesec opazovanega obdobja za izbrana trajanja padavinskega dogodka izberemo najvišjo jakost naliva. Izbiro nalivov smo izvedli v programskem okolju in jeziku Matlab. Okolje Matlab je eno izmed najpogosteje uporabljenih, od različnih vej industrije do obdelave podatkov (Mathowrks, 2015).

Algoritem prebere izpis datuma padavin, ter nadaljuje na padavinske podatke. Poišče najvišje vrednosti za padavinske dogodke dolžine med 5 in 1020 min. Tako je bila za 5-minutni naliv izbrana najvišja zabeležena vrednost v mesecu, za 10-minutni naliv najvišja vsota dveh zaporednih polj, za 15-minutni naliv najvišja vsota treh zaporednih polj, ter po enakem ključu vse do trajanja 1020 min. Če v mesecu ni bilo padavin z obravnavanim trajanjem, program vrne vrednost 0. Daljši kot je padavinski dogodek, manj mesečnih maksimumov program vrne.

V algoritmu je bilo potrebno definirati padavinski dogodek. Za padavinski dogodek so bile izbrane tudi tiste padavine, ki so bile vmes prekinjene z največ enim zaporednim 5-minutnim intervalom z intenziteto 0. S tako definicijo padavinskega dogodka, smo pridobili višje vrednosti mesečnih maksimumov, saj so v nekaterih primerih najvišje mesečne vrednosti izkazovali nalivi, ki so vsebovali eno ali več 5-minutnih prekinitev. Ob tem je potrebno navesti, da je zelo mahna oz. ničelna verjetnost, da je zabeležena 5-minutna prekinitev v naravi trajala točno 5 minut. Ker se količina padavin zabeleži le vsakih 5 minut, je lahko neka prekinitev dežja trajala npr. 3 ali pa 7 minut. Prav tako so že v ombrografskih zapisih zanemarjene padavine, ki v intervalu niso presegle višine 0,1 mm.

Algoritem tako iz vhodnih podatkov vrne za vsak mesec obravnavanega obdobja za izbrana trajanja nalivov, najvišje vsote padavin. Rezultati so tako tabelarično urejene najvišje vsote padavin za vsak mesec obravnavanega obdobja, z izjemo primera, kadar celoten mesec ni bilo dežnih padavin, ali instrument ni deloval. Vsote je potrebno po enačbi (4) še preračunati v enoto, uporabno za izračun odtoka s površja, $l/(s \times ha) \ q'_{max} = 166,7 * (h_{max}/t)$.

4.1.3 Združeni mesečni maksimumi

Mnoge postaje podatke beležijo za časovna obdobja, ki so krajša od 30 let, kar za določene lokacije močno oteži izdelavo krivulj skladno s priporočili in mednarodno prakso. Tako smo želeli preveriti vpliv združevanja podatkov ombrografskih postaj primeljive geografske lege na rezultate končnega izračuna krivulj GEN. Rezultate smo ovrednotili s primernimi statističnimi testi.

Po tri ombrograske postaje tvorijo dve navidezni postaji, imenovani Obala in Kras. Obala vsebuje podatke postaj Beli Križ, Portorož in Koper, Kras pa podatke postaj Divača, Godnje in Lipica. Združeni podatki se kronološko ne prekrivajo, kar pomeni da so v teh vzorcih zbrani podatki medsebojno neodvisnih padavinskih dogodkov, kar velja tudi za ombrografske podatke za Portorož in Beli Križ, saj se beleženje podatkov za postajo Beli Križ konča maja 1992, beleženje podatkov za postajo Portorož pa se prične prične junija 1992.

Združeni so bili mesečni maksimumi za nalive izbranih trajanj med 5 in 1020 minut. Združeni podatki sicer pripadajo isti populaciji, t.j. mesečnim maksimumom na obalnem oz. kraškem območju, kljub temu pa so to rezultati meritev, ki so bile opravljene na različnih lokacijah in časovnih obdobjih z vmesnimi prekinitvami, zato se rezultati med skupinami utegnejo razlikovati do te mere, da z združevanjem nebi dobili reprezentativnih podatkov za obravnavano geografsko območje.

Tako je bilo potrebno s statističnimi testi ovrednotiti razlike med združenimi skupinami podatkov za vsa izbrana trajanja obeh novonastalih (preglednica 6) postaj. Osnova je enofaktorska analiza variance (ANOVA), s katero preizkušamo razlike med aritmetičnimi sredinami združenih podatkov.

ANOVA daje statistično zanesljive rezultate, kadar so variance vzorcev homogene, v primeru nehomogenih varianc, pa je potrebno razliko oz. enakost vzorcev preveriti s statističnim testom, ki tudi pri nehomogenih variancah vrne zanesljive rezultate.

Kot najprimernejši test je bil izbran test Welch, saj dovoljuje tudi odklon od normalne porazdelitve vzorca, prav tako pa je primeren, kadar so velikosti vzorcev različne. Nehomogenost preverimo z Levenovim testom, ki preizkuša domnevo, da med vzorci ni razlike v varanci. Ker se podatki porazdeljujejo izrazito nesimetrično, je bila izbrana izvedba Levenovega testa z uporabo mediane. Vsi testi so bili izvedeni s 95 % stopnjo zaupanja.

Primerjalo smo mesečne maksimume združenih padavinskih postaj, Belega Križa, Portoroža in Kopa, ter Divače, Godenj in Lipice. Teste smo opravili v okolju MS Excel, s pomočjo Real Statistics programskega dodatka.

Preglednica 6: Primeri izvedbe statističnih testov

Obala, 180-minutni naliv			
test Leven			
Rezultat Levenovega testa $0,079 > \alpha$			
H_0 ne zavrnamo, rezultati ANOVE so statistično zanesljivi			
ANOVA			
Vir odstopanj	Faktor	Napaka	Skupaj
Vsota kvadratov	5,00	556,04	561,04
Prostostne stopnje	2,00	377,00	379,00
Povprečni kvadrati	2,50	1,47	
Statistika F	1,70	1,70	
P-vrednost	0,18479 > 0,05		
F krit	3,02		
H_0 ne zavrnamo, variance vzorcev se ne razlikujejo statistično značilno			
Kras, 10-minutni naliv			
test Leven			
Rezultat Levenovega testa $0,312865 > \alpha$			
H_0 ne zavrnamo, rezultati ANOVE so statistično zanesljivi			
ANOVA			
Vir odstopanj	Faktor	Napaka	Skupaj
Vsota kvadratov	954,41	17705,25	18659,66
Prostostne stopnje	2,00	377,00	379,00
Povprečni kvadrati	477,20	46,96	
Statistika F	10,16	10,16	
P-vrednost	0,00005 < α		
F krit	3,02		
H_0 zavrnamo, variance vzorcev se statistično značilno razlikujejo			
Kras, 30-minutni naliv			
test Leven			
Rezultat Levenovega testa $0,021 < \alpha$			
H_0 zavrnamo, rezultati ANOVE niso statistično zanesljivi, izvedemo test Welch			
test Welch			
statistika F	12,42		
Prostostne stopnje	2,00		
Prostostne stopnje skupaj	96,65		
Vrednost P	0,000016 < α		
H_0 zavrnamo, povprečja vzorcev so statistično značilno različna			

4.2 Verjetnostna analiza mesečnih maksimumov

Za izdelavo krivulj GEN iz mesečnih maksimumov smo uporabili metode verjetnostne teorije po Hazenovem postopku, nalive pa smo izbrali tako, da smo za vsak mesec izbrali najvišjo vrednost za

vsako izmed obravnavanih trajanj ter mesečne maksimume nato uporabili za statistično analizo. V primerjavi z metodo letnih maksimumov, smo imeli tako za analizo na voljo večje število podatkov.

Koeficienti asimetrije za različna trajanja nalivov za posamezne postaje nakazujejo, da so podatki desno simetrični (preglednica 7), kar ustreza predpostavki Hazenove metode, da se podatki porazdeljujejo asimetrično.

Preglednica 7: Povprečni koeficienti asimetrije za obravnavane postaje

Postaja	Koeficient asimetirje
Bilje	1,99
Podkraj	1,50
Postojna	1,29
Ilirska Bistrica	1,78
Divača	1,25
Godnje	1,53
Lipica	1,22
Portorož	1,92
Beli križ	2,13
Koper	1,68
Kras	1,77
Obala	2,09

Najvišje jakosti mesečnih odtokov je nato potrebno za izdelavo krivulj iz vrednotiti s pomočjo Hazenove empirične in teoretične porazdelitvene funkcije.

Pri analizi so bili upoštevani vsi rezultati, poleg kriterija mesečnih maksimumov, dodatnega selekcioniranja nalivov nismo opravili. Mesečne maksimume za vsa obravnavana trajanja nalivov razvrstimo v ranžirno vrsto, začenši z največjo vrednostjo, ter vsaki vrednosti priredimo zaporedno številko. Nato po Hazenovi enačbi (9) vsaki vrednosti priredimo verjetnost P_e , da se v nizu pojavi večja ali enaka vrednost.

Ker utegne majhno število podatkov popačiti koeficient asimetrije, je avtor (Hazen, 1930) definiral še dodaten koeficient, s katerim priredimo koeficient asimetrije glede na število podatkov,

$$C_s(prir) = C_s * F, \quad (57)$$

kjer koeficient F določimo empirično:

$$F = 1 + \frac{8,5}{n}. \quad (58)$$

Za ugotovitev verjetnosti izberemo Hazenovo teoretično porazdelitveno funkcijo. S pomočjo statistik q'_p , C_v in $C_{s,prir}$, za vsako obravnavano trajanje naliva (od 5 do 1020min) za vsako postajo iz Hazenove preglednice 8 razberemo frekvenčne faktorje K_h za verjetnosti od 0,01 % do 99%, preko katerih po

Hazenovi metodi, opisani v poglavju 4.2.3, pridobimo vrednosti q'_{max}/q'_p . Vrednosti q'_{max}/q'_p , ki jih izračunamo, pripadajo verjetnostim za opazovano časovno enoto. Opazovana časovna enota je v obravnavanem primeru 1 mesec, saj smo v statistični analizi obravnavali mesečne maksimume. Da pridobimo jakosti nalivov za izbrane letne verjetnosti padavinskih dogodkov, oz. izbrane povratne dobe, je potrebno verjetnosti pomnožiti z 12, vrednosti q'_{max}/q'_p pa s q'_p . Kadar točnih mesečnih verjetnosti, ki jih potrebujemo za preračun v letne verjetnosti (za $n=6$ potrebujemo $12 \times 50\% = 600\%$, za $n=4$ potrebujemo $12 \times 33,3\% = 400\%$ itd...) ni v osnovni preglednici frekvenčnih faktorjev (preglednica 8), frekvenčne faktorje pridobimo s pomočjo linearne interpolacije.

Preglednica 8: Hazenovi frekvenčni faktorji (prirejeno po Hazen, 1930)

Cs(prir.)	Vrednost $K_h=(x-xp)/st.dev.$ pri določenih verjetnostih nastopa								
	99	95	80	50	20	5	1	0,1	0,01
0	-2,32	-1,64	-0,84	0	0,84	1,64	2,32	3,09	3,72
0,1	-2,25	-1,62	-0,85	-0,02	0,84	1,67	2,4	3,24	3,96
0,2	-2,18	-1,59	-0,85	-0,03	0,83	1,71	2,48	3,39	4,2
0,3	-2,12	-1,56	-0,85	-0,05	0,83	1,74	2,56	3,55	4,45
0,4	-2,05	-1,53	-0,85	-0,06	0,82	1,76	2,64	3,72	4,72
0,5	-1,99	-1,5	-0,85	-0,08	0,82	1,79	2,72	3,9	5
0,6	-1,92	-1,47	-0,85	-0,09	0,81	1,81	2,8	4,08	5,3
0,7	-1,86	-1,44	-0,85	-0,11	0,8	1,84	2,89	4,28	5,64
0,8	-1,8	-1,41	-0,85	-0,12	0,76	1,86	2,97	4,48	6
0,9	-1,73	-1,38	-0,85	-0,14	0,77	1,88	3,06	4,69	6,37
1	-1,68	-1,34	-0,84	-0,15	0,76	1,9	3,15	4,92	6,77
1,1	-1,62	-1,31	-0,84	-0,17	0,75	1,92	3,24	5,16	7,23
1,2	-1,56	-1,28	-0,83	-0,18	0,74	1,94	3,33	5,4	7,66
1,3	-1,51	-1,25	-0,83	-0,19	0,72	1,96	3,41	5,64	8,16
1,4	-1,46	-1,22	-0,82	-0,2	0,71	1,98	3,5	5,91	8,66
1,5	-1,41	-1,19	-0,81	-0,22	0,69	1,99	3,59	6,18	9,16
1,6	-1,36	-1,16	-0,81	-0,23	0,67	2,01	3,69	6,48	9,79
1,7	-1,32	-1,13	-0,8	-0,24	0,66	2,02	3,78	6,77	10,4
1,8	-1,27	-1,1	-0,79	-0,25	0,64	2,03	3,88	7,09	11,07
1,9	-1,23	-1,07	-0,78	-0,26	0,62	2,04	3,98	7,42	11,83
2	-1,19	-1,05	-0,77	-0,27	0,61	2,05	4,07	7,78	12,6
2,1	-1,15	-1,02	-0,76	-0,28	0,59	2,06	4,17	8,13	13,35
2,2	-1,11	-0,99	-0,75	-0,29	0,57	2,07	4,27	8,54	14,3
2,3	-1,07	-0,96	-0,74	-0,3	0,55	2,07	4,37	8,95	15,25
2,4	-1,03	-0,94	-0,73	-0,31	0,53	2,08	4,48	9,35	
2,5	-1	-0,91	-0,72	-0,31	0,51	2,08	4,58	9,75	
2,6	-0,97	-0,89	-0,71	-0,32	0,49	2,09	4,68	10,15	
2,7	-0,94	-0,86	-0,69	-0,33	0,47	2,09	4,78	10,65	
2,8	-0,91	-0,84	-0,68	-0,33	0,45	2,09	4,89	11,2	
2,9	-0,87	-0,82	-0,67	-0,34	0,43	2,09	5,01	11,75	

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 8

3	-0,84	-0,79	-0,66	-0,34	0,41	2,08	5,11	12,3
3,2	-0,78	-0,74	-0,64	-0,35	0,37	2,06	5,35	13,5
3,4	-0,73	-0,69	-0,61	-0,36	0,32	2,04	5,58	
3,6	-0,67	-0,65	-0,58	-0,36	0,28	2,02	5,8	
3,8	-0,62	-0,61	-0,55	-0,36	0,23	1,98	6,1	
4	-0,58	-0,56	-0,52	-0,36	0,19	1,95	6,5	
4,5	-0,48	-0,47	-0,45	-0,35	0,1	1,79	7,3	
5	-0,4	-0,4	-0,39	-0,34	0	1,6	8,2	

Preglednica 9: Preglednica izbire frekvenčnih faktorjev glede na $C_s(\text{prir.})$ za postajo Kras

t [min]	$C_{s(\text{prir.})}$	Verjetnost [%]								
		99	95	80	50	20	5	1	0,1	0,01
5	1,15	-1,59	-1,30	-0,84	-0,17	0,75	1,93	3,28	5,27	7,43
10	1,20	-1,56	-1,28	-0,83	-0,18	0,74	1,94	3,33	5,40	7,67
15	1,35	-1,48	-1,23	-0,82	-0,20	0,72	1,97	3,46	5,78	8,43
20	1,36	-1,48	-1,23	-0,82	-0,20	0,71	1,97	3,46	5,80	8,46
30	1,38	-1,47	-1,23	-0,82	-0,20	0,71	1,98	3,48	5,84	8,54
40	1,35	-1,49	-1,24	-0,83	-0,19	0,72	1,97	3,45	5,77	8,41
50	1,38	-1,47	-1,22	-0,82	-0,20	0,71	1,98	3,49	5,87	8,58
60	1,38	-1,47	-1,23	-0,82	-0,20	0,71	1,98	3,48	5,86	8,56
90	1,46	-1,43	-1,20	-0,81	-0,21	0,70	1,99	3,55	6,06	8,94
120	1,71	-1,31	-1,13	-0,80	-0,24	0,66	2,02	3,79	6,81	10,48
150	1,89	-1,23	-1,07	-0,78	-0,26	0,62	2,04	3,97	7,39	11,75
180	1,93	-1,22	-1,06	-0,78	-0,26	0,62	2,04	4,01	7,52	12,05
210	1,84	-1,25	-1,09	-0,79	-0,25	0,63	2,03	3,92	7,22	11,38
240	1,86	-1,24	-1,08	-0,78	-0,26	0,63	2,04	3,94	7,30	11,56
300	1,26	-1,53	-1,26	-0,83	-0,19	0,73	1,95	3,38	5,54	7,96
360	1,12	-1,61	-1,30	-0,84	-0,17	0,75	1,92	3,26	5,21	7,32
420	1,11	-1,61	-1,31	-0,84	-0,17	0,75	1,92	3,25	5,18	7,27
480	1,08	-1,63	-1,32	-0,84	-0,17	0,75	1,92	3,22	5,10	7,12
540	1,19	-1,57	-1,28	-0,83	-0,18	0,74	1,94	3,32	5,38	7,62
600	1,05	-1,65	-1,33	-0,84	-0,16	0,76	1,91	3,19	5,03	6,99
660	1,02	-1,67	-1,33	-0,84	-0,15	0,76	1,90	3,17	4,97	6,87
720	1,00	-1,68	-1,34	-0,84	-0,15	0,76	1,90	3,15	4,93	6,79
780	1,17	-1,58	-1,29	-0,83	-0,18	0,74	1,94	3,31	5,34	7,54
840	1,76	-1,29	-1,11	-0,79	-0,25	0,65	2,03	3,84	6,96	10,79
900	1,79	-1,27	-1,10	-0,79	-0,25	0,64	2,03	3,87	7,06	11,01
960	1,89	-1,24	-1,07	-0,78	-0,26	0,62	2,04	3,97	7,37	11,72
1020	2,23	-1,10	-0,98	-0,75	-0,29	0,56	2,07	4,30	8,65	14,56

Kot je razvidno, je potrebno za pridobitev frekvenčnega faktorja K_h za 5% verjetnost, iz preglednice 8 v ustreznem stolpcu odčitati vrednosti glede na $C_{s(\text{prir.})}$, ter s pomočjo linearne interpolacije izračunati točen K_h , ki ustreza vrednosti $C_{s(\text{prir.})}$ v zgornjem primeru 1,381.

Sketelj (1954) navaja, da je običajno dejansko število podatkov v opazovalnem obdobju večje od računskega, saj lahko pride do pomanjkanja rezultatov za celotno opazovano časovno enoto, kar utegne biti posledica padavin v obliki snega, okvare merilnega instrumenta ali pa odsotnost padavin v celotnem mesecu, zato se dobljeni odstotek spremeni oz. zvede v razmerju dejanskega števila podatkov in računskega števila, ter tako vrednostim q'_{max} priredimo spremenjene verjetnosti. V obravnavanem primeru med seboj primerjamo različne postaje z različno dolgimi intervali beleženja padavinskih podatkov ter različno dolgimi intervali nedelovanja instrumenta in pojava snežnih padavin. Tak postopek bi nekaterim postajam verjetnosti spremenil mnogo bolj kot drugim, zato verjetnosti niso bile zvedene v razmerju dejanskega in računskega števila podatkov.

V določenih primerih iz Hazenove preglednice 8 ni možno pridobiti frekvenčnih faktorjev:

- Za določitev koeficienta asimetrije je potrebna skupina mesečnih maksimumov z vsaj tremi vrednostmi. V nekaterim primerih, predvsem za postaje z manjšim številom let beleženih podatkov pri daljših nalivih prihaja do primerov, ko so v skupini manj kot trije podatki o mesečnih maksimumih. Ker tako ni na voljo vseh potrebnih statistik, tudi vrednosti GEN ni možno iz vrednotiti.
- Za višje vrednosti koeficienta asimetrije in nižje pogostosti Hazenova preglednica 8 ne beleži koeficientov K_h . Tudi v tem primeru vrednosti GEN ni mogoče iz vrednotiti. Kadar se je to za neko povratno dobo zgodilo za le eno trajanje naliva, je bila manjkajoča vrednost določena kot aritmetična sredina sosednjih vrednosti, kar na končno izravnano krivuljo ni imelo opaznega vpliva. Kadar pa za neko povratno dobo ni bilo mogoče določiti več zaporednih koeficientov K_h , pa smo pri postopku izravnave sicer upoštevali vse vrednosti, krivuljo pa izrisali do prvega trajanja z manjkajočim podatkom o intenziteti naliva.

Za večino postaj izračunane vrednosti GEN za daljša trajanja izkazujejo višje vrednosti kot za nalive krajšega trajanja. Na vrednosti nizov GEN močno vpliva izračunana povprečna intenziteta mesečnih maksimumov za izbrano lokacijo in trajanje. Težava se pojavlja le pri nalivih s trajanjem daljšim od 540 min, kjer aritmetična sredina mesečnih maksimumov za nalive trajanja npr. 720 min izkazuje višjo vrednost, kot pa aritmetična sredina za nalive s trajanjem 660 min. Ker smo pri beleženju nalivov, kot neprekinjen padavinski dogodek upoštevali tudi padavine, ki so bile enkrat ali večkrat prekinjene za 5 minut, je to pri določenih daljših nalivih povzročilo, da se je v zbirko mesečnih maksimumov uvrstilo tudi precej nalivov z izredno nizko intenziteto. Pri nalivih krajših trajanj se take vrednosti namreč "niso uvrstile" med mesečne maksimume, prav tako pa je relativen delež izredno majhnih vrednosti mnogo manjši, kot pri padavinah daljšega trajanja, kjer izredno majhne vrednosti predstavljajo velik delež analiziranih podatkov in tako močno vplivajo na izračunano srednjo vrednost.

Kljub temu pa se pri določenih dolžinah nalivov delež podatkov z izredno majhnimi vrednostimi zopet zniža, kar posledično zviša povprečno vrednost podatkov oz. mesečnih maksimumov. V naravi bi to pomenilo, da se veliko število nalivov z manjšo intenziteto prekine med 660. in 720. minuto trajanja. Tako so v nekaterih primerih neizravnane vrednosti krivulj GEN za nalive daljših trajanj namesto počasnega upadanja izkazovale počasno naraščanje intenzitete.

Preglednica 10: Mesečni maksimumi za nalive trajanja 660 minut in 720 minut za Postojno

660min Aritmetična sredina 1,14						720min Aritmetična sredina 1,16			
zap. št.	q'max	zap. št.	q'max	zap. št.	q'max	zap. št.	q'max	zap. št.	q'max
1	2,51	23	1,23	45	0,83	1	2,35	23	1,11
2	2,29	24	1,22	46	0,83	2	2,17	24	1,05
3	2,27	25	1,17	47	0,83	3	2,11	25	0,98
4	2,23	26	1,17	48	0,82	4	2,10	26	0,97
5	2,02	27	1,16	49	0,81	5	1,94	27	0,94
6	2,02	28	1,16	50	0,79	6	1,89	28	0,90
7	1,99	29	1,15	51	0,78	7	1,80	29	0,88
8	1,89	30	1,12	52	0,77	8	1,53	30	0,85
9	1,67	31	1,10	53	0,75	9	1,48	31	0,84
10	1,60	32	1,04	54	0,71	10	1,42	32	0,82
11	1,57	33	1,02	55	0,69	11	1,39	33	0,81
12	1,54	34	1,01	56	0,66	12	1,37	34	0,80
13	1,54	35	0,98	57	0,62	13	1,28	35	0,80
14	1,46	36	0,97	58	0,56	14	1,28	36	0,78
15	1,46	37	0,97	59	0,53	15	1,23	37	0,77
16	1,42	38	0,94	60	0,52	16	1,23	38	0,74
17	1,41	39	0,92	61	0,50	17	1,20	39	0,71
18	1,30	40	0,89	62	0,48	18	1,19	40	0,66
19	1,27	41	0,88	63	0,42	19	1,18	41	0,63
20	1,26	42	0,88	64	0,38	20	1,14	42	0,49
21	1,24	43	0,86			21	1,13	43	0,47
22	1,23	44	0,83			22	1,12	44	0,41

Iz preglednice 10 je za padavinske dogodke trajanja 660 minut razvidno veliko število nalivov z majhno intenziteto, kar pomeni manjšo aritmetično sredino, ter posledično manjše intenzitete nalivov trajanja 660 minut, v primerjavi z nalivi 720 minut. Ker je izravnalna potenčna krivulja padajoča, tega ni opaziti na izrisanih krivuljah GEN, hkrati pa je bil vpliv te anomalije na enačbo izravnalne krivulje zanemarljiv,

saj so razlike med intenzitetami daljših nalivov glede na visoke intenzitete krajših nalivov izredno majhne.

4.3 Izravnavna krivulj GEN

Rezultat vrednotenja padavinskih podatkov po metodi verjetnostne teorije so neizenačene vrednosti jakosti odtokov in predstavljajo niz gospodarsko enakovrednih nalivov GEN oz. krivulje ITP. Ker krivulja neizenačenih vrednosti predstavlja lomljeno premico, je potrebno vrednosti gospodarsko enakovrednih nalivov izenačiti, kar izvedemo z metodo najmanjših kvadratov. Krivulje so izravnane s potenčno enačbo, z zapisom $i = a * t^b$, kjer i predstavlja intenziteto naliva, t čas trajanja naliva, a in b pa parametra (preglednica 11). Postopek smo izvedli v okolju MS Excel, ki vsebuje implementirano izravnavo s potenčno krivuljo po metodi najmanjših kvadratov. Rejc (1998) opravi izravnavo z modelom, ki ne izravna vseh vrednosti z eno enačbo, ampak z različnimi enačbami za različne intervale, saj je tako doseženo višje prileganje, za spremembo enačbe pa uporabi odseke med značilnimi lomi krivulje neizravnanih vrednosti.

Ker se odseki med lomi med krivuljami za različne postaje razlikujejo, bi z uporabo enakih izravnalnih odsekov za vse meteorološke postaje v nekaterih primerih dobili izrazito lomljene izravnane krivulje GEN. Tako smo se odločili za izravnavo z eno potečno krivuljo za vsa trajanja nalivov. Posledica enodelne krivulje so bile izrazito visoke vrednosti izravnalne krivulje za nalive trajanj 5, 10 in 15 minut, ki so vrnilo odtoke, ki so bili od neizravnanih vrednosti večji do te mere, da bi rezultate močno popačili (preglednica 12). Bolj kot se potenčna krivulja približuje ordinanti osi, večji je odklon od neizravnanih vrednosti. Tako za nalive trajanj 5, 10 in 15 minut niso bile upoštevane izravnane, ampak neizravnane vrednosti (sliki 16 in 17).

Preglednica 11: Parametra a in b za potenčno enačbo za nize GEN za Podkraj

a	274,3	436,5	520,4	666,4	786	907,6	989,3	1116	1451	1695	2086	2168	2598
b	-0,47	-0,51	-0,52	-0,54	-0,55	-0,55	-0,56	-0,56	-0,57	-0,57	-0,57	-0,57	-0,58

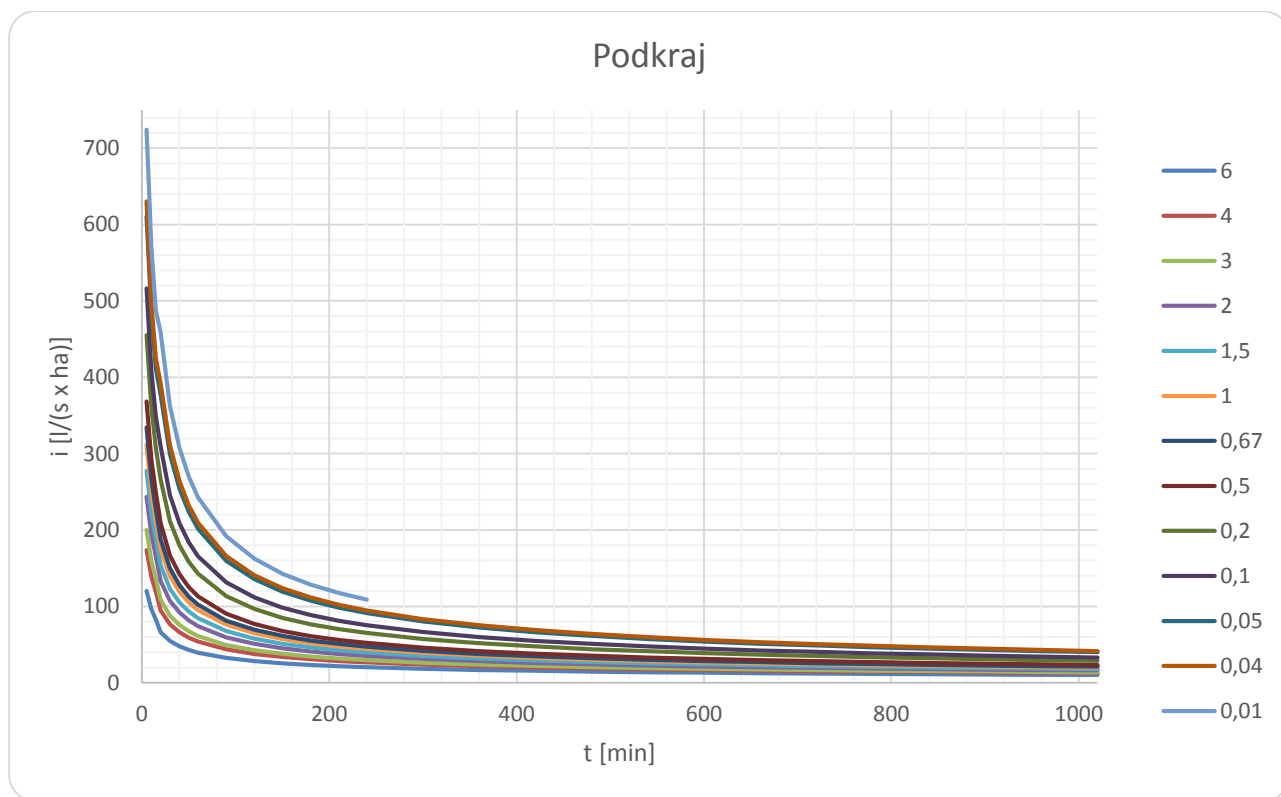
Preglednica 12: Primerjava izravnanih in neizravnanih vrednosti 5, 10 in 15 minutnih nalivov za postajo Obala

n	Izravnane [l/s ha]			Neizravnane [l/s ha]			Razmerje		
	5min	10min	15min	5min	10min	15min	5min	10min	15min
6	121,5	82,3	65,5	112,1	91,8	76,7	1,1	0,9	0,9
4	205,8	133,7	103,9	175,1	140,6	118,0	1,2	1,0	0,9
3	249,1	159,8	123,2	206,4	164,9	138,5	1,2	1,0	0,9

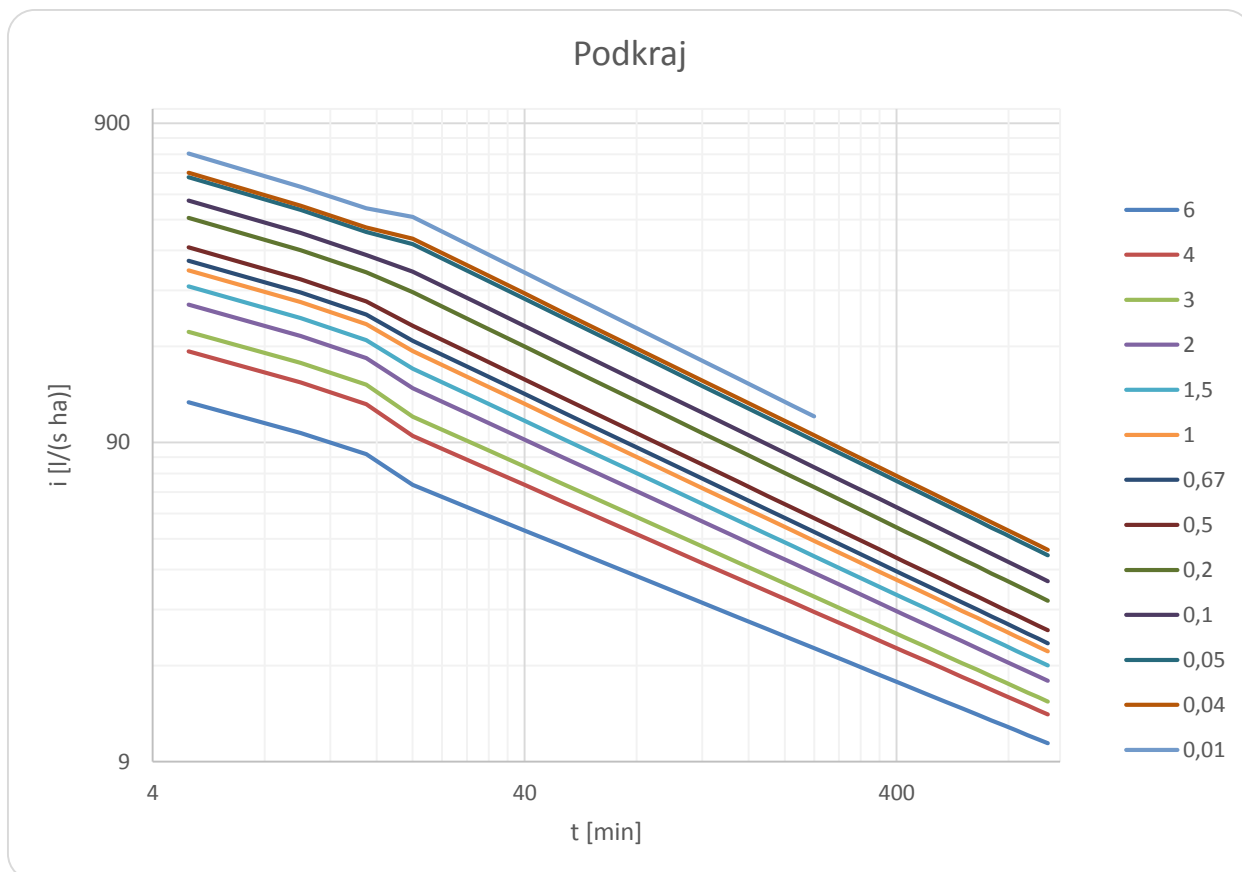
se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 12

2	331,3	210,0	160,8	264,6	208,0	175,1	1,3	1,0	0,9
1,5	402,2	253,7	193,7	313,7	243,4	205,3	1,3	1,0	0,9
1	473,3	297,1	226,2	362,8	279,0	235,5	1,3	1,1	1,0
0,67	521,8	326,9	248,6	395,6	302,7	255,7	1,3	1,1	1,0
0,5	601,4	377,7	287,8	451,5	340,7	288,1	1,3	1,1	1,0
0,2	816,4	514,6	392,8	598,5	440,0	372,8	1,4	1,2	1,1
0,1	1053,1	641,6	480,1	713,1	514,5	436,5	1,5	1,3	1,1
0,05	1392,6	840,2	625,2	902,3	635,3	539,8	1,5	1,3	1,2
0,04	1464,6	882,4	656,1	941,3	660,1	561,1	1,6	1,3	1,2
0,01	1754,0	1015,1	737,2	1141,3	784,3	667,5	1,5	1,3	1,1



Slika 16: Nizi GEN za Podkraj



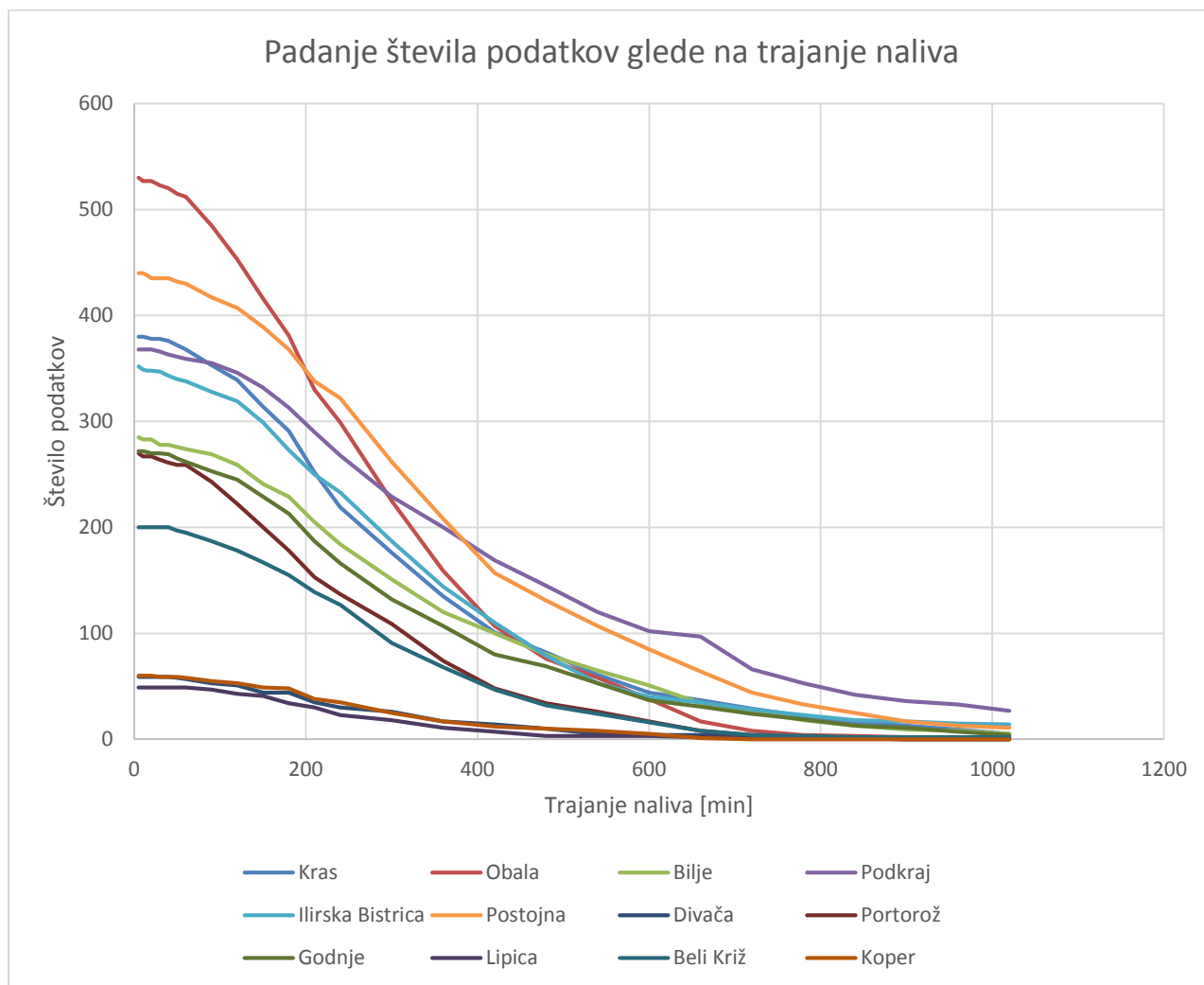
Slika 17: Nizi GEN za Podkraj v dvojnem logaritemskem merilu

5 ANALIZA REZULTATOV

V nadaljevanju smo preverili medsebojno povezavo nekaterih statistik ter poskušali ovrednotiti vplive na kakovost izrisanih krivulj.

5.1 Vpliv števila podatkov na koeficienta asimetrije in variacije

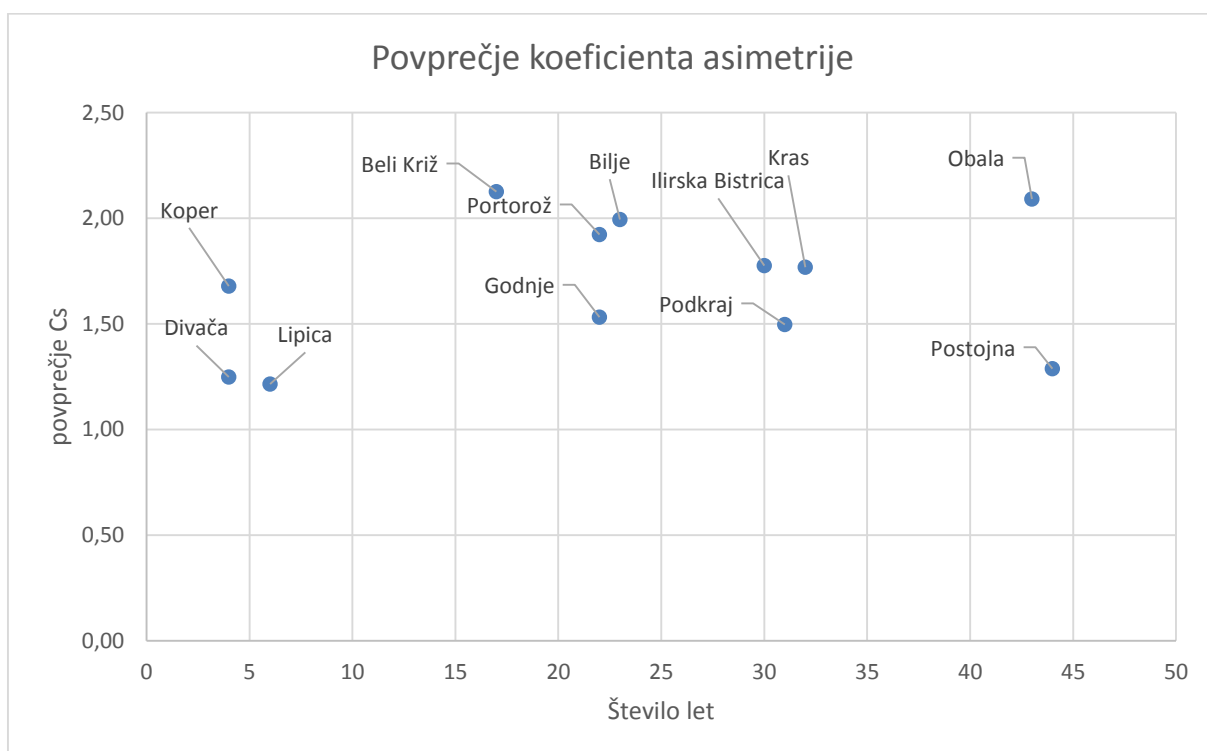
Število podatkov je odvisno od dolžine beleženja padavinskih podatkov ter od trajanja naliva, ki ga obravnavamo. Ugotovili smo, da je za krajše nalive na voljo več podatkov o mesečnih maksimumih, kot za daljše (slika 18). Hazen (1930) je poudaril, da z zmanjševanjem števila podatkov, pada tudi koeficient asimetrije C_s . V našem primeru ta povezava ni tako očitna (preglednica 13 in slika 19).



Slika 18: Število mesečnih maksimumov v odvisnosti od dolžine naliva

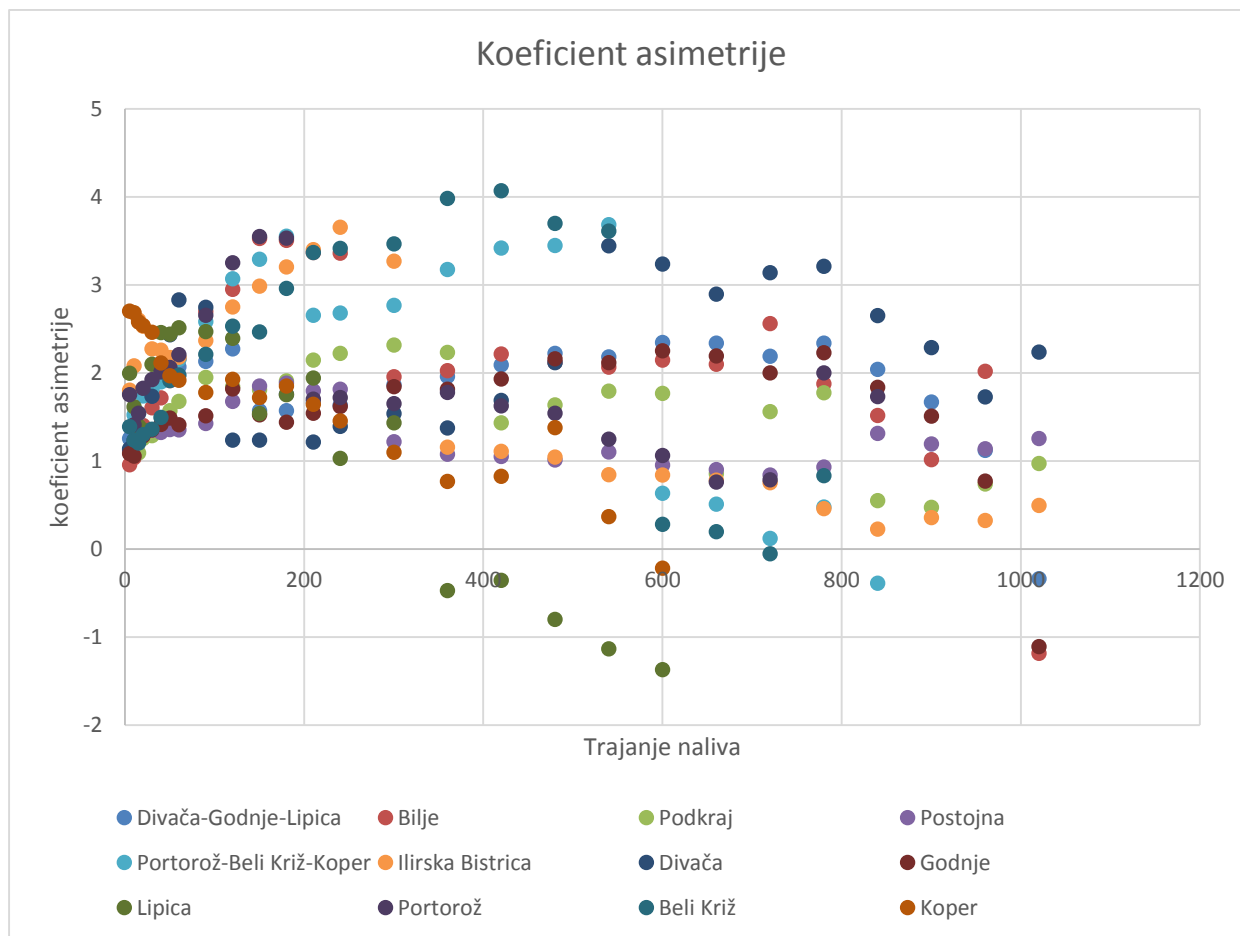
Preglednica 13: Odvisnost koeficienta asimetrije od dolžine opazovanih nizov

Postaja	Št. opazovanih let	Koeficient asimetrije
Divača	4	1,25
Koper	4	1,68
Lipica	6	1,22
Beli križ	17	2,13
Godnje	22	1,53
Portorož	22	1,92
Bilje	23	1,99
Ilirska Bistrica	30	1,78
Podkraj	31	1,5
Kras	32	1,77
Obala	43	2,09
Postojna	44	1,29



Slika 19: Povprečje koeficienta asimetrije v odvisnosti od števila opazovanih let

Srednje vrednosti koeficientov asimetrije ne izkazujejo močne povezanosti s številom let beleženja padavin. Za nalive krajšega trajanja vrednosti koeficienta asimetrije manj variirajo med različnimi postajami kot za nalive daljših trajanj (slika 20). Vzrok je predvsem višje število podatkov o mesečnih maksimumih za nalive krajših trajanj.

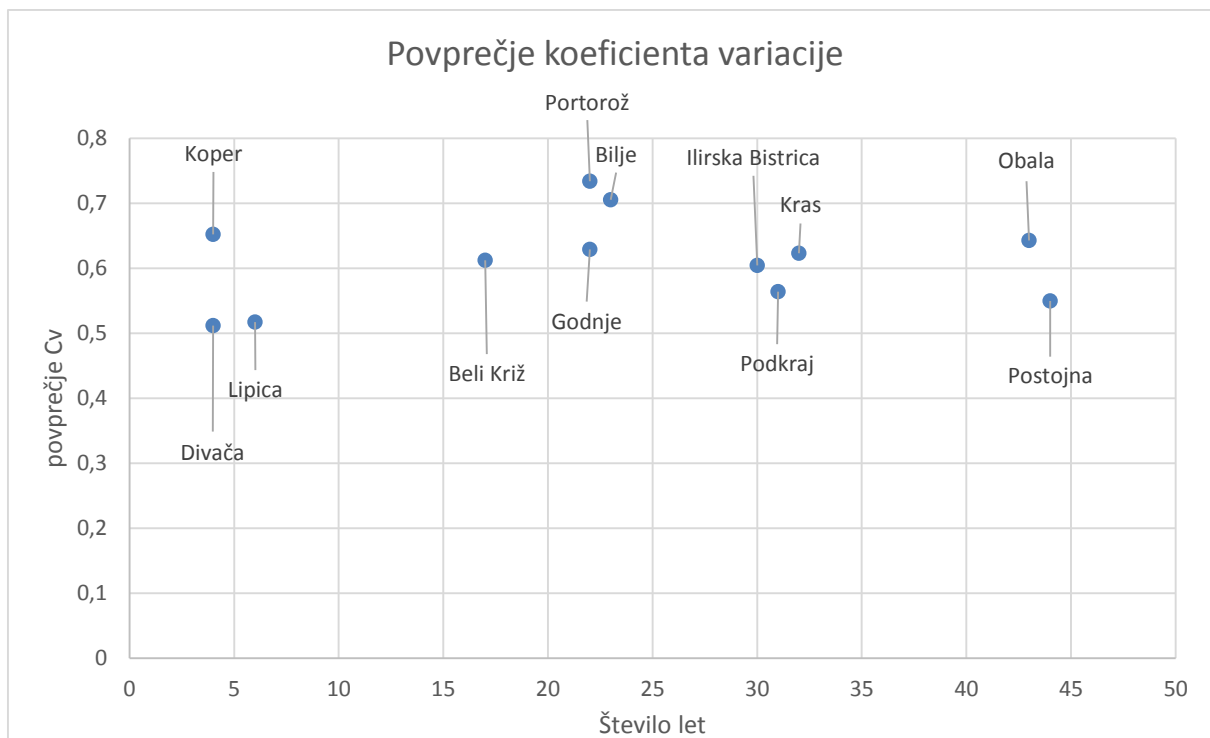


Slika 20: Povezanost trajanja naliva in koeficienta asimetrije

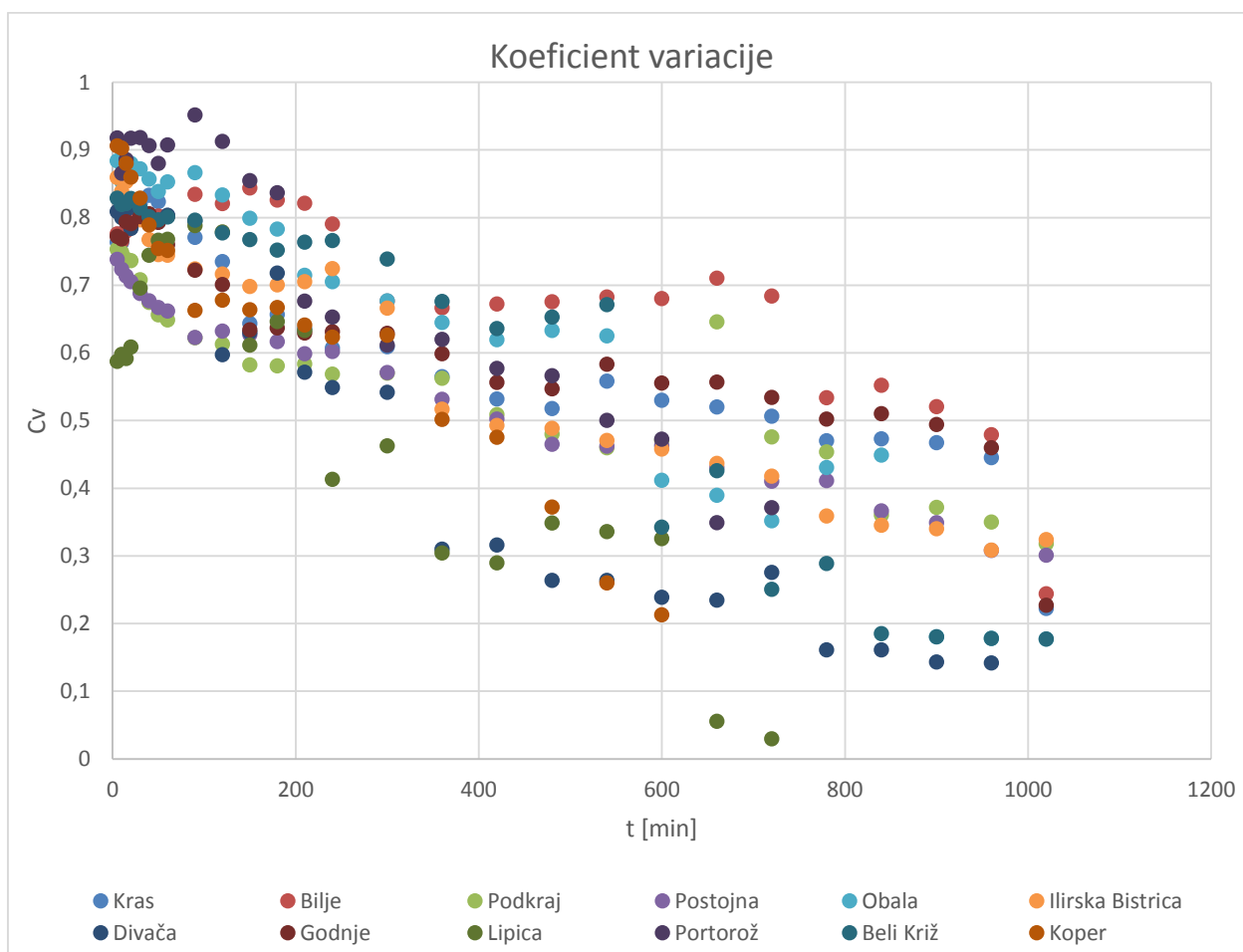
Povprečen koeficient variacije se giblje med 0,5 in 0,8 (preglednica 12 in slika 21) ter ne izkazuje povezanosti z dolžino opazovanega obdobja, je pa vidna povezava med koeficientom variacije in dolžino naliva (slika 22).

Preglednica 14: Koeficient variacije

Postaja	št. let	Koef. Variacije
Kras	32	0,62
Bilje	23	0,71
Podkraj	31	0,56
Postojna	44	0,55
Obala	43	0,64
Ilirska Bistrica	30	0,60
Divača	4	0,51
Godnje	22	0,63
Lipica	6	0,52
Portorož	22	0,73
Beli Križ	17	0,61
Koper	4	0,65



Slika 21: Povprečen koeficient variacije v odvisnosti od števila opazovanih let



Slika 22: Koeficient variacije v odvisnosti od trajanja naliva

Glede na rezultate ne moremo trditi, da sta vrednost koeficienta variacije in dolžina opazovanega obdobja povezana (slika 24). Vidna pa je povezava med koeficientom variacije in trajanjem naliva. Iz slik 23 in 25 je razvidno, da se koeficienti asimetrije in variacije med različnimi skupinami mnogo manj razlikujejo pri krajših trajanjih naliva.

5.2 Vplji združevanja podatkov na ujemanje teoretične in empirične porazdelitve

S testom Hi-kvadrat smo za trajanja nalivov med 5 in 960 minut primerjali do 9 parov vrednosti q'_{max}/q'_p , za verjetnosti 99, 95, 80, 50, 20, 5, 1, 0,1 in 0,01. Vrednosti teoretične porazdelitve smo za izbrane verjetnosti pridobili iz ranžirne vrste mesečnih maksimumov, kjer je bila za vsa trajanja nalivov, vsaki intenziteti določena verjetnost glede na položaj v ranžirni vrsti po Hazenovi enačbi (14). Vrednosti empirične porazdelitve so bile pridobljene s pomočje Hazenovih frekvenčnih faktorjev, kjer smo vrednost q'_{max}/q'_p dobili po enačbi (50) $\frac{x}{\bar{x}} = \frac{q_{max}}{q_p} = 1 + Cv * Kh$.

V preglednici 15 so z rdečo barvo označeni rezultati pod vrednostjo $\alpha=0,95$, kar pomeni da pri teh trajanjih ne moremo z vsaj 95% gotovostjo trditi, da se rezultati teoretične in empirične porazdelitve statistično značilno ujemajo. Test je ujemanje pod želeno mejo vrnil za 25 primerov od 274, oz. za 9,1 % vseh preverjenih vrednosti. Nalivi doložine 1020 minut v test niso bili vključeni, saj za 9 od 12 postaj zaradi negativnega koeficienta asimetirje pri empirični porazdelitvi ni bilo možno pridobiti frekvenčnih faktorjev.

Preglednica 15: Stopnje zaupanja za test Hi-kvadrat

t [min]	Kras	Obala	Bilje	Podkraj	I. Bistrica	Postojna	Divača	Portorož	Godnje	Lipica	B. Križ	Koper
5	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	0,99
10	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
15	1,00	0,90	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98
20	1,00	0,98	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
30	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	0,98
40	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99
50	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00
60	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99
90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00	0,97	0,99	1,00
120	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	0,99	0,99	1,00
150	1,00	0,95	0,84	1,00	0,97	1,00	0,99	0,52	1,00	0,99	0,99	1,00
180	1,00	0,94	0,83	1,00	0,94	1,00	1,00	0,50	1,00	0,98	0,99	1,00
210	1,00	1,00	0,95	1,00	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,97	1,00
240	1,00	1,00	0,96	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00
300	1,00	0,99	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97	1,00

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 15

360	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,98	0,98
420	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,96	0,97
480	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	1,00	1,00	0,97	0,94
540	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	1,00	1,00	0,98	
600	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	0,94	
660	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00		0,84	0,99	0,59	
720	0,99	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00		0,85	1,00		
780	1,00	0,85	0,99	1,00	1,00	1,00			1,00		
840	1,00		0,99	1,00	1,00	1,00			1,00		
900	1,00		0,83	1,00	1,00	1,00			1,00		
960	0,94		0,93	1,00	1,00	1,00			0,84		

V določenih primerih podatkov o ujemanju porazdelitev ni bilo mogoče pridobiti in sicer kadar so bile vrednosti empiričnih faktorjev in posledično vrednosti q'_{max}/q'_p empirične porazdelitve negativne, ter tako niso bile primerne za obdelavo s testom Hi-kvadrat. Do takih anomalij je prišlo le pri 99% verjetnosti v Hazenovi preglednici 8. Za krivulje GEN se za preračun v letne verjetnosti uporabijo le verjetnosti do 50%, kar pomeni da negativne vrednosti empiričnih faktorjev ne vplivajo na izris krivulj. Ob majhnem številu mesečnih maksimumov v primeru zelo kratkega obdobja beleženja padavinskih podatkov, verjetnosti teoretične porazdelitve za najmanjše in najvišje vrednosti q'_{max}/q'_p ne dosežajo robnih verjetnosti empirične porazdelitve, kot so 99, 95 ter 0,1 in 0,01. V določenih primerih s postopkom interpolacije iz Hazenove preglednice 8 ni mogoče pridobiti vrednosti K_h . To se zgodi kadar:

- kombinaciji koeficienta asimetrije in iskane verjetnosti ne pripada noben K_h ,
- je koeficient asimetrije negativen, ali pa
- so za določeno dolžino naliva na voljo manj kot trije podatki o mesečnih maksimumih, kar onemogoči izračun koeficienta asimetrije in posledično frekvenčnega faktorja K_h .

Med seboj smo primerjali rezultate statističnih testov, s katerimi smo preverili povezanost združevanja podatkov in kasnejše ujemanje teoretične in empirične porazdelitve. V kolikor bi se zavrnitve ničelnih domnev obeh testov za določeno trajanje naliva ujemale, bi lahko govorili o vplivu statističnih razlik med združenimi skupinami mesečnih maksimumov na ujemanje empirične in teoretične porazdelitve.

Preglednica 16: Primerjava rezultatov statističnih testov za postajo Obala

t [min]	Obala			
	Levene	ANOVA	Welch	χ^2
5	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,96
10	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,97
15	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,90
20	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,98

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 16

30	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,98
40	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,98
50	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,99
60	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,96
90	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
120	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,99
150	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,95
180	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,94
210	ANOVA	H0 zavrnamo		1,00
240	ANOVA	H0 zavrnamo		1,00
300	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,99
360	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,96
420	Welch		H0 ne zavrnamo	0,98
480	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,98
540	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,97
600	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
660	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
720	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,92
780	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,85
840	ANOVA	H0 ne zavrnamo		
900	ANOVA	H0 ne zavrnamo		
960	ANOVA	H0 ne zavrnamo		
1020	ANOVA	H0 ne zavrnamo		

Preglednica 17: Primerjava rezultatov statističnih testov za postajo Kras

t [min]	Kras			
	Levene	ANOVA	Welch	χ^2
5	ANOVA	H0 zavrnamo		1,00
10	ANOVA	H0 zavrnamo		1,00
15	ANOVA	H0 zavrnamo		1,00
20	ANOVA	H0 zavrnamo		1,00
30	welch		H0 zavrnamo	1,00
40	welch		H0 zavrnamo	1,00
50	welch		H0 zavrnamo	1,00
60	welch		H0 zavrnamo	1,00
90	welch		H0 zavrnamo	1,00
120	welch		H0 zavrnamo	1,00
150	ANOVA	H0 zavrnamo		1,00
180	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
210	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
240	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
300	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
360	welch		H0 zavrnamo	1,00

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 17

420	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
480	welch		H0 zavrnamo	1,00
540	welch		H0 zavrnamo	1,00
600	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
660	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,99
720	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,99
780	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
840	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
900	ANOVA	H0 ne zavrnamo		1,00
960	ANOVA	H0 ne zavrnamo		0,94
1020	ANOVA	H0 ne zavrnamo		

Iz preglednic je razvidno, da rezultati ujemanja empirične in teoretične porazdelitve, ter rezultati statističnih testov, kjer smo preverili ustreznost podatkov za združevanje v eno populacijo ne izkazujejo povezanosti. Opaziti pa je občutno razliko med obema skupinama postaj. Medtem ko je bila v primeru združevanja podatkov za Obalo, s testi ugotovljena statistična razlika v dveh primerih (preglednica 16), je bila statistična razlika med podatki kraških ombrografskih postaj ugotovljena v 14 primerih (preglednica 17). Vzroke za to gre iskati v večji medsebojni oddaljenosti kraških postaj ter v trajanju meritev. Za dve od treh postaj, Divačo in Lipico, so bile meritve beležene le 4 in 6 let, za Godnje pa 22 let, medtem ko so bili podatki za obalne postaje beleženi 22, 17 in 4 leta.

5.3 Vpliv združevanja podatkov na vrednosti statistik

Za trajanja nalivov, kjer sta ANOVA in test Welch vrnila negativne rezultate smo preverili vrednosti statistik za skupine združenih podatkov. Eno skupino predstavljajo združeni mesečni maksimumi za določeno trajanje naliva (npr. 15 min). Z rdečo barvo so obarvane vrednosti statistik za tista trajanja nalivov, kjer sta ANOVA in test Welch izkazala nehomogenost podatkov (preglednici 18 in 19).

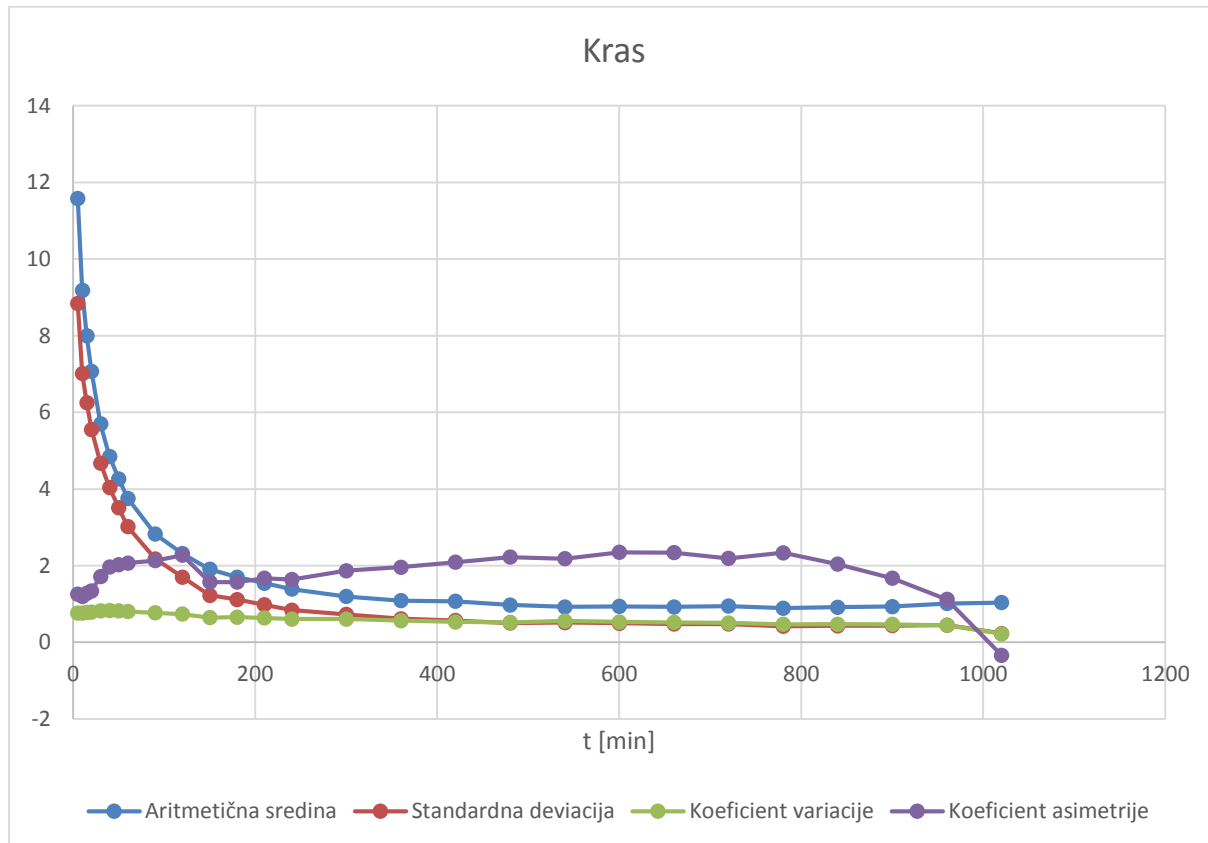
Preglednica 18: Osnovne statistike za Kras

t[min]	Kras			
	Aritmetična sredina	Standardna deviacija	Koeficient variacije	Koeficient asimetrije
5	11,58	8,84	0,76	1,25
10	9,19	7,01	0,76	1,20
15	7,99	6,25	0,78	1,28
20	7,07	5,55	0,79	1,34
30	5,70	4,67	0,82	1,72
40	4,85	4,04	0,83	1,97
50	4,26	3,51	0,82	2,02

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 18

60	3,76	3,02	0,80	2,07
90	2,83	2,18	0,77	2,13
120	2,31	1,70	0,73	2,27
150	1,91	1,23	0,64	1,57
180	1,70	1,12	0,66	1,57
210	1,54	0,98	0,64	1,67
240	1,39	0,84	0,61	1,64
300	1,20	0,73	0,61	1,87
360	1,09	0,61	0,56	1,96
420	1,07	0,57	0,53	2,09
480	0,97	0,50	0,52	2,22
540	0,92	0,51	0,56	2,18
600	0,94	0,50	0,53	2,35
660	0,92	0,48	0,52	2,34
720	0,94	0,48	0,51	2,19
780	0,89	0,42	0,47	2,34
840	0,91	0,43	0,47	2,04
900	0,93	0,44	0,47	1,67
960	1,01	0,45	0,44	1,12
1020	1,04	0,23	0,22	-0,34

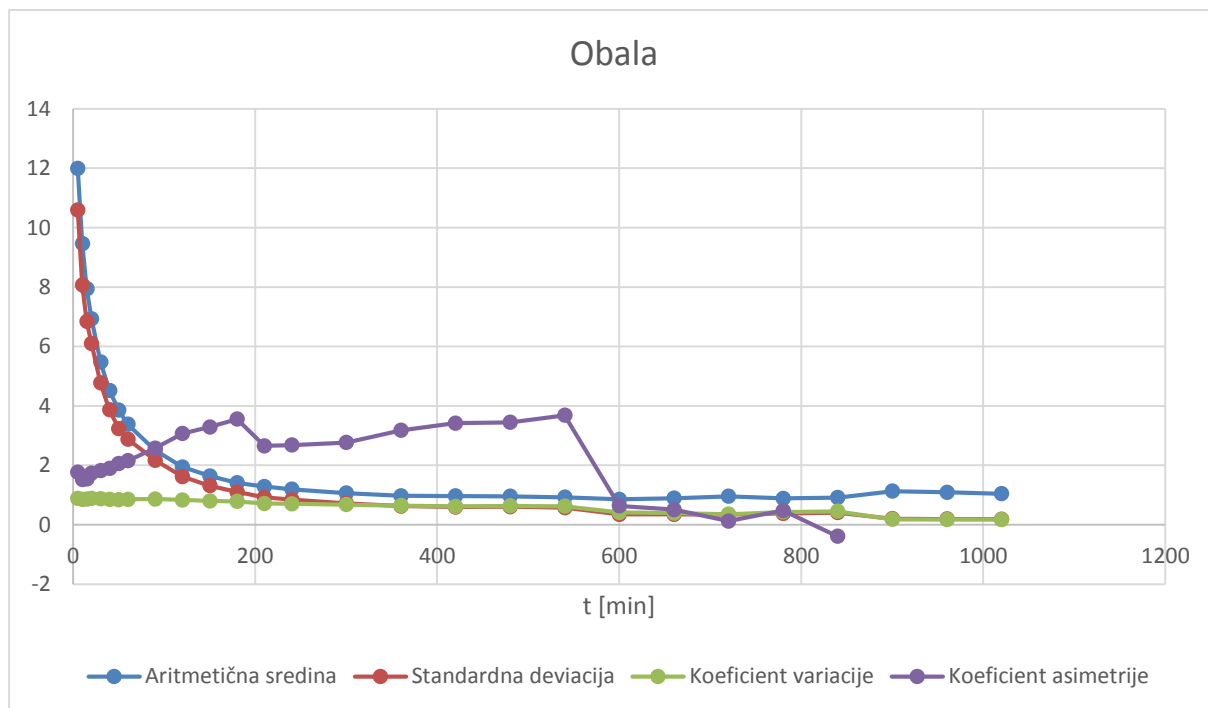


Slika 23: Osnovne statistike v odvisnosti od trajanja naliva za Kras

Iz preglednice 18 in slike 23 ni razvidne povezave med nehomogenostjo podatkov ter statistikami. Vrednosti koeficienta variacije in asimetrije ne izkazuje povezanosti z rezultati analize variance in testa Welch.

Preglednica 19: Osnovne statistike za Obalo

t[min]	Obala			
	Aritmetična sredina	Standardna deviacija	Koeficient variacije	Koeficient asimetrije
5	11,99	10,60	0,88	1,77
10	9,47	8,07	0,85	1,52
15	7,94	6,84	0,86	1,54
20	6,93	6,10	0,88	1,74
30	5,47	4,77	0,87	1,82
40	4,51	3,87	0,86	1,90
50	3,86	3,24	0,84	2,06
60	3,38	2,88	0,85	2,15
90	2,51	2,17	0,87	2,58
120	1,94	1,62	0,83	3,07
150	1,64	1,31	0,80	3,29
180	1,41	1,11	0,78	3,55
210	1,29	0,92	0,71	2,65
240	1,19	0,84	0,71	2,68
300	1,06	0,72	0,68	2,77
360	0,98	0,63	0,64	3,18
420	0,97	0,60	0,62	3,42
480	0,96	0,61	0,63	3,45
540	0,92	0,58	0,62	3,68
600	0,85	0,35	0,41	0,63
660	0,89	0,35	0,39	0,51
720	0,96	0,34	0,35	0,12
780	0,89	0,38	0,43	0,48
840	0,91	0,41	0,45	-0,39
900	1,13	0,20	0,18	
960	1,09	0,19	0,18	
1020	1,04	0,18	0,18	



Slika 24: Osnovne statistike v odvisnosti trajanja naliva za Obalo

Tudi za Obale ni razvidne povezave med nehomogenostjo podatkov ter statistikami. Vrednosti koeficienta variacije in asimetrije ne izkazuje povezanosti z rezultati analize variance in testa Welch. Presenetljivo je, da vrednost koeficienta asimetrije za Kras poteka bolj gladko kot za Obalo (slika 24), medtem ko rezultati ANOVE in testa Welch kažejo na manjšo homogenost podatkov med združenimi kraškimi postajami.

5.4 Vpliv dolžine niza beleženja padavin na prileganje potenčne krivulje

Ujemanje modela po metodi najmanjših kvadratov in neizravnanih vrednosti smo ovrednotili s koeficientom korelacije. Kljub temu da smo v končnem izrisu krivulj za krajša trajanja nalivov upoštevali neizravnane vrednosti, koeficient korelacije označuje prileganje modela osnovnim (neizravnanim) podatkom za celotno krivuljo (preglednica 20).

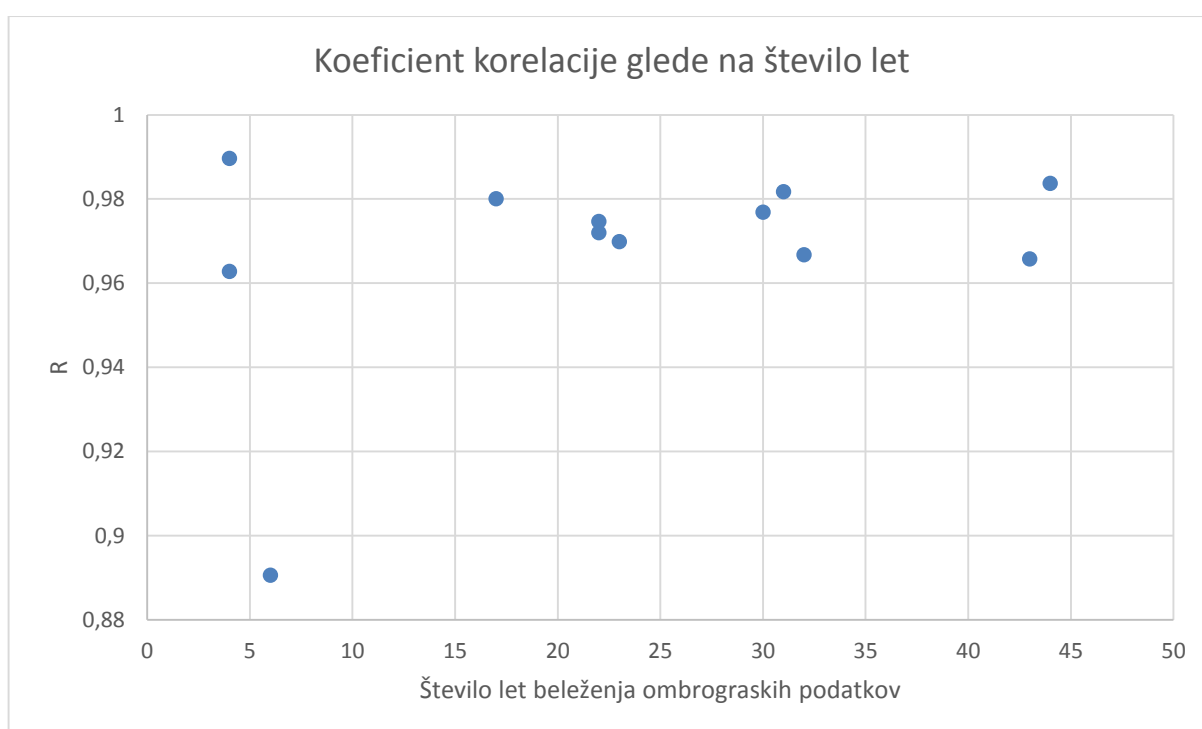
Preglednica 20: Povprečne vrednosti koeficienta korelacije za posamezne postaje ter število opazovanih let

Postaja	Št. let	R
Kras	32	0,97
Bilje	23	0,97

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 20

Podkraj	31	0,98
Postojna	44	0,98
Obala	43	0,97
Ilirska Bistrica	30	0,98
Divača	4	0,96
Godnje	22	0,97
Lipica	6	0,89
Portorož	22	0,97
Beli Križ	17	0,98
Koper	4	0,99



Slika 25: Povezava med številom opazovanih let in vrednostjo koeficienta korelacije

Iz slike 25 ni razvidne povezave med koeficientom korelacije in številom opazovanih let.

V primeru združenih postaj, so vrednosti krivulj GEN za Kras in Obalo primerljive s krivuljami posameznih postaj iz katerih so sestavljene (sliki 26 in 27). Z izjemo Lipice, vse vrednosti koeficienta korelacije presegajo 95% ujemanje z osnovnimi podatki.

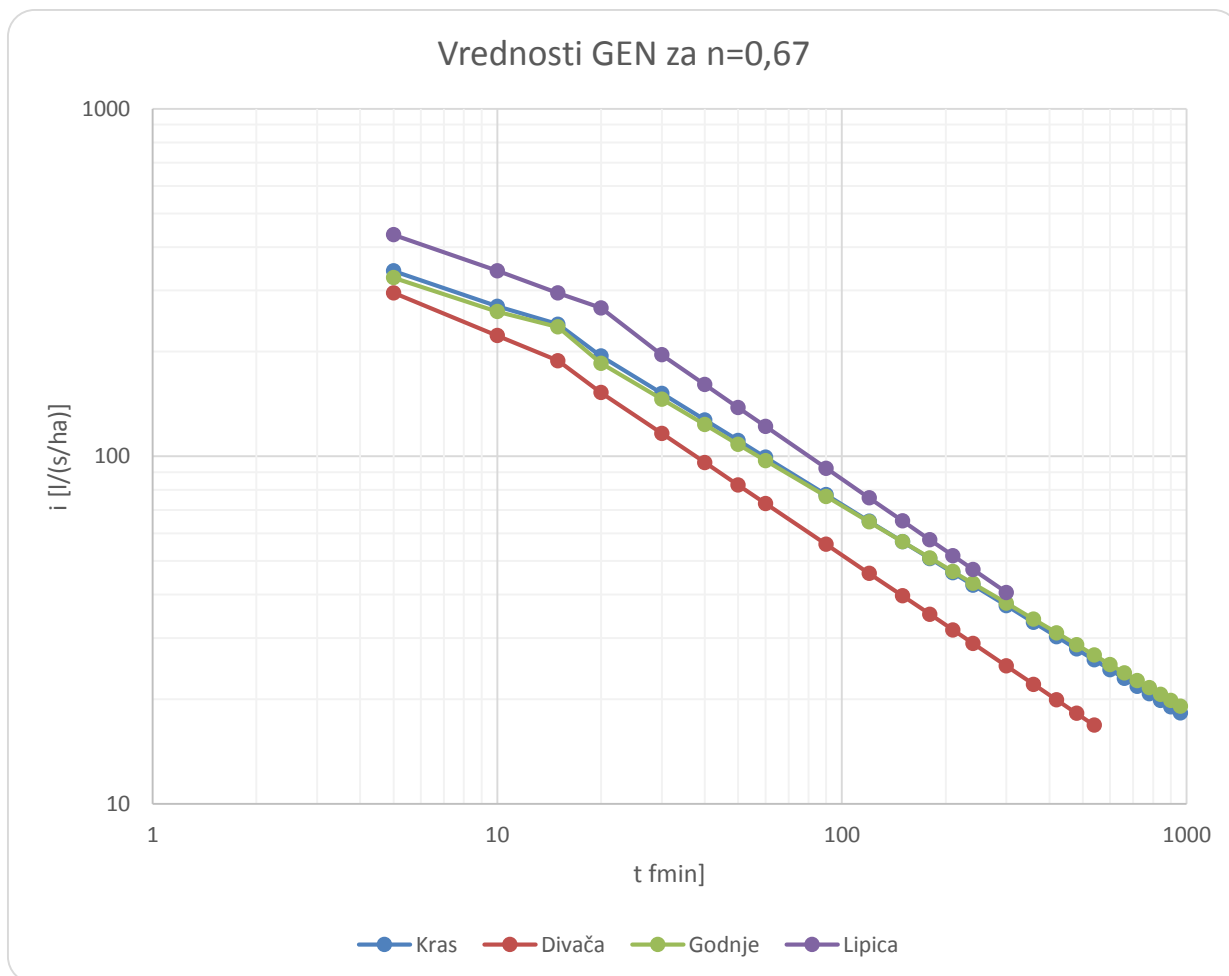
Preglednica 21: Vrednosti krivulje GEN za $n=0,67$ za postaje na območju Krasa

t [min]	intenziteta [l/(s ha)]			
	Kras	Divača	Godnje	Lipica
5	341,59	295,21	326,50	433,84
10	270,07	222,49	260,91	341,80

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 21

15	239,81	188,44	235,57	295,09
20	194,31	152,55	185,24	267,37
30	151,67	116,31	146,01	195,84
40	127,22	95,95	123,32	160,86
50	111,01	82,64	108,18	138,09
60	99,31	73,15	97,20	121,90
90	77,52	55,77	76,61	92,37
120	65,02	46,01	64,71	75,87
150	56,73	39,63	56,77	65,13
180	50,75	35,08	51,00	57,50
210	46,19	31,64	46,59	51,74
240	42,57	28,94	43,08	47,23
300	37,15	24,92	37,79	40,54
360	33,23	22,06	33,95	
420	30,24	19,90	31,02	
480	27,87	18,20	28,68	
540	25,94	16,82	26,76	
600	24,32		25,16	
660	22,95		23,79	
720	21,76		22,60	
780	20,72		21,57	
840	19,80		20,65	

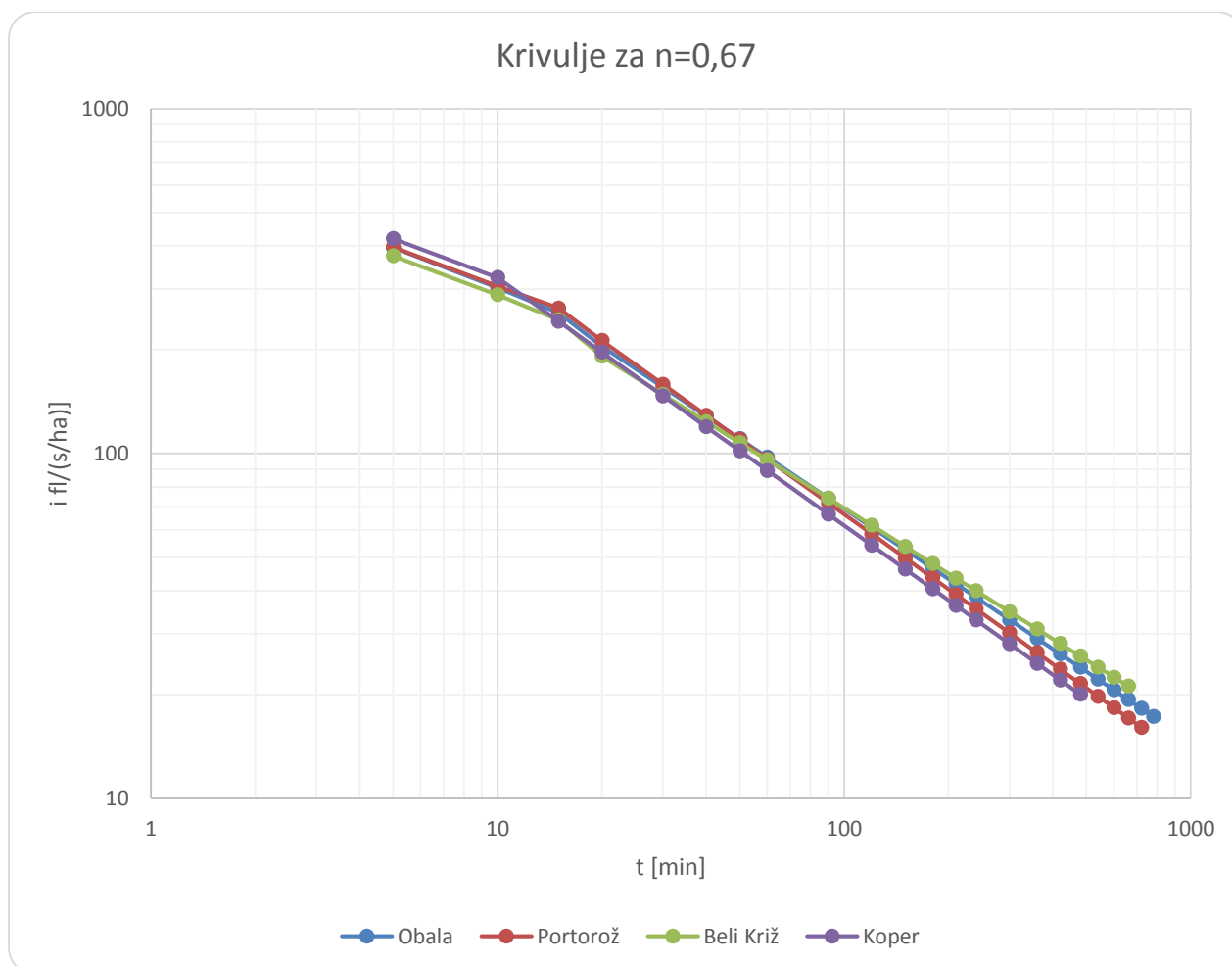
Slika 26: Krivulje GEN za $n=0,67$ za postaje na območju Krasa v dvojnem log. meriluPreglednica 22: Vrednosti krivulje GEN za $n=0,67$ za postaje na območju Obale

t [min]	intenziteta [l/(s ha)]			
	Obala	Portorož	Beli Križ	Koper
5,00	395,55	396,75	373,98	419,76
10,00	302,66	305,69	288,61	323,61
15,00	255,66	263,99	243,99	241,77
20,00	204,72	212,58	191,29	196,60
30,00	155,70	158,70	148,17	146,88
40,00	128,22	128,97	123,61	119,44
50,00	110,29	109,80	107,39	101,73
60,00	97,52	96,28	95,74	89,23
90,00	74,17	71,87	74,16	66,67
120,00	61,08	58,41	61,87	54,21
150,00	52,54	49,73	53,75	46,17
180,00	46,46	43,60	47,92	40,50
210,00	41,87	39,02	43,48	36,25
240,00	38,26	35,44	39,98	32,93

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 22

300,00	32,91	30,17	34,73	28,05
360,00	29,10	26,45	30,96	24,61
420,00	26,22	23,67	28,10	22,02
480,00	23,96	21,50	25,83	20,01
540,00	22,13	19,75	23,98	
600,00	20,61	18,30	22,44	
660,00	19,33	17,09	21,14	
720,00	18,22	16,05		
780,00	17,27			



Slika 27: Krivulje GEN za $n=0,67$ za za postaje na območju Obale v dvojnem log. merilu

Na vrednosti izrednotenih intenzitet združenih postaj pričakovano najbolj vplivajo podatki postaje, ki je v analizo prispevala največ podatkov, za kraško območje so to podatki postaje Godnje, za obalno pa postaje Portorož.

V primerjavi s povratnimi dobami nalivov po Gumbelovi metodi, ki jih je Agencija Republike Slovenije za okolje izrednotila leta 2009, so bile v nalogi praviloma dobljene višje vrednosti krivulj GEN

(preglednica 23). Geografsko je primerljivih 8 postaj, ob tem da postaja Beli Križ prav tako leži v Portorožu. Potrebno je upoštevati, da v večini primerov ne gre za rezultate, dobljene na podlagi podatkov za identično časovno obdobje. Goranc (2012) je sicer ugotovila, da padavinski podatki za obdobje med leti 1981 in 2010 vračajo višje vrednosti intenzitet kot podatki za obdobje pred 1981, predvsem za višje povratne dobe. Če bi se tak trend nadaljeval tudi po letu 2010, bi lahko višje vrednosti pripisali istemu pojavu, za kar pa nimamo na voljo dovolj dokazov. Višje vrednosti so tudi posledica odločitve, da verjetnosti, dobljene preko Hazenove empirične porazdelitve ne zvedemo v razmerju dejanskega in teoretičnega števila podatkov, kot je to navedeno v poglavju 4.2.3.

Preglednica 23: Primerjava intenzitet za 20-minutni naliv z 10-letno povratno dobo

n=0,1; t=20min			
metoda Hazen [l/(s ha)] (2016)		metoda Gumbel [l/(s ha)] (2008)	
Bilje	379	Bilje	319
Podkraj	309	Podkraj	244
Postojna	276	Postojna	228
Ilirska Bistrica	410	Ilirska Bistrica	314
Divača	268	Divača	298
Godnje	294	Godnje	262
Portorož	396	Portorož, letališče	291
Beli Križ	302		

6 ZAKLJUČKI

Z analizo padavinskih podatkov po postopku verjetnostne teorije s Hazenovo metodo so bile v diplomski nalogi izračunane vrednosti krivulj GEN za deset meteoroloških postaj na območju obalno-kraške, primorsko-notranjske in goriške regije. Prav tako so bile vrednosti krivulj GEN po enakem postopku določene tudi za dve območji, Obalo in Kras, ki vsaka sestojita iz po treh meteoroloških postaj, kar pomeni da smo podatke o mesečnih maksimumih združili ter jih obravnavali kot eno postajo. Z namemon, da ugotovimo vpliv združevanja podatkov na končne krivulje GEN, so bili rezultati ter parametri analize med seboj primerjani ter ovrednoteni z različnimi statističnimi testi.

Analiza variance in test Welch sta vrnila infomacijo o tem, ali naj bi združeni podatki pripadali isti populaciji – mesečnim maksimumom za določeno območje. Primerjava je pokazala, da negativni rezultati testov ANOVA in Welch niso povezani z morebitnimi anomalijami statistik, z rezultati testa Hi-kvadrat, kot tudi ne z vrednostjo koeficienta korelacije za izravnavo po metodi najmanjših kvadratov.

Kljub temu je potrebno poudariti razlike med združenimi postajami ter posameznimi postajami s primerljivim številom opazovanih let, Postojno (44), Podkrajem (31) in Ilirsko Bistrico (30). Potenčne krivulje vseh treh posamičnih postaj se bolje prilegajo neizravnanim podatkom kot krivulje Obale in Krasa, prav tako pa postaji s serijo podatkov nad 30 let, Postojna in Podkraj ne beležita nobenega primera, kjer bi test Hi-kvadrat izkazoval neujemanje teoretične in empirične porazdelitve. Potrebno je omeniti, da na končne vrednosti krivulj za združene postaje najbolj vpliva postaja, ki v novonastalo združeno skupino mesečnih maksimumov prispeva največji delež podatkov. Za nalive trajanja nad 540 minut je potrebno je omeniti tudi vpliv mesečnih maksimumov nizkih intenzitet na srednjo vrednost, kar bi močno omejili, če bi poleg kriterija mesečnih maksimumov uvedli tudi spodnjo mejo vrednotenja, ki bi iz nadaljne analize izločila nalive z nizkimi intenzitetami.

Če glede na priporočila WMO smatramo vsaj 30 letno obdobje beleženja podatkov kot zadostno, so krivulje GEN za Podkraj, Ilirsko Bistrico in Postojno lahko koristne pri projektiranju kanalizacijskega sistema za obravnavane lokacije. Glede na izsledke diplomske naloge bi podobno lahko trdili tudi za obe združeni postaji, kljub temu pa je potrebno upoštevati, da za potrebe medsebojne primerjave rezultatov, verjetnost empirične porazdelitve niso bile zvedene v razmerju dejanskega in teoretičnega števila podatkov, kar je privedlo do višjih vrednosti GEN.

VIRI

Ang, A. H-S., Tang, W.H., 1975. Probability Concepts in Engineering Planning and Design. Volume 1. Basic Principles. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. John Wiley & Sons: 409 str.

ARSO. 2009. Povratne dobe za ekstremne padavine po Gumbelovi metodi

http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_variable/precip-return-periods_2008.pdf (Pridobljeno 24. 4. 2014)

Benson, M.A. 1968. Uniform Flood-Frequency methods for Federal Agencies. Water resources research 45: 891-908

<http://www.ltrr.arizona.edu/kkh/hwrs/pdfs/Benson-1968-Uniform-FF-for-federal-agencies-WWR.pdf>
(Pridobljeno 17. 11. 2015.)

Beven, K.J. 2002. Rainfall – runoff modelling. Chichester, John Wiley & Sons: 360 str.

Bezak, N. 2012. Verjetnostna analiza visokovodnih konic z metodo vrednosti nad izbranim pragom in z metodo letnih maksimumov. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba N. Bezak): 106 str.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/3872/1/GRU3239_Bezak.pdf (Pridobljeno 28. 3. 2016.)

Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W. 1988. Applied Hydrology. Singapur, McGraw-Hill: 572 str.

<https://www.scribd.com/doc/122299665/Applied-Hydrology-By-V-T-Chow> (Pridobljeno 28. 4. 2014.)

Cohen, B. H. 2008. Explaining Psychological Statistics, 3rd Edition: 830 str.

<https://books.google.it/books?id=xWENVdl6D0YC&lpg=PA380&dq> (Pridobljeno 17. 11. 2015)

DHV Consultatnst BV & Delft Hydraulics, 2002. How to analyse rainfall data.

<http://www.scribd.com/doc/51068058/12-How-to-analyse-rainfall-data> (Pridobljeno 28. 4. 2014.)

Dolšak, D. 2015. Algoritem za analizo časovne porazdelitve padavin znotraj padavinskega dogodka. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.(samozaložba D. Dolšak): 76 str.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/3920/1/BVK006_Dol%C5%A1ak.pdf (Pridobljeno 28. 3. 2016)

Goranc, N. 2012. Izdelava in primerjava ITP krivulj z različno izbiro porazdelitev. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za radbeništvo in geodezijo (samozaložba N. Goranc): 135 str.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/3803/1/VKI_0186_Goranc.pdf (Pridobljeno 28. 4. 2014)

Hazen, A. 1930. Flood flows; a study of frequencies and magnitudes

<http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.31822012243895;view=1up;seq=7> (Pridobljeno 28. 4. 2014.)

Jereb, M. 2008. Idejne rešitve kanalizacijskega sistema in komunalne čistilne naprave za naselje Branik. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za radbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Jereb): 103 str.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/726/1/GRU_3044_Jereb.pdf (Pridobljeno 8. 4. 2014)

Mathworks. 2015.

<http://www.mathworks.com/products/matlab/?requestedDomain=www.mathworks.com> (Pridobljeno 7. 4. 2015.)

Minh Nahat L., Tachikawa Y., Takara K. 2006. Establishment of Intensity-Duration-Frequency Curves for Precipitation in the Monsoon Area of Vietnam. Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ. 49B: 93-103

https://www.researchgate.net/profile/Kaoru_Takara2/publication/267678598_Establishment_of_Intensity-Duration-Frequency_Curves_for_Precipitation_in_the_Monsoon_Area_of_Vietnam/links/549c75310cf2b8037138be99.pdf (Pridobljeno 28. 4. 2014.)

Panjan, J. 2002. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.

Panjan, J. 2003. Odvodnjavanje onesnaženih voda, Ljubljana, študijsko gradivo: 90 str.

Panjan, J., Bogataj, M., Kompare, B., 2005. Statistična analiza gospodarsko enakovrednih nalivov. Strojniški vestnik 51, 9: 600-611.

Python Software Foundation. 2015.

<https://www.python.org> (Pridobljeno 18. 1. 2015.)

Rejc, T. 1998. Analiza gospodarsko enakovrednih nalivov za Ljubljano (1965-1996). Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba T. Rejc): 135 str.

SIST EN 752:2009. Sistemi za odvod odpadne vode in kanalizacijo zunaj zgradb, 2009. Slovenski inštitut za standardizacijo.

Sketelj, J. 1954. Vrednotenje padavinskih podatkov za hidravlični preračun kanalizacijskega omrežja. Univerza v Ljubljani. Tehniška fakulteta – gradbeni oddelek. Inštitut za zdravstveno hidrotehniko. Ljubljana: 65 str.

Sketelj, J. 1972. Izvrednoteni ombrografski podatki na področju SR Slovenije. Ljubljana, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko-FAGG: 51 str.

Sketelj, J. 1984. Analiza padavinskih podatkov za ugotovitev trajanja prelivanja razbremenilnikov kanalizacij. Ljubljana. Univerza E. Kardelja v Ljubljani FAGG. VTOZD Gradbeništvo in geodezija. Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 127 str.

Turk, G. 2006. Verjetnostni račun in statistika, Ljubljana, študijsko gradivo: 224 str.

Turnšek, J. 2015. Python učilnica.

<http://student.pfmb.uni-mb.si/~jturnsek/python/uvod.html> (Pridobljeno 18. 1. 2015.)

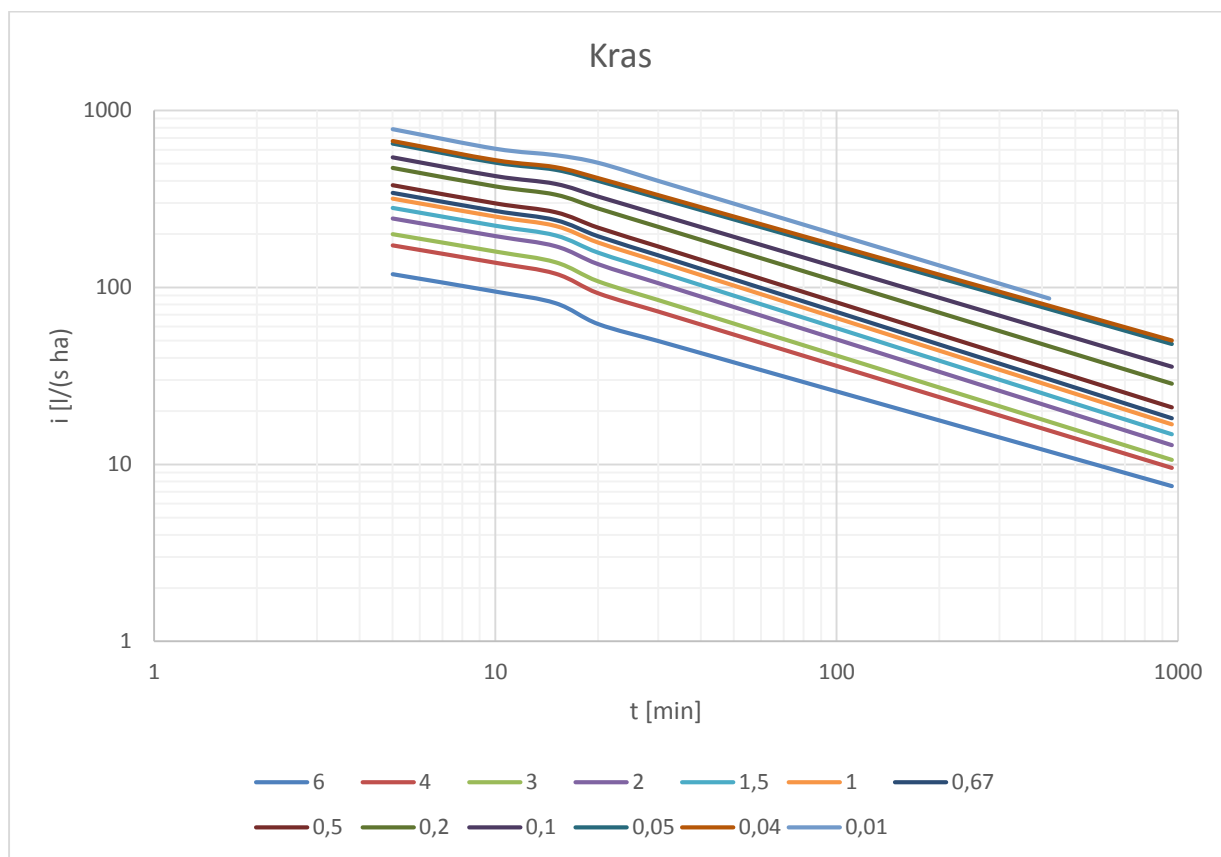
Zaiontz C. 2015. Real Statistics Using Excel. www.real-statistics.com (Pridobljeno 17. 6. 2015.)

KAZALO PRILOG

Priloga A.1: Nizi GEN za Kras	A2
Priloga A.2: Vrednosti GEN za Kras	A2
Priloga A.3: Nizi GEN za Bilje	A3
Priloga A.4: Vrednosti GEN za Bilje	A3
Priloga A.5: Nizi GEN za Podkraj	A4
Priloga A.6: Vrednosti GEN za Podkraj	A4
Priloga A.7: Nizi GEN za Postojno	A5
Priloga A.8: Vrednosti GEN za Postojno	A5
Priloga A.9: Nizi GEN za Obalo	A6
Priloga A.10: Vrednosti GEN za Obalo	A6
Priloga A.11: Nizi GEN za Ilirsko Bistrico	A7
Priloga A.12: Vrednosti GEN za Ilirsko Bistrico	A7
Priloga A.13: Nizi GEN za Divačo	A8
Priloga A.14: Vrednosti GEN za Divačo	A8
Priloga A.15: Nizi GEN za Godnje	A9
Priloga A.16: Vrednosti GEN za Godnje	A9
Priloga A.17: Nizi GEN za Lipico	A10
Priloga A.18: Nizi GEN za Lipico	A10
Priloga A.19: Nizi GEN za Portorož	A11
Priloga A.20: Vrednosti GEN za Portorož	A11
Priloga A.21: Nizi GEN za Beli Križ	A12
Priloga A.22: Vrednosti GEN za Beli Križ	A12
Priloga A.23: Nizi GEN za Koper	A13
Priloga A.24: Vrednosti GEN za Koper	A13

PRILOGA A: IZVREDNOTENI NIZI GEN ZA IZBRANE POSTAJE

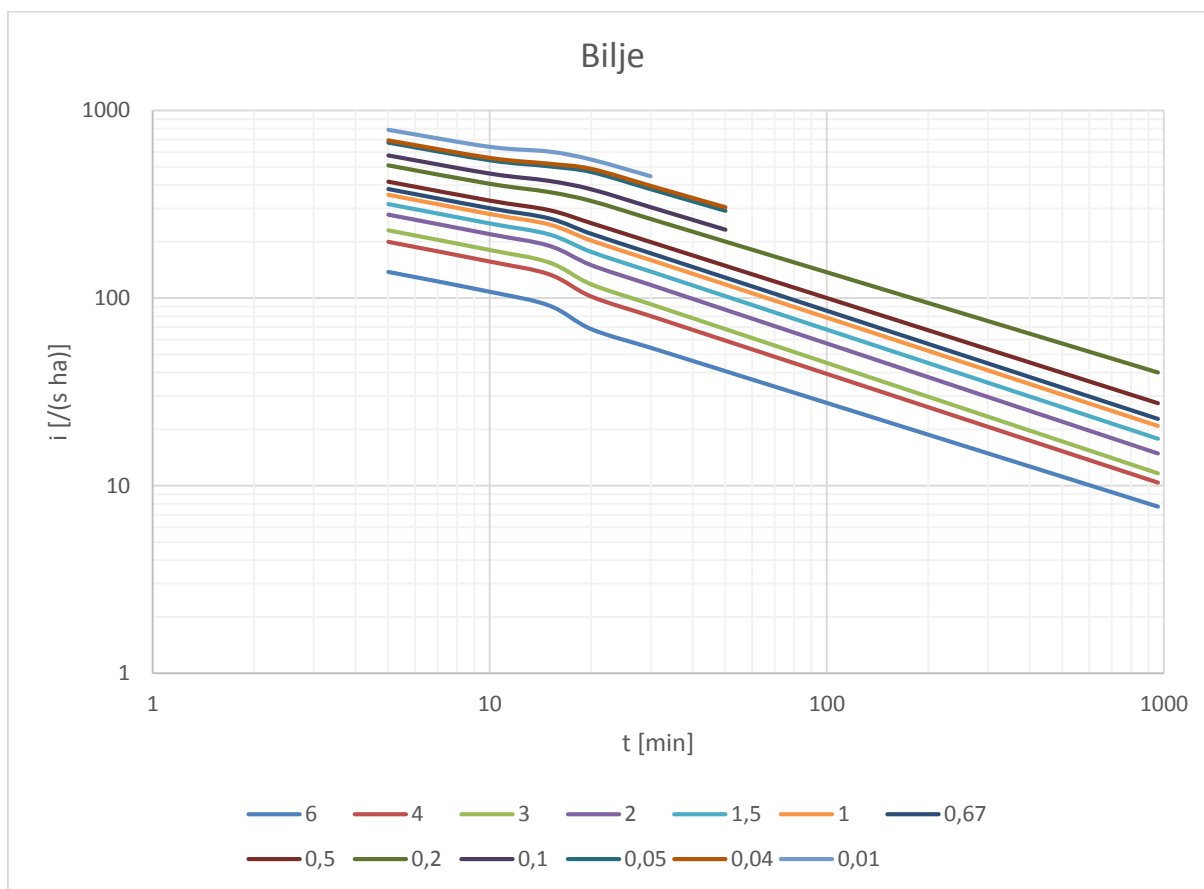
Priloga A.1: Nizi GEN za Kras



Priloga A.2: Vrednosti GEN za Kras

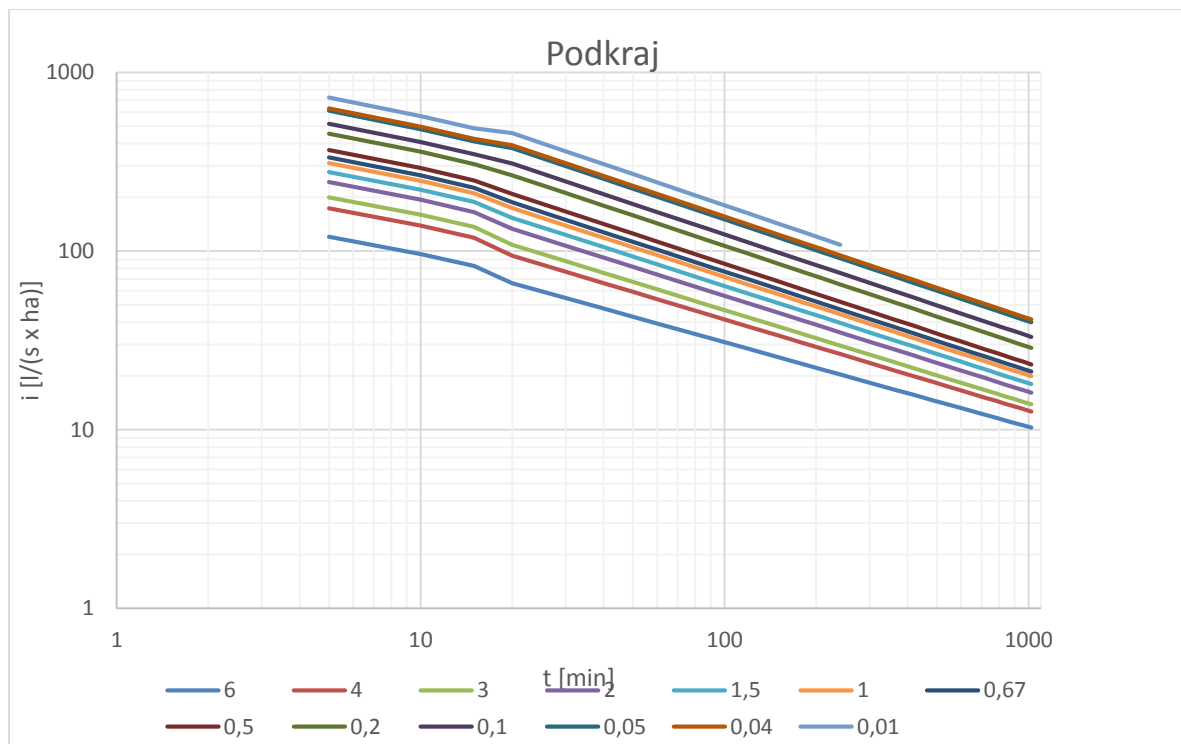
t [min]n	intenziteta naliva [l/(s ha)]												
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04	0,01
5	118,95	172,78	199,53	244,76	281,01	317,36	341,59	378,43	473,82	542,32	650,49	672,79	781,99
10	94,87	137,81	159,15	194,67	222,91	251,21	270,07	298,63	372,52	424,99	507,30	524,27	606,66
15	81,58	119,60	138,49	170,66	196,55	222,50	239,81	266,22	334,65	384,09	462,43	478,59	557,93
20	62,19	92,66	108,01	135,12	157,03	179,22	194,31	217,80	279,50	325,57	400,33	415,07	505,34
30	49,86	73,03	84,69	105,60	122,62	139,90	151,67	170,49	220,12	258,18	320,44	332,64	399,60
40	42,63	61,68	71,26	88,66	102,88	117,35	127,22	143,30	185,81	219,01	273,62	284,29	338,29
50	37,74	54,11	62,33	77,41	89,79	102,39	111,01	125,23	162,93	192,76	242,07	251,68	297,29
60	34,17	48,62	55,87	69,29	80,34	91,60	99,31	112,17	146,34	173,67	219,02	227,83	267,51
90	27,40	38,32	43,81	54,15	62,74	71,50	77,52	87,81	115,25	137,72	175,31	182,59	211,53
120	23,42	32,37	36,86	45,46	52,64	59,97	65,02	73,80	97,29	116,83	149,70	156,04	179,08
150	20,74	28,39	32,24	39,69	45,94	52,33	56,73	64,49	85,31	102,83	132,44	138,15	157,37
180	18,78	25,51	28,90	35,53	41,10	46,81	50,75	57,77	76,62	92,65	119,82	125,06	141,61
210	17,27	23,30	26,35	32,35	37,42	42,60	46,19	52,63	69,97	84,83	110,10	114,96	129,51
240	16,05	21,55	24,32	29,83	34,49	39,27	42,57	48,56	64,68	78,59	102,32	106,88	119,88
300	14,22	18,90	21,27	26,04	30,10	34,26	37,15	42,43	56,71	69,17	90,52	94,62	105,35
360	12,87	16,98	19,07	23,31	26,93	30,65	33,23	38,01	50,94	62,32	81,90	85,65	94,79
420	11,83	15,51	17,38	21,22	24,51	27,89	30,24	34,63	46,52	57,06	75,25	78,74	86,70
480	11,00	14,34	16,05	19,57	22,60	25,71	27,87	31,95	43,00	52,86	69,93	73,20	
540	10,32	13,39	14,95	18,22	21,03	23,92	25,94	29,75	40,12	49,42	65,55	68,64	
600	9,74	12,58	14,03	17,09	19,72	22,43	24,32	27,92	37,70	46,53	61,87	64,81	
660	9,25	11,90	13,25	16,12	18,61	21,16	22,95	26,36	35,64	44,06	58,72	61,52	
720	8,82	11,31	12,58	15,29	17,65	20,07	21,76	25,01	33,86	41,92	55,98	58,66	
780	8,45	10,79	11,99	14,57	16,80	19,11	20,72	23,83	32,30	40,05	53,57	56,16	
840	8,11	10,33	11,47	13,93	16,06	18,26	19,80	22,78	30,92	38,38	51,43	53,93	
900	7,81	9,92	11,00	13,35	15,40	17,51	18,98	21,85	29,69	36,90	49,52	51,94	
960	7,54	9,55	10,59	12,84	14,81	16,83	18,25	21,02	28,58	35,56	47,80	50,14	

Priloga A.3: Nizi GEN za Bilje



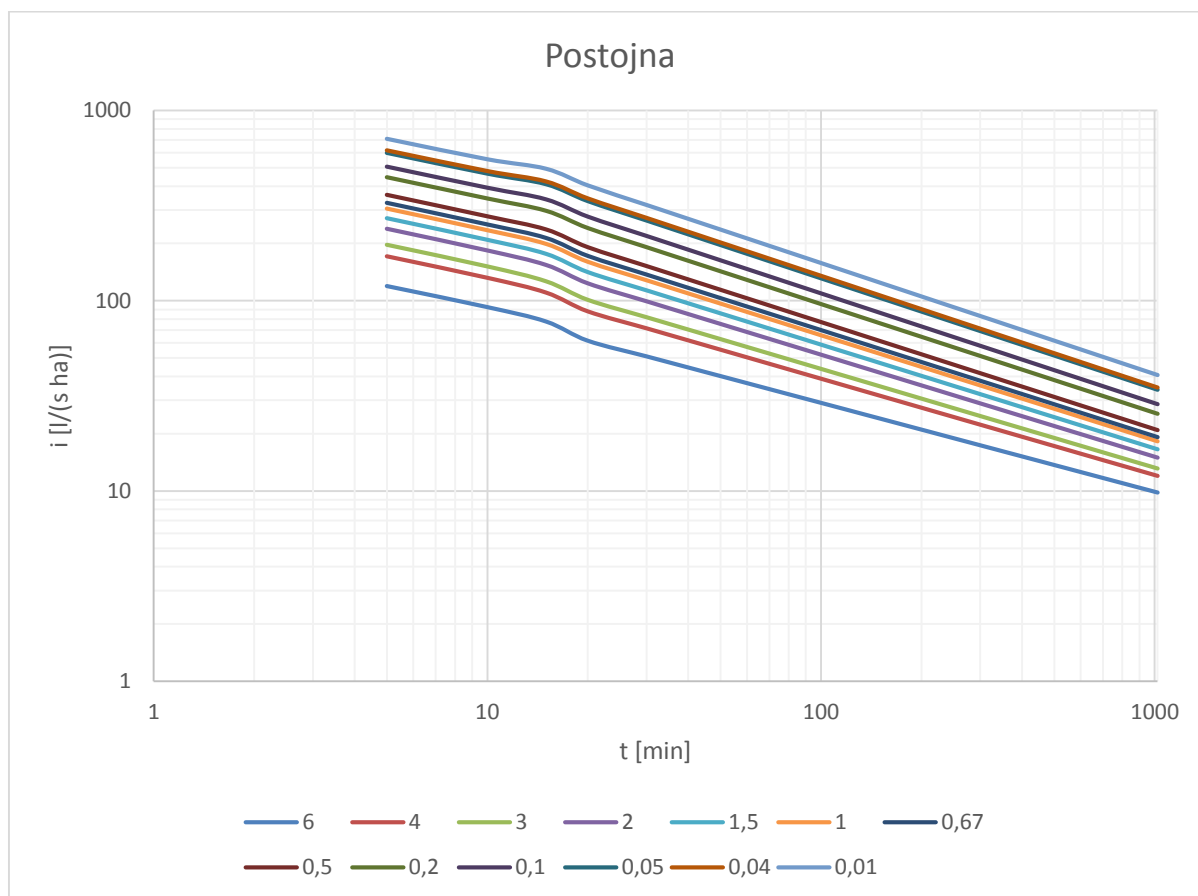
Priloga A.4: Vrednosti GEN za Bilje

t [min]	intenziteta naliva [l/(s ha)]												
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04	0,01
5	137,9	199,2	229,7	278,6	316,7	354,9	380,3	416,9	510,6	574,6	672,7	692,9	788,8
10	108,2	156,4	180,4	219,3	249,7	280,2	300,6	330,3	407,0	460,1	542,0	558,9	639,9
15	91,3	133,7	154,8	190,1	218,3	246,5	265,3	293,9	367,8	420,5	503,4	520,5	603,9
20	68,3	101,8	118,4	149,9	176,0	202,3	219,6	250,5	329,6	379,3	469,5	488,7	547,4
30	54,4	80,2	92,8	117,7	138,5	159,4	173,2	198,7	264,4	304,7	380,5	396,8	445,9
40	46,3	67,6	78,1	99,1	116,8	134,6	146,3	168,6	226,1	260,9	327,8	342,2	
50	40,8	59,3	68,4	86,7	102,3	118,0	128,4	148,5	200,2	231,3	292,1	305,1	
60	36,8	53,2	61,3	77,8	91,9	106,0	115,4	133,8	181,3				
90	29,3	41,9	48,1	61,1	72,3	83,5	91,0	106,1	145,4				
120	24,9	35,4	40,5	51,4	60,9	70,5	76,8	90,1	124,4				
150	22,0	31,0	35,4	45,0	53,4	61,9	67,4	79,3	110,1				
180	19,8	27,8	31,7	40,4	47,9	55,6	60,6	71,4	99,7				
210	18,2	25,4	28,9	36,8	43,8	50,8	55,4	65,4	91,7				
240	16,9	23,5	26,7	34,0	40,4	46,9	51,2	60,6	85,3				
300	14,9	20,6	23,4	29,8	35,4	41,2	44,9	53,4	75,5				
360	13,4	18,5	21,0	26,7	31,8	37,0	40,4	48,1	68,4				
420	12,3	16,9	19,1	24,3	29,0	33,8	36,9	44,0	62,9				
480	11,4	15,6	17,6	22,5	26,8	31,2	34,1	40,8	58,5				
540	10,7	14,6	16,4	21,0	25,0	29,1	31,8	38,2	54,9				
600	10,1	13,7	15,4	19,7	23,5	27,4	29,9	35,9	51,8				
660	9,5	12,9	14,6	18,6	22,2	25,9	28,3	34,0	49,2				
720	9,1	12,3	13,8	17,6	21,1	24,6	26,9	32,4	46,9				
780	8,7	11,7	13,2	16,8	20,1	23,5	25,7	30,9	44,9				
840	8,3	11,2	12,6	16,1	19,3	22,5	24,6	29,6	43,1				
900	8,0	10,8	12,1	15,4	18,5	21,6	23,6	28,5	41,6				
960	7,7	10,4	11,6	14,9	17,8	20,8	22,7	27,5	40,1				

Priloga A.5: Nizi GEN za Podkraj**Priloga A.6: Vrednosti GEN za Podkraj**

t [min] n	intenziteta naliva [l/(s ha)]												
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04	0,01
5	120,3	173,7	200,2	243,5	277,5	311,6	334,3	368,1	455,2	516,1	610,7	630,2	724,0
10	96,5	138,8	159,9	194,2	221,0	247,9	265,9	292,4	360,7	408,2	481,9	497,1	570,1
15	82,8	118,7	136,6	165,6	188,5	211,4	226,7	249,3	307,7	348,4	411,6	424,7	487,4
20	66,3	94,4	108,6	133,4	153,6	174,2	187,6	209,2	266,2	309,2	377,1	391,8	458,5
30	54,7	76,8	87,9	107,3	123,1	139,3	149,8	166,8	211,6	245,6	299,2	310,8	362,5
40	47,7	66,3	75,6	91,9	105,3	118,9	127,7	142,0	179,8	208,5	253,9	263,8	306,9
50	42,9	59,1	67,3	81,5	93,2	105,1	112,8	125,3	158,5	183,7	223,5	232,2	269,7
60	39,4	53,9	61,2	73,9	84,4	95,1	102,0	113,2	142,9	165,6	201,4	209,2	242,7
90	32,5	43,8	49,5	59,5	67,7	76,0	81,4	90,2	113,6	131,6	159,8	166,0	191,9
120	28,4	37,8	42,6	51,0	57,8	64,9	69,4	76,8	96,5	111,7	135,6	140,9	162,5
150	25,5	33,7	37,9	45,2	51,2	57,4	61,3	67,8	85,1	98,4	119,4	124,0	142,8
180	23,4	30,7	34,4	41,0	46,4	51,9	55,4	61,3	76,7	88,8	107,6	111,7	128,5
210	21,8	28,4	31,8	37,7	42,6	47,7	50,9	56,2	70,3	81,3	98,5	102,3	117,5
240	20,4	26,5	29,6	35,1	39,6	44,3	47,2	52,2	65,2	75,4	91,3	94,8	108,8
300	18,4	23,7	26,4	31,2	35,1	39,2	41,7	46,0	57,5	66,4	80,3	83,5	
360	16,8	21,6	24,0	28,2	31,8	35,4	37,7	41,6	51,8	59,9	72,4	75,2	
420	15,7	19,9	22,1	26,0	29,2	32,5	34,6	38,1	47,5	54,8	66,3	68,9	
480	14,7	18,6	20,6	24,2	27,2	30,2	32,2	35,4	44,1	50,8	61,4	63,8	
540	13,9	17,5	19,4	22,7	25,5	28,3	30,1	33,1	41,2	47,6	57,4	59,7	
600	13,2	16,6	18,3	21,5	24,1	26,7	28,4	31,2	38,8	44,8	54,1	56,2	
660	12,6	15,8	17,4	20,4	22,8	25,4	26,9	29,6	36,8	42,4	51,2	53,2	
720	12,1	15,1	16,7	19,5	21,8	24,2	25,7	28,2	35,0	40,4	48,7	50,6	
780	11,7	14,5	16,0	18,6	20,9	23,1	24,6	27,0	33,5	38,6	46,6	48,4	
840	11,3	14,0	15,4	17,9	20,0	22,2	23,6	25,9	32,1	37,0	44,6	46,4	
900	10,9	13,5	14,8	17,3	19,3	21,4	22,7	24,9	30,9	35,6	42,9	44,6	
960	10,6	13,1	14,3	16,7	18,6	20,6	21,9	24,0	29,8	34,3	41,4	43,0	
1020	10,3	12,7	13,9	16,1	18,0	20,0	21,2	23,2	28,8	33,1	39,9	41,5	

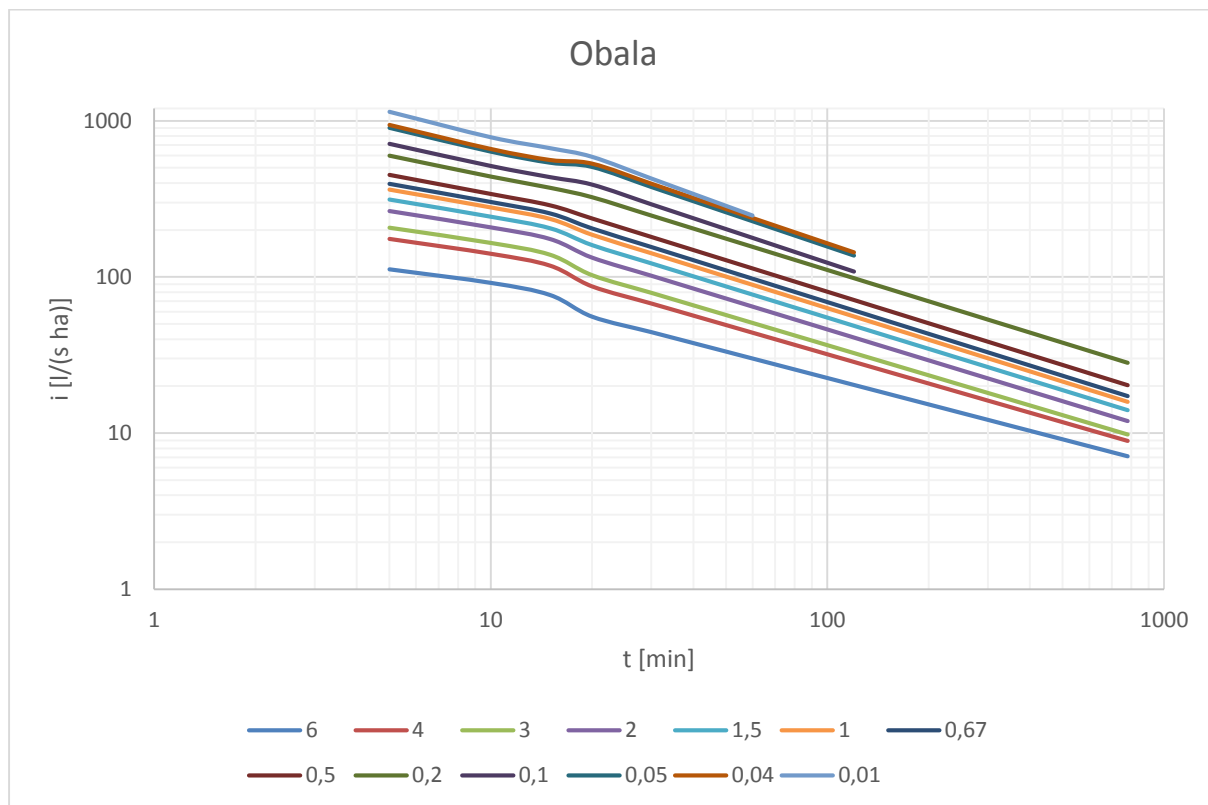
Priloga A.7: Nizi GEN za Postojna



Priloga A.8: Vrednosti GEN za Postojno

t [min]\n	intenziteta naliva [l/(s ha)]												
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04	0,01
5	119,2	171,0	196,7	238,8	272,0	305,3	327,4	360,5	445,9	505,7	598,8	618,0	710,6
10	92,4	131,8	151,4	183,7	209,4	235,0	252,1	278,0	344,8	392,0	465,9	481,1	554,7
15	77,6	110,2	126,4	154,2	176,6	199,1	214,0	237,1	296,9	340,5	409,8	424,1	494,4
20	61,6	87,9	101,1	123,5	141,6	160,4	172,3	191,4	241,1	276,5	334,1	345,6	404,3
30	50,9	71,6	81,9	99,4	113,5	128,2	137,4	152,3	191,2	218,8	264,0	273,0	319,0
40	44,5	61,9	70,5	85,2	97,0	109,3	117,1	129,5	162,2	185,3	223,3	230,9	269,7
50	40,1	55,3	62,8	75,6	85,9	96,6	103,4	114,2	142,8	162,9	196,2	202,8	236,7
60	36,9	50,4	57,2	68,5	77,7	87,3	93,4	103,1	128,6	146,7	176,5	182,3	212,8
90	30,5	41,0	46,3	55,1	62,3	69,8	74,5	82,0	102,0	116,1	139,4	144,0	168,0
120	26,7	35,5	39,9	47,3	53,2	59,5	63,4	69,8	86,5	98,3	118,0	121,8	142,0
150	24,0	31,7	35,5	41,9	47,1	52,6	56,0	61,5	76,2	86,4	103,6	107,0	124,6
180	22,1	28,9	32,3	38,0	42,7	47,6	50,6	55,5	68,6	77,8	93,2	96,2	112,0
210	20,5	26,7	29,8	35,0	39,2	43,7	46,4	50,9	62,8	71,2	85,2	88,0	102,4
240	19,3	25,0	27,8	32,6	36,5	40,6	43,1	47,2	58,2	65,9	78,9	81,4	94,7
300	17,4	22,3	24,8	28,9	32,3	35,9	38,0	41,7	51,2	57,9	69,3	71,5	83,1
360	16,0	20,4	22,6	26,2	29,2	32,4	34,3	37,6	46,2	52,2	62,3	64,3	74,7
420	14,9	18,8	20,8	24,1	26,9	29,8	31,5	34,5	42,3	47,7	57,0	58,8	68,3
480	14,0	17,6	19,4	22,5	25,0	27,7	29,3	32,0	39,2	44,2	52,7	54,4	63,2
540	13,2	16,6	18,3	21,1	23,4	25,9	27,4	29,9	36,6	41,3	49,2	50,8	59,0
600	12,6	15,7	17,3	19,9	22,1	24,4	25,8	28,2	34,5	38,8	46,3	47,7	55,5
660	12,0	15,0	16,5	19,0	21,0	23,2	24,5	26,7	32,6	36,8	43,8	45,2	52,5
720	11,5	14,3	15,7	18,1	20,0	22,1	23,3	25,4	31,0	35,0	41,7	42,9	49,9
780	11,1	13,8	15,1	17,3	19,2	21,1	22,3	24,3	29,7	33,4	39,8	41,0	47,6
840	10,7	13,3	14,5	16,7	18,4	20,3	21,4	23,3	28,4	32,0	38,1	39,3	45,6
900	10,4	12,8	14,0	16,1	17,7	19,5	20,6	22,4	27,3	30,7	36,6	37,7	43,8
960	10,1	12,4	13,6	15,5	17,1	18,9	19,9	21,6	26,3	29,6	35,2	36,3	42,2
1020	9,8	12,0	13,1	15,0	16,6	18,2	19,2	20,9	25,4	28,6	34,0	35,1	40,7

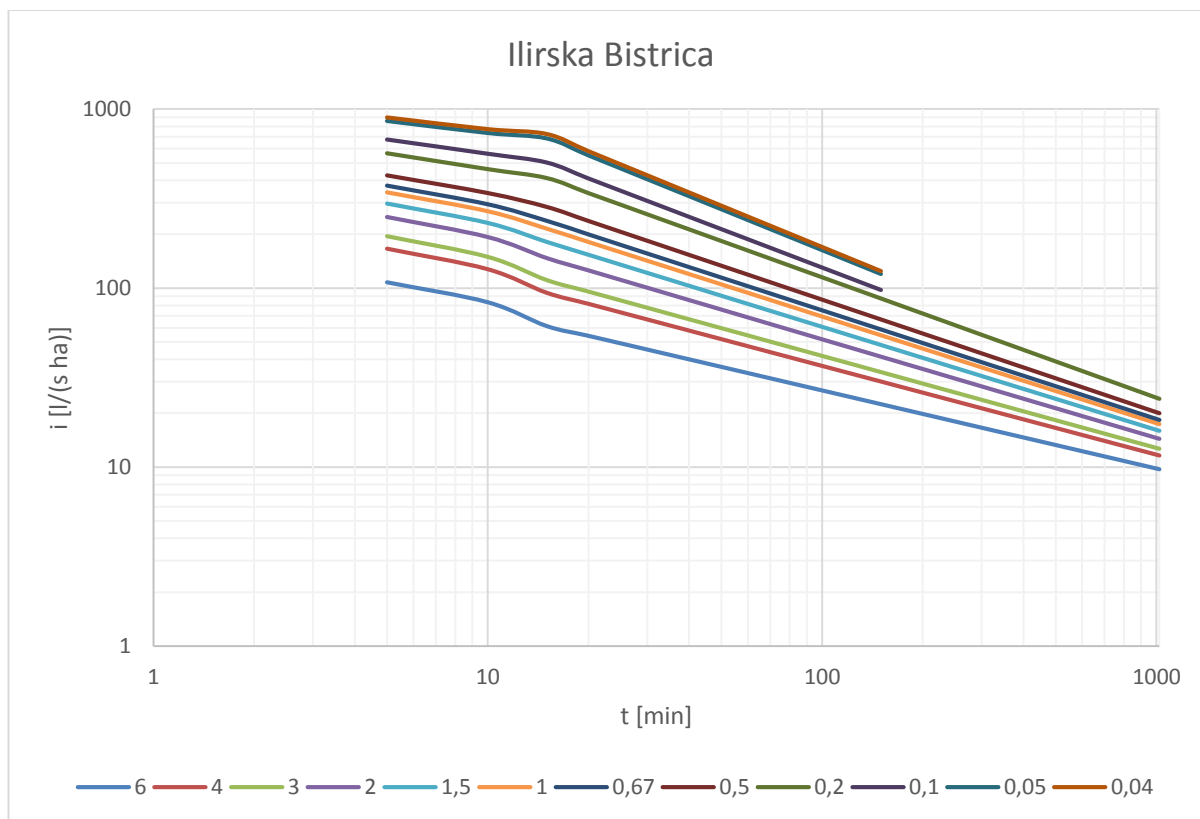
Priloga A.9: Nizi GEN za Obalo



Priloga A.10: Vrednosti GEN za Obalo

t [min]n	intenziteta naliva [l/(s ha)]												
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04	0,01
5	112,1	175,1	206,4	264,6	313,6	362,8	395,6	451,5	598,5	713,1	902,3	941,3	1141,3
10	91,8	140,6	164,9	208,0	243,4	279,0	302,7	340,7	440,0	514,5	635,3	660,1	784,2
15	76,7	118,0	138,5	175,1	205,3	235,5	255,7	288,1	372,8	436,5	539,8	561,1	667,5
20	55,7	86,9	102,4	133,1	160,0	186,4	204,7	237,2	324,3	390,9	506,9	531,6	587,5
30	44,4	67,5	79,0	101,9	122,2	142,0	155,7	180,7	247,6	292,5	377,2	395,3	426,6
40	37,8	56,5	65,7	84,3	100,9	117,0	128,2	149,0	204,4	238,1	305,8	320,3	340,0
50	33,3	49,1	56,9	72,8	87,0	100,7	110,3	128,3	176,2	203,0	259,9	272,1	285,1
60	30,1	43,9	50,7	64,6	77,1	89,1	97,5	113,5	156,0	178,2	227,6	238,1	246,9
90	23,9	34,1	39,1	49,5	58,8	67,9	74,2	86,5	119,1	133,3	169,3	177,1	
120	20,4	28,5	32,5	40,9	48,6	55,9	61,1	71,3	98,3	108,6	137,3	143,5	
150	18,0	24,8	28,2	35,3	41,9	48,1	52,5	61,4	84,8				
180	16,2	22,1	25,1	31,3	37,1	42,6	46,5	54,3	75,1				
210	14,9	20,1	22,7	28,3	33,5	38,4	41,9	49,0	67,7				
240	13,8	18,5	20,8	25,9	30,7	35,1	38,3	44,8	62,0				
300	12,2	16,1	18,1	22,4	26,4	30,2	32,9	38,6	53,4				
360	11,0	14,4	16,1	19,9	23,4	26,7	29,1	34,1	47,3				
420	10,1	13,1	14,6	18,0	21,1	24,1	26,2	30,8	42,7				
480	9,3	12,0	13,4	16,4	19,3	22,0	24,0	28,1	39,1				
540	8,7	11,2	12,4	15,2	17,9	20,4	22,1	26,0	36,1				
600	8,2	10,5	11,6	14,2	16,7	19,0	20,6	24,2	33,7				
660	7,8	9,9	10,9	13,3	15,6	17,8	19,3	22,7	31,6				
720	7,4	9,4	10,3	12,6	14,8	16,8	18,2	21,4	29,8				
780	7,1	8,9	9,8	11,9	14,0	15,9	17,3	20,3	28,3				

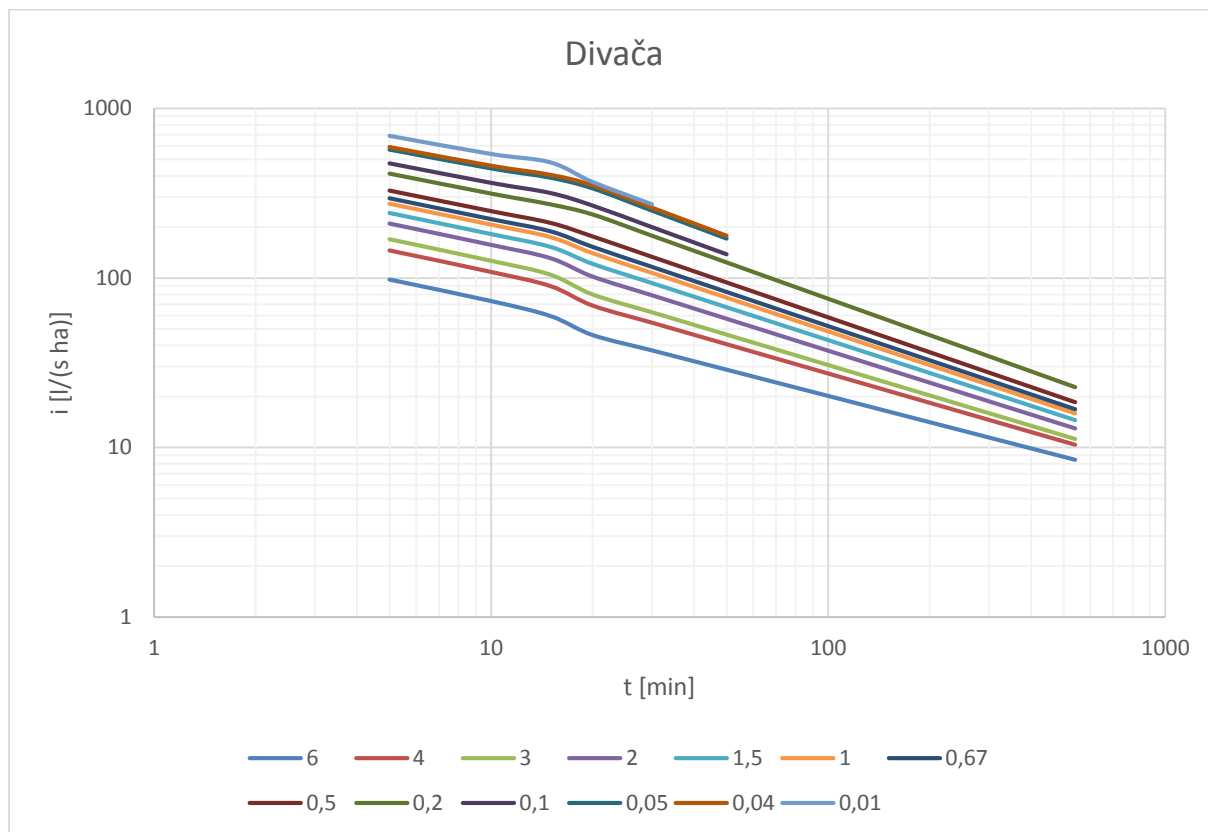
Priloga A.11: Nizi GEN za Ilirsko Bistrico



Priloga A.12: Vrednosti GEN za Ilirsko Bistrico

t [min]\n	intenziteta naliva [l/(s ha)]												
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04	0,01
5	107,8	166,2	195,3	249,8	296,0	342,3	373,2	426,4	566,8	676,9	859,4	897,0	1091,5
10	83,4	127,7	149,7	193,1	230,8	268,5	293,6	339,8	462,3	563,7	736,1	771,7	960,1
15	61,4	94,3	111,0	147,4	180,9	214,7	237,4	284,4	412,3	503,5	686,4	725,1	
20	54,1	81,8	95,7	125,8	153,3	180,8	199,4	237,3	339,7	410,2	552,0	581,9	
30	45,3	66,9	77,7	100,6	121,3	142,0	155,9	183,9	258,6	307,2	405,9	426,7	
40	40,0	58,0	67,0	85,9	102,8	119,6	130,9	153,5	213,1	250,2	326,4	342,4	
50	36,3	51,9	59,7	75,9	90,4	104,7	114,3	133,4	183,4	213,4	275,6	288,7	
60	33,5	47,4	54,4	68,7	81,4	94,0	102,3	118,9	162,2	187,4	240,0	251,1	
90	28,1	38,8	44,1	54,9	64,4	73,8	80,0	92,1	123,5	140,3	176,5	184,1	
120	24,7	33,6	38,0	46,9	54,6	62,2	67,2	76,9	101,7	114,3	141,9	147,8	
150	22,4	30,1	33,9	41,4	48,0	54,4	58,7	66,8	87,5	97,5	119,8	124,6	
180	20,7	27,5	30,9	37,5	43,2	48,8	52,5	59,6	77,4				
210	19,4	25,5	28,5	34,4	39,6	44,5	47,8	54,1	69,8				
240	18,3	23,8	26,6	32,0	36,6	41,1	44,1	49,7	63,8				
300	16,6	21,3	23,7	28,3	32,2	36,0	38,5	43,2	54,9				
360	15,3	19,5	21,6	25,6	29,0	32,3	34,5	38,5	48,6				
420	14,3	18,1	20,0	23,5	26,5	29,5	31,4	35,0	43,8				
480	13,5	16,9	18,6	21,8	24,6	27,2	29,0	32,1	40,0				
540	12,8	16,0	17,5	20,5	23,0	25,4	27,0	29,9	37,0				
600	12,2	15,1	16,6	19,3	21,6	23,8	25,3	27,9	34,4				
660	11,7	14,4	15,8	18,3	20,5	22,5	23,9	26,3	32,3				
720	11,3	13,8	15,1	17,5	19,5	21,4	22,6	24,9	30,5				
780	10,9	13,3	14,5	16,7	18,6	20,4	21,6	23,7	28,9				
840	10,6	12,8	14,0	16,0	17,8	19,5	20,6	22,6	27,5				
900	10,3	12,4	13,5	15,4	17,1	18,7	19,8	21,7	26,2				
960	10,0	12,0	13,0	14,9	16,5	18,0	19,0	20,8	25,1				
1020	9,7	11,6	12,6	14,4	15,9	17,4	18,3	20,0	24,1				

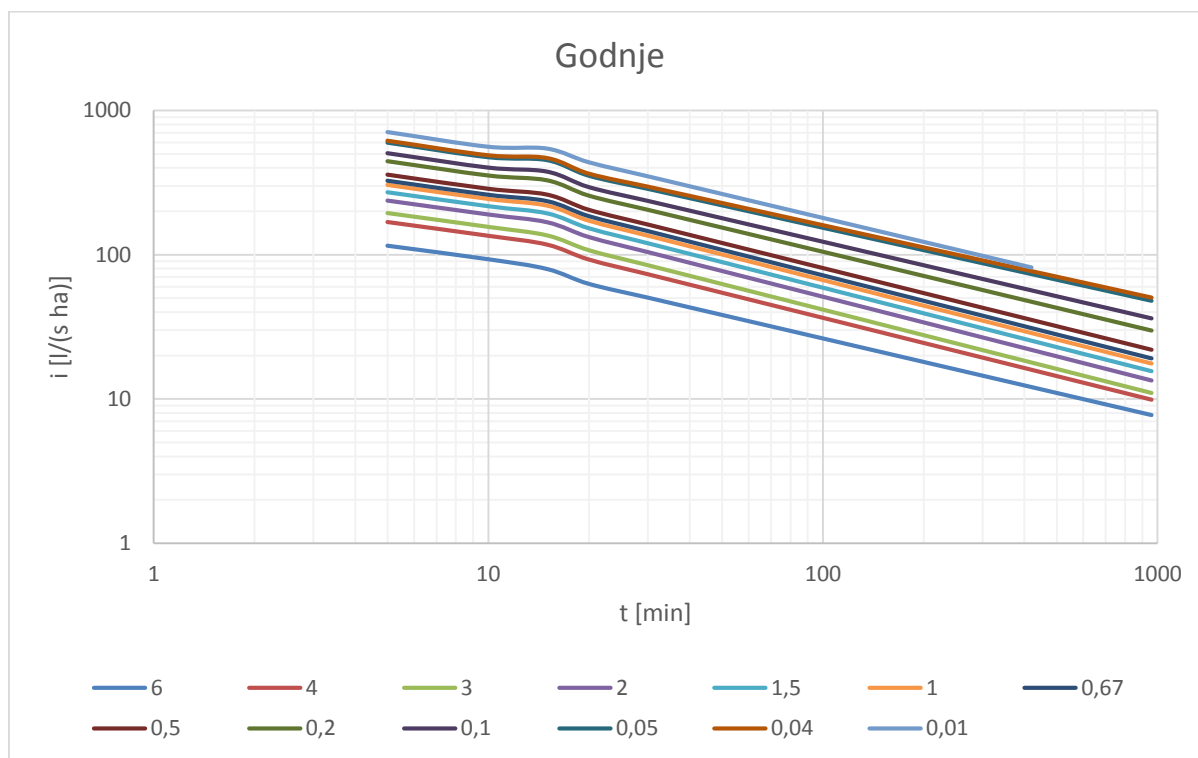
Priloga A.13: Nizi GEN za Divačo



Priloga A.14: Vrednosti GEN za Divjačo

t [min]n	intenziteta naliva [l/(s ha)]												
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04	0,01
5	98,0	145,4	169,0	209,1	241,3	273,7	295,2	328,1	413,1	474,5	571,6	591,7	690,0
10	73,2	108,6	126,2	156,6	181,3	206,0	222,5	248,2	315,0	364,2	442,9	459,1	539,2
15	59,7	89,6	104,4	130,7	152,3	174,0	188,4	211,6	272,0	317,2	390,4	405,5	480,7
20	46,2	68,8	79,9	101,9	121,0	139,9	152,6	176,1	237,1	267,5	337,9	352,0	368,5
30	37,5	54,5	62,8	79,1	93,2	107,1	116,3	133,5	177,7	199,5	249,9	259,9	271,9
40	32,3	46,2	52,9	66,0	77,4	88,5	95,9	109,7	144,8	162,1	201,8	209,6	
50	28,8	40,6	46,3	57,4	67,1	76,4	82,6	94,2	123,5	137,9	170,9	177,4	
60	26,2	36,6	41,6	51,3	59,6	67,8	73,2	83,1	108,5				
90	21,3	29,0	32,6	39,8	45,9	51,8	55,8	63,0	81,3				
120	18,4	24,6	27,5	33,2	38,2	42,9	46,0	51,8	66,2				
150	16,4	21,6	24,1	28,9	33,1	37,0	39,6	44,5	56,5				
180	14,9	19,5	21,6	25,8	29,4	32,8	35,1	39,3	49,6				
210	13,8	17,8	19,7	23,4	26,6	29,6	31,6	35,3	44,4				
240	12,9	16,5	18,2	21,6	24,4	27,1	28,9	32,3	40,4				
300	11,5	14,5	15,9	18,7	21,2	23,4	24,9	27,7	34,5				
360	10,4	13,1	14,3	16,7	18,8	20,8	22,1	24,5	30,3				
420	9,7	12,0	13,1	15,2	17,0	18,8	19,9	22,0	27,1				
480	9,0	11,1	12,1	14,0	15,6	17,2	18,2	20,1	24,7				
540	8,5	10,4	11,2	13,0	14,5	15,9	16,8	18,5	22,7				

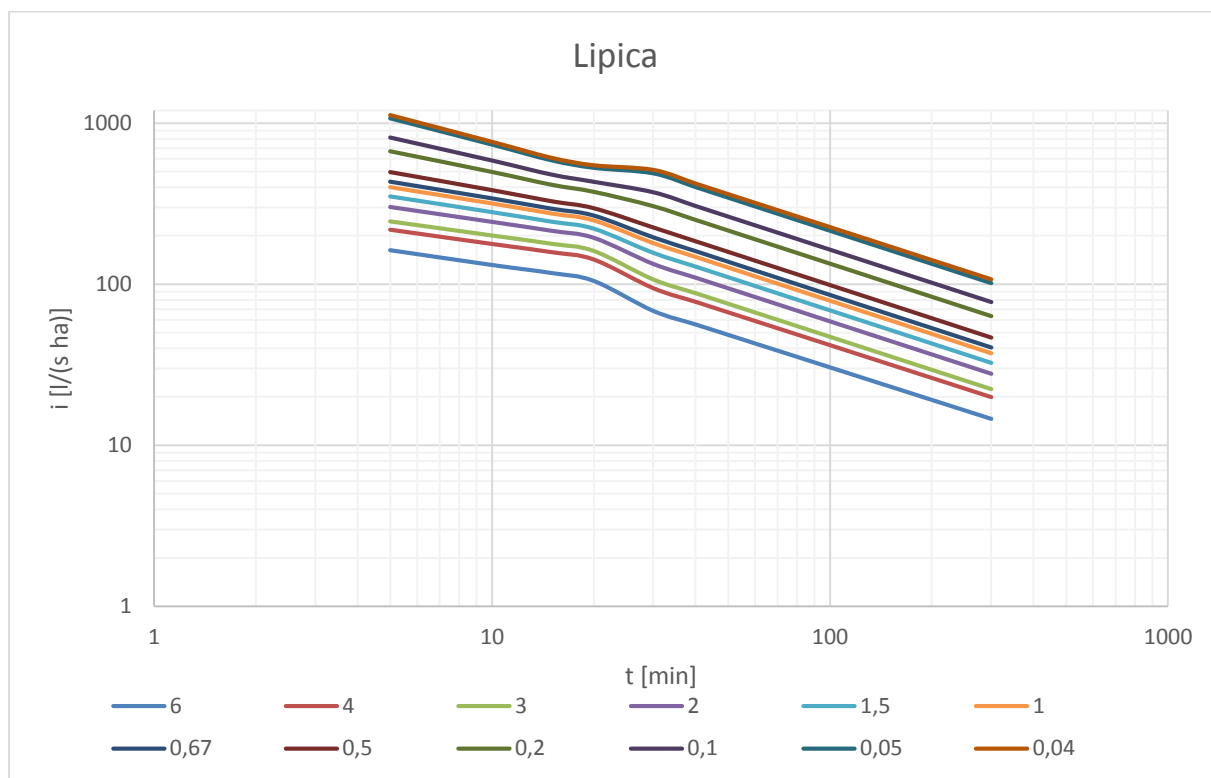
Priloga A.15: Nizi GEN za Godnje



Priloga A.16: Vrednosti GEN za Godnje

t [min]\n	intenziteta naliva [l/(s ha)]												
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04	0,01
5	115,5	168,2	194,4	237,0	270,5	304,1	326,5	359,7	445,2	504,9	597,6	616,7	708,6
10	93,1	135,1	156,0	189,9	216,5	243,1	260,9	287,1	354,5	401,3	473,8	488,7	560,5
15	79,6	117,3	136,1	167,8	193,1	218,6	235,6	261,4	328,2	376,1	451,8	467,5	543,9
20	62,8	92,5	107,4	132,4	152,3	171,9	185,2	204,9	256,8	293,7	352,2	364,3	436,9
30	50,4	73,2	84,6	104,2	119,9	135,4	146,0	162,2	205,0	235,9	285,9	296,1	349,3
40	43,2	62,0	71,4	87,9	101,2	114,4	123,3	137,4	174,7	201,9	246,5	255,6	298,0
50	38,3	54,5	62,7	77,1	88,8	100,3	108,2	120,8	154,3	178,9	219,7	228,1	263,5
60	34,7	49,0	56,3	69,2	79,7	90,1	97,2	108,7	139,4	162,1	200,0	207,8	238,2
90	27,8	38,8	44,3	54,4	62,8	71,0	76,6	86,0	111,3	130,2	162,3	168,9	190,5
120	23,8	32,9	37,4	45,9	53,0	59,9	64,7	72,9	94,8	111,4	140,0	145,8	162,5
150	21,1	28,9	32,8	40,3	46,5	52,6	56,8	64,1	83,8	98,7	124,8	130,1	143,7
180	19,1	26,0	29,5	36,1	41,7	47,2	51,0	57,7	75,7	89,5	113,6	118,5	129,9
210	17,6	23,8	26,9	33,0	38,1	43,1	46,6	52,8	69,5	82,3	104,9	109,5	119,3
240	16,4	22,0	24,9	30,5	35,2	39,9	43,1	48,9	64,5	76,6	98,0	102,3	110,8
300	14,5	19,4	21,8	26,7	30,9	35,0	37,8	43,0	57,0	67,9	87,3	91,3	98,0
360	13,1	17,4	19,6	24,0	27,7	31,4	34,0	38,7	51,5	61,5	79,5	83,2	88,6
420	12,1	16,0	17,9	21,9	25,3	28,7	31,0	35,4	47,3	56,6	73,4	76,9	81,4
480	11,3	14,8	16,6	20,2	23,4	26,5	28,7	32,8	43,9	52,6	68,6	71,8	
540	10,6	13,8	15,5	18,9	21,9	24,8	26,8	30,6	41,1	49,4	64,5	67,6	
600	10,0	13,0	14,5	17,7	20,5	23,3	25,2	28,8	38,8	46,6	61,1	64,1	
660	9,5	12,3	13,7	16,8	19,4	22,0	23,8	27,3	36,8	44,3	58,2	61,0	
720	9,0	11,7	13,1	15,9	18,4	20,9	22,6	25,9	35,0	42,3	55,6	58,4	
780	8,7	11,2	12,5	15,2	17,6	19,9	21,6	24,8	33,5	40,5	53,4	56,0	
840	8,3	10,7	11,9	14,5	16,8	19,1	20,6	23,7	32,1	38,9	51,4	53,9	
900	8,0	10,3	11,5	14,0	16,2	18,3	19,8	22,8	30,9	37,5	49,6	52,1	
960	7,7	9,9	11,0	13,4	15,6	17,6	19,1	22,0	29,8	36,2	48,0	50,4	

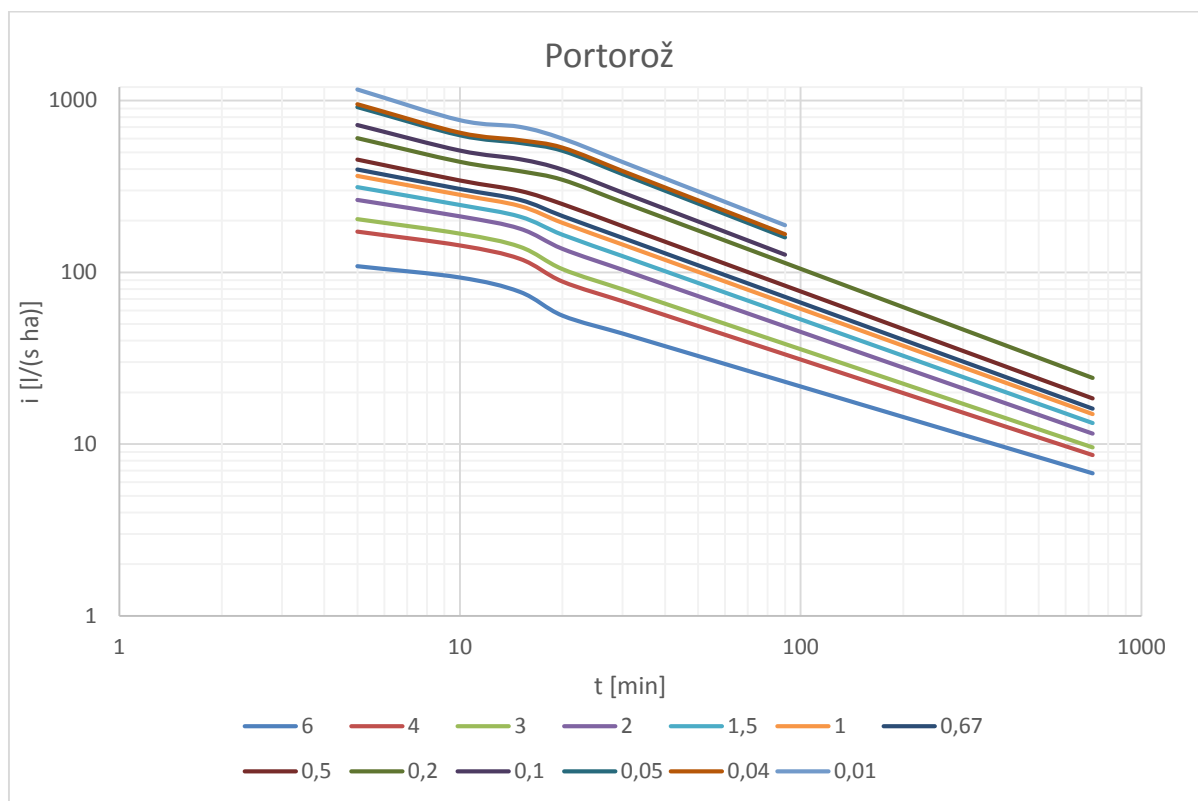
Priloga A.17: Nizi GEN za Lipico



Priloga A.18: Nizi GEN za Lipico

t [min] \backslash n	intenziteta naliva [l/(s ha)]											
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04
5	163,0	217,9	245,2	301,4	351,0	400,7	433,8	497,8	668,7	815,6	1070,0	1122,5
10	131,9	177,7	200,5	243,7	280,4	317,2	341,8	384,7	497,7	587,0	735,5	766,2
15	117,6	158,0	178,1	214,5	244,7	274,9	295,1	328,1	414,4	480,2	587,5	609,6
20	105,0	142,3	160,8	194,0	221,5	249,0	267,4	297,0	374,5	433,0	528,0	547,6
30	68,4	94,4	107,0	133,5	156,8	180,0	195,8	225,5	305,2	372,8	487,8	512,9
40	56,4	77,7	88,0	109,7	128,8	147,8	160,9	185,2	250,7	306,4	401,0	421,8
50	48,5	66,8	75,6	94,3	110,6	126,9	138,1	159,0	215,3	263,1	344,5	362,4
60	42,9	59,0	66,8	83,2	97,7	112,0	121,9	140,3	190,1	232,4	304,3	320,1
90	32,7	44,9	50,7	63,1	74,0	84,9	92,4	106,4	144,1	176,2	230,8	243,0
120	27,0	36,9	41,7	51,9	60,8	69,7	75,9	87,4	118,4	144,8	189,8	199,8
150	23,2	31,8	35,8	44,6	52,2	59,9	65,1	75,0	101,7	124,4	163,0	171,7
180	20,5	28,1	31,6	39,3	46,1	52,8	57,5	66,2	89,8	109,8	144,0	151,7
210	18,5	25,3	28,5	35,4	41,5	47,6	51,7	59,6	80,8	98,9	129,6	136,6
240	16,9	23,1	26,0	32,3	37,9	43,4	47,2	54,4	73,7	90,3	118,4	124,7
300	14,6	19,9	22,4	27,8	32,5	37,3	40,5	46,7	63,3	77,5	101,7	107,2

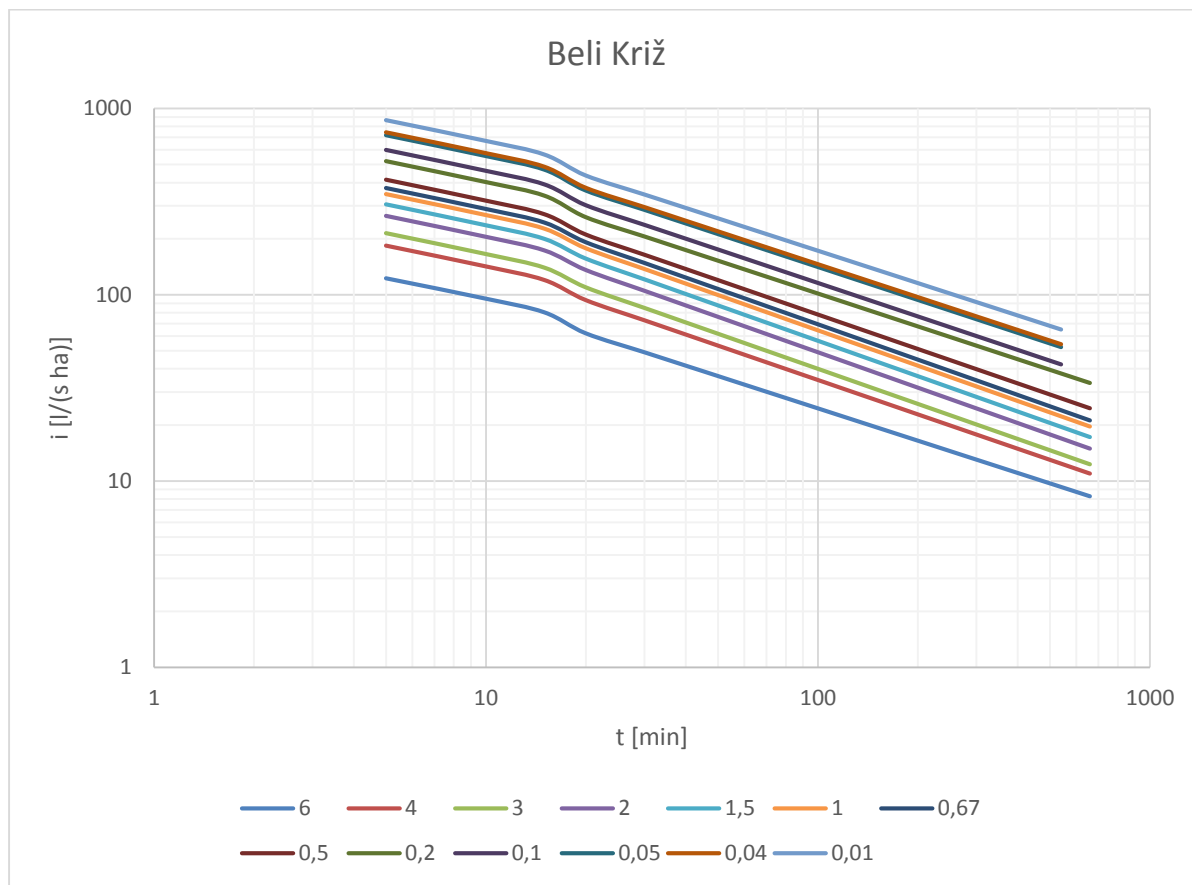
Priloga A.19: Nizi GEN za Portorož



Priloga A.20: Vrednosti GEN za Portorož

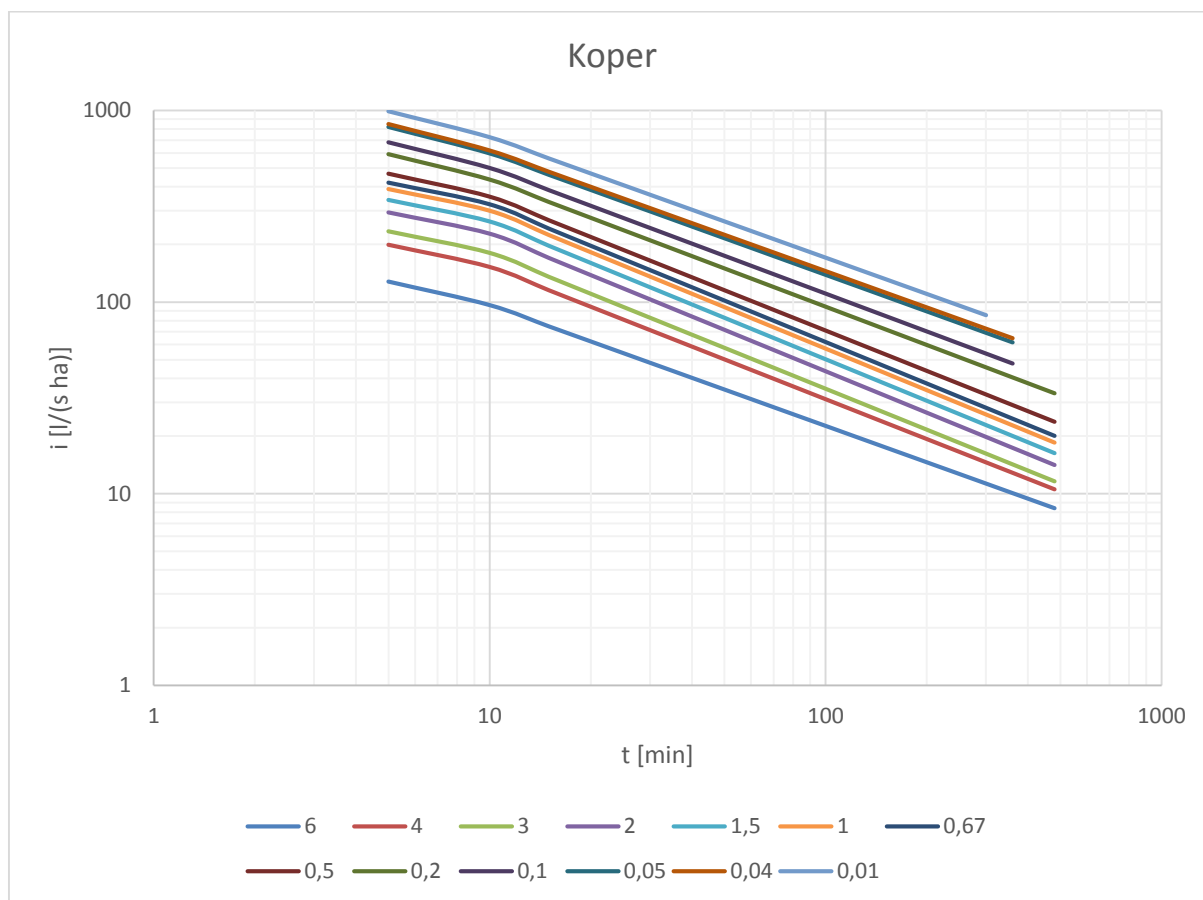
t [min]\n	intenziteta naliva [l/(s ha)]												
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04	0,01
5	108,5	172,4	204,2	263,5	313,4	363,4	396,8	453,8	603,8	720,8	914,2	954,0	1158,7
10	93,2	143,3	168,1	211,4	246,7	282,1	305,7	342,9	439,7	511,4	626,7	650,5	768,0
15	76,9	119,7	141,0	179,3	211,0	242,8	264,0	298,3	387,8	455,5	565,6	588,3	702,3
20	55,9	88,3	104,5	136,8	165,5	193,7	212,6	249,8	345,4	396,1	509,1	532,2	600,1
30	44,0	67,8	79,7	103,4	124,4	145,0	158,7	186,0	255,8	291,1	372,4	389,0	439,0
40	37,1	56,3	65,8	84,7	101,6	118,0	129,0	150,9	206,7	234,0	298,3	311,4	351,7
50	32,6	48,7	56,7	72,6	86,8	100,6	109,8	128,3	175,2	197,6	251,2	262,1	296,1
60	29,2	43,3	50,2	64,0	76,4	88,3	96,3	112,4	153,0	172,0	218,2	227,6	257,3
90	23,0	33,3	38,3	48,4	57,4	66,1	71,9	83,7	113,3	126,5	159,6	166,4	188,2
120	19,4	27,6	31,6	39,7	46,9	53,8	58,4	67,9	91,6				
150	17,0	23,9	27,2	34,0	40,1	45,9	49,7	57,7	77,6				
180	15,3	21,2	24,1	30,0	35,2	40,3	43,6	50,6	67,8				
210	14,0	19,2	21,8	26,9	31,6	36,1	39,0	45,2	60,5				
240	12,9	17,6	19,9	24,6	28,8	32,8	35,4	41,0	54,8				
300	11,3	15,2	17,2	21,1	24,6	27,9	30,2	34,9	46,4				
360	10,2	13,5	15,2	18,6	21,6	24,5	26,5	30,5	40,6				
420	9,3	12,2	13,7	16,7	19,4	22,0	23,7	27,3	36,2				
480	8,6	11,2	12,5	15,2	17,7	20,0	21,5	24,8	32,8				
540	8,0	10,4	11,6	14,0	16,3	18,4	19,7	22,7	30,0				
600	7,5	9,7	10,8	13,0	15,1	17,0	18,3	21,1	27,8				
660	7,1	9,1	10,1	12,2	14,1	15,9	17,1	19,7	25,9				
720	6,7	8,6	9,6	11,5	13,3	14,9	16,0	18,5	24,3				

Priloga A.21: Nizi GEN za Beli Križ



Priloga A.22: Vrednosti GEN za Beli Križ

t [min]n	intenziteta naliva [l/(s ha)]												
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04	0,01
5	122,6	183,8	214,1	265,2	305,9	346,8	374,0	415,3	522,3	598,7	719,1	743,9	865,0
10	95,3	142,1	165,4	204,7	236,1	267,6	288,6	320,5	403,1	462,4	555,8	575,0	669,2
15	80,5	120,1	139,8	173,0	199,6	226,2	244,0	271,0	340,8	390,8	469,7	486,0	565,5
20	62,1	93,7	109,6	135,8	156,4	177,5	191,3	210,8	261,1	302,1	362,9	374,7	436,3
30	49,2	73,1	85,1	105,1	121,1	137,5	148,2	164,3	205,9	237,2	286,0	295,4	345,3
40	41,7	61,3	71,1	87,7	101,0	114,7	123,6	137,7	174,0	199,8	241,6	249,6	292,5
50	36,6	53,4	61,8	76,2	87,7	99,7	107,4	120,1	152,6	174,8	211,9	219,0	257,2
60	33,0	47,8	55,2	67,9	78,2	88,8	95,7	107,4	137,2	156,8	190,4	196,8	231,5
90	26,1	37,3	42,8	52,6	60,5	68,8	74,2	83,7	108,2	123,1	150,1	155,2	183,2
120	22,1	31,2	35,8	43,8	50,5	57,4	61,9	70,1	91,4	103,7	126,8	131,1	155,2
150	19,5	27,2	31,1	38,1	43,8	49,9	53,8	61,2	80,2	90,7	111,2	115,0	136,4
180	17,5	24,4	27,8	33,9	39,1	44,5	47,9	54,7	72,1	81,4	99,9	103,4	122,8
210	16,0	22,2	25,2	30,8	35,5	40,4	43,5	49,7	65,8	74,2	91,3	94,5	112,4
240	14,8	20,4	23,2	28,3	32,6	37,1	40,0	45,8	60,9	68,5	84,4	87,3	104,0
300	13,1	17,8	20,2	24,6	28,3	32,2	34,7	40,0	53,4	60,0	74,0	76,6	91,5
360	11,8	15,9	18,0	21,9	25,2	28,7	31,0	35,7	48,0	53,8	66,5	68,9	82,3
420	10,8	14,5	16,3	19,9	22,9	26,1	28,1	32,5	43,9	49,1	60,8	62,9	75,3
480	10,0	13,4	15,0	18,3	21,0	24,0	25,8	29,9	40,6	45,3	56,2	58,2	69,7
540	9,3	12,4	14,0	17,0	19,5	22,3	24,0	27,9	37,8	42,2	52,4	54,3	65,2
600	8,8	11,6	13,1	15,9	18,3	20,8	22,4	26,1	35,6				
660	8,3	11,0	12,3	15,0	17,2	19,6	21,1	24,6	33,6				

Priloga A.23: Nizi GEN za Koper**Priloga A.24: Vrednosti GEN za Koper**

t [min]\n	intenziteta naliva [l/(s ha)]												
	6	4	3	2	1,5	1	0,67	0,5	0,2	0,1	0,05	0,04	0,01
5	128,0	198,9	234,1	293,4	340,7	388,1	419,8	467,8	592,0	680,9	820,8	849,7	990,5
10	96,5	152,4	180,7	227,3	263,0	299,4	323,6	355,0	436,2	500,5	597,4	618,5	725,3
15	74,7	115,2	135,6	169,9	196,5	223,7	241,8	267,4	333,3	383,8	462,0	479,1	562,0
20	62,3	94,5	110,6	138,2	159,8	181,9	196,6	218,7	275,3	317,8	384,9	399,6	469,0
30	48,2	71,4	82,9	103,3	119,4	135,9	146,9	164,7	210,3	243,7	297,7	309,6	363,4
40	40,2	58,6	67,6	84,0	97,1	110,5	119,4	134,7	173,8	201,9	248,1	258,2	303,3
50	34,9	50,2	57,7	71,6	82,7	94,1	101,7	115,3	149,8	174,4	215,3	224,4	263,6
60	31,1	44,3	50,7	62,8	72,5	82,5	89,2	101,5	132,7	154,8	191,8	200,0	235,0
90	24,1	33,5	38,1	46,9	54,2	61,7	66,7	76,4	101,4	118,7	148,3	154,9	182,1
120	20,1	27,4	31,0	38,2	44,1	50,2	54,2	62,5	83,8	98,3	123,6	129,3	152,0
150	17,5	23,5	26,5	32,5	37,5	42,7	46,2	53,5	72,2	84,9	107,3	112,3	132,1
180	15,6	20,7	23,3	28,5	32,9	37,5	40,5	47,1	64,0	75,4	95,6	100,1	117,7
210	14,1	18,7	20,9	25,5	29,5	33,5	36,3	42,3	57,8	68,1	86,7	90,9	106,9
240	13,0	17,0	19,0	23,2	26,8	30,5	32,9	38,5	52,9	62,4	79,7	83,5	98,3
300	11,3	14,6	16,2	19,8	22,8	26,0	28,1	32,9	45,6	53,9	69,1	72,6	85,4
360	10,1	12,9	14,2	17,3	20,0	22,8	24,6	29,0	40,4	47,9	61,6	64,7	
420	9,1	11,6	12,8	15,5	17,9	20,4	22,0	26,0	36,5				
480	8,4	10,5	11,6	14,1	16,3	18,5	20,0	23,7	33,4				