

**Izrada modela za hidrološka predviđanja, prognoziranje, donošenje odluka, priprema plana, smjernica, program obuke za optimalno upravljanje višenamjenskim akumulacijama u slivovima Rijeka Neretve i Trebišnjice**

**(Ugovor #: BA&CR-NTMP-GEF-QCBS-CS-11-08)**

**Matematički model**

**PLUVIOMETRIJSKA STUDIJA**

**Studen 2014**



## Pregled sadržetka

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. METEOROLOŠKE POSTAJE. DOSTUPNI PODACI OBORINA.</b> .....	<b>2</b>
<b>3. PROCJENA PODATAKA</b> .....	<b>4</b>
<b>4. STUDIJA MAKSIMALNE DNEVNE OBORINE</b> .....	<b>12</b>
4.1. Sliv rijeke Neretve .....	12
4.2. Sliv rijeke Trebišnjice.....	22
<b>5. IZRAČUN MAKSIMALNIH OBORINA ZA 24 SATA</b> .....	<b>37</b>
<b>6. PROCJENA AREALNE OBORINE</b> .....	<b>39</b>
6.1. Sliv Neretve .....	39
6.1.1. Metoda Thiessen poligona.....	39
6.1.2. Metoda inverzne ponderirane udaljenosti.....	41
6.2. Sliv rijeke Trebišnjice.....	44
6.3. Slivovi Rijeka Neretve i Trebišnjice .....	48
<b>7. VREMENSKA RASPODJELA PADALINA</b> .....	<b>52</b>
7.1. Krivulje Intenziteta -Trajanja – Čestine ( frekvence).....	52
7.2. Dobivanje hijetograma.....	53
7.3. Trajanje oluje .....	58





## 1. UVOD

---

Cilj ove studije je izračunati maksimalne dnevne oborine (PMD) i maksimalne oborine u 24 sata (Pmax24) za različite periode povrata na svim kišomjernim postajama koje se nalaze u slivovima ove studije i koje raspolažu sa dovoljno podataka.

Vrijednosti maksimalnih dnevnih količina oborina su bitni podaci u procesu izračuna. Cilj je procijeniti pomoću statističke metode maksimalne oborine koja će se registrirati u jednom danu na svakoj meteorološkoj postaji a potom proširiti ovu informaciju na cijelo područje koje zauzimaju slivovi. Od dobivenih vrijednosti izračunat će se maksimalne oborine u 24 sata i nacrtat će se karte sa izohijetama za različite periode povrata (50,100 i 500 godina).

Također, izračunat će se dizajnirane oluje (projektirani pljuskovi) za spomenute periode povrata. S toga, od maksimalne oborine u 24 sata po kišomjernim postajama izračunat će se maksimalna arealna oborina i dobit će se raster sloj oborina koji će pokrivat cijelo područje studije.

Da bi se dobila vremenska raspodjela oborina dizajnirane oluje (projektiranog pljuska) primijenit će se na maksimalnu oborinu sintetički hijetogram.

Projektirani pljuskovi u raster formatu tako dobiveni za različite periode povrata bit će uvedeni kao ulazni podaci količine padalina u hidrološki model HEC-HMS s ciljem njegovog kalibriranja u različitim točkama sliva u kojem su na raspolaganju hidrogrami za različite periode povrata.

## 2. METEOROLOŠKE POSTAJE. DOSTUPNI PODACI OBORINA.

Dostupni su sljedeći podaci ukupne dnevne oborine (mm/dnevni) za slivove rijeka Neretve i Trebišnjice.

Postaja	Razdoblje podataka 1	Razdoblje podataka 2	Razdoblje podataka 3
BLAGAJ	1955-1989	--	--
BLIDINJE JEZERO	1957-1975	--	2008-2009
BODEZISTE	1960-1990	--	--
CRNAC	1960-1988	--	--
DREŽNICA	1956-1987	--	--
DREŽNICA - DREŽANKA	--	2002-2006	--
DRINOVCI	1940-1988	--	--
GLAVATIČEVO MOST	--	2002-2006	2005-2009
GORNJA BIJELA	1959-1988	--	--
G. GRABOVICA	1976-1990	--	--
GORNJA TUSILA	1960-1972	--	--
GRUDE	1950-1987	--	--
IDBAR	--	2002-2006	2006-2009
HE JABLANICA	--	2002-2006	2006-2008
LUKAVAC - BJELAŠNICA	--	--	2005-2012
OBALJ	1960-1988	--	--
ODŽACI	--	2002-2006	2005-2009
OSTROZAC	1952-1980	--	--
RAKITNO	1956-1998	--	--
HE SALAKOVAC - BRANA	--	2002-2006	2006-2009
SOLAKOVA KULA	1960-1990	--	--
STRIZEVO	1959-1989	--	--
UMOLJANI	1960-1987	--	2007-2009
VIR	1953-1984	--	--
D. LJUTA	--	2002-2006	2005-2009
GORANI	--	2002-2006	2006-2009
JABLANICA - DOLJANKA	--	2002-2006	2006-2009
KONJIC – HAGENUK	--	2002-2006	2005-2009
HMP GRAČANICA	--	--	2008-2009
HMP HUMAC	--	--	2006-2009
MP ČITLUK	--	--	2007-2009
MP ČUHOVIĆI	--	--	2007-2009
MP IVAN SEDLO	--	--	2005-2012
MP JASENIK	--	--	2007-2009
MP JASENJANI	--	--	2007-2009
MP LIVNO	--	--	2007-2009
MP MOSTAR	--	--	2005-2012
MP POSUŠJE	--	--	2007-2009
MP RAMA	--	--	2007-2009
MP ŠIROKI BRIJEG	--	--	2007-2009

Postaja	Razdoblje podataka 1	Razdoblje podataka 2	Razdoblje podataka 3
MP SOVIĆI	--	--	2007-2009
MP STOLAC	--	--	2007-2009
MP TOMISLAVGRAD	--	--	2007-2009
MS BEGANOVIĆI - KOZO	--	--	2008-2009

Tablica 1. Ukupna dnevna oborina na postajama (sliv rijeke Neretve)

Postaja	Razdoblje podataka 1	Razdoblje podataka 2	Razdoblje podataka 3
BERKOVIĆI	--	1957-1990	1994-2012
BEŽDEDE	--	--	2008-2012/13
BILEĆA	1947-1950	1952-1990	1994-2012
ČEMERNO	--	1958-1990	2000-2012
CRKVICE DONJE	1968-1972	1978-1980	1987-2012
DONJI DREŽANJ	--	--	1998-2012/13
DONJE KRTINJE	--	--	1994-2012/13
DOMAŠEVO	--	1968-1974	2000-2012/13
GACKO	--	1948-1990	1996-2012
JASENIK	--	--	1994-2012
KIFINO SELO	--	1973-1990	2008-2012/13
KOKORINA	--	--	2008-2012/13
KRSTACE	--	1962-1990	2008-2012
LJUBINJE	1947-1954, 1956-1963	1965-1984, 1986	2000-2012
MEKA GRUDA - HODŽICI	--	1958-1990	1994-2012
MIRILOVIĆI	--	1961-1990	2008-2012/13
NEVESINJE	1940, 1947-1950	1953-1954, 1956-1990	1994-2012
PLANA	1953-1958	1960-1992	2000-2012
PRERACA	--	--	2008-2012/13
RIOCA	--	1959-1990	2000-2012
SOMINA	--	1970-1986	--
ŠIPAČNO	--	1963-1990	2008-2012/13
SLATO POLJE	--	1962-1990	2008-2012/13
SLIVLJE	--	1962-1990	2008-2012
STEPEN	--	--	1953-2012
TREBINJE	1940-1944	1949-1988	1997-2012
TRUSINA	--	1961-1990	2008-2012/13
VRANJSKA	--	--	2008-2012
VUČIJA	--	--	2008-2012
ZAGRADCI	1958-1990	2000-2002	2008-2012/13

Tablica 2. Ukupna dnevna oborina na postajama (sliv rijeke Trebišnjice)

### 3. PROCJENA PODATAKA

#### Dnevna oborina. Procjena maksimalne mjesečne vrijednosti.

Nakon što su se prikupili svi postojeći podaci, isti su se analizirali i izračunale su se mjesečne maksimalne vrijednosti dnevnih oborina.

Stoga, uzimajući u obzir format podataka koji je osiguran, izračunate su vrijednosti maksimalnih dnevnih oborina za svaki mjesec tijekom cijelog razdoblja dostupnih podataka za sve postaje i izrađena je nova datoteka sa maksimalnim mjesečnim vrijednostima dnevnih oborina za dvanaest mjeseci tijekom cijelog razdoblja dostupnih podataka. Nadalje, izračunata je maksimalna vrijednost oborine za svaku godinu i za cijelo razdoblje dostupnih podataka.

Navedeno je da hidrološka godina počinje u listopadu i završava u rujnu sljedeće godine. To znači primjerice, da hidrološka godina 1990/91 bit će od listopada 1990 do rujna 1991. U pravilu, za onaj mjesec za koji nedostaju podaci za nekoliko dana, maksimalne vrijednosti nisu izračunate, iako je, u nekim slučajevima, zbog kratke duljine nizova podataka smatrana pouzdanom maksimalna vrijednost oborine nekog mjeseca iako nedostaju podaci za neke dane. Za mjesece bez podataka stavili smo u datotekama vrijednost -100,0.

Za detaljniju analizu podataka korišten je softver CHAC verzija 5.06 Beta 1 siječanj 2013. To je besplatan i dostupan softver koji je izrađen od strane Centra za studije i istraživanja javnih radova (CEDEX) koji pripada španjolskoj vladi. Možete ga preuzeti sa <http://hercules.cedex.es/chac>.

Za pokretanje ovog softvera, ulazne datoteke nazvane "Dnevni podaci oborina-CHAC-2013.xls" i "Dnevni podaci oborina CHAC-TREB30-2013.xls su napravljene i sadržavaju vrijednosti maksimalne dnevne oborine za svaki mjesec za sve postaje i cijelo razdoblje dostupnih podataka.

Sljedeće postaje nemaju dovoljno podataka i nemoguće je napraviti neku statističku obradu u svezi njih.

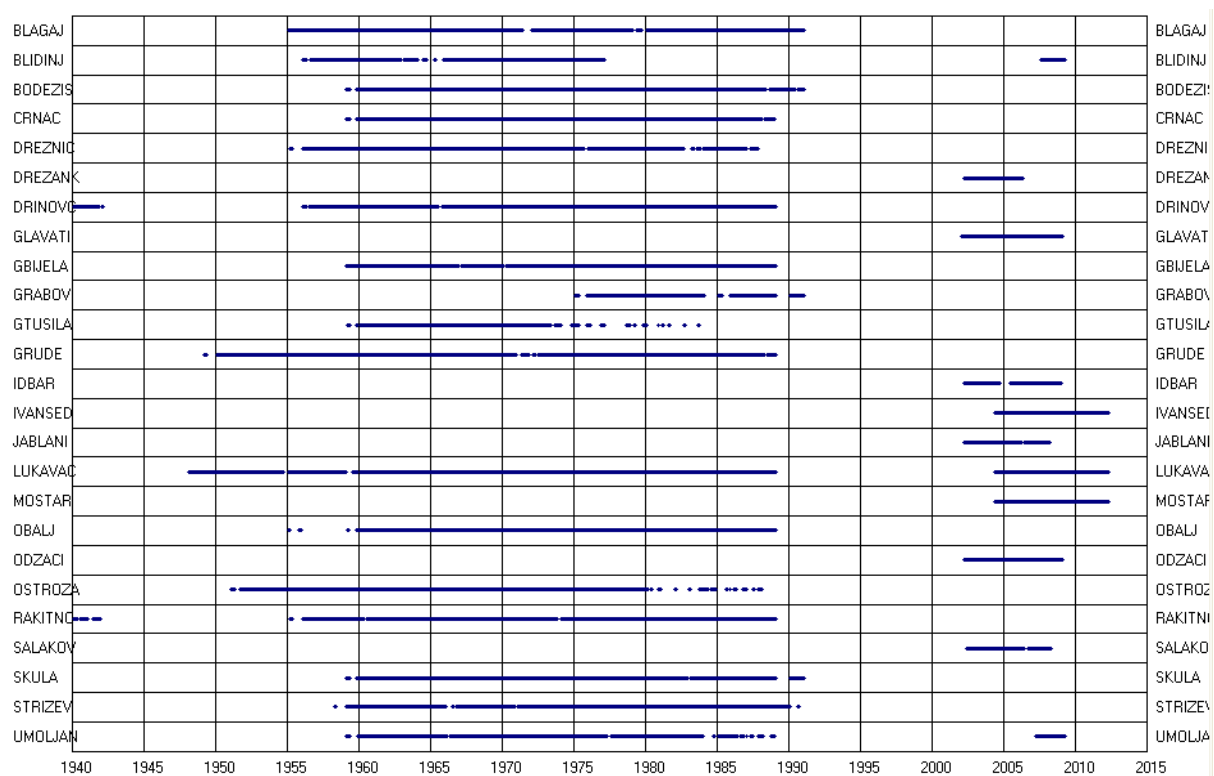
Postaja	Sliv	Razdoblje podataka 1	Razdoblje podataka 2	Razdoblje podataka 3
MP ČITLUK	Neretva	--	--	2007-2009
MP LIVNO	Neretva	--	--	2007-2009
MP POSUŠJE	Neretva	--	--	2007-2009
MP RAMA	Neretva	--	--	2007-2009
MP ŠIROKI BRIJEG	Neretva	--	--	2007-2009
MP STOLAC	Neretva	--	--	2007-2009
BEŽDEĐE	Trebišnjica	--	--	2008-2012/13
KOKORINA	Trebišnjica	--	--	2008-2012/13

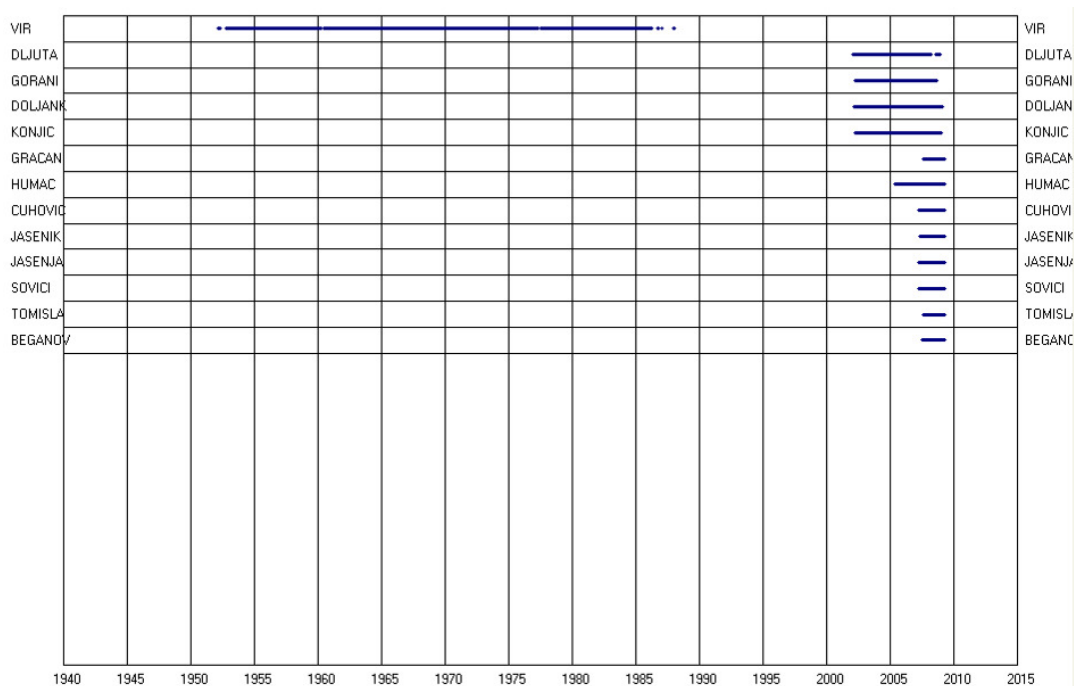
Postaja	Sliv	Razdoblje podataka 1	Razdoblje podataka 2	Razdoblje podataka 3
PRERACA	Trebišnjica	--	--	2008-2012/13
VRANJSKA	Trebišnjica	--	--	2008-2012
VUČIJA	Trebišnjica	--	--	2008-2012

Tablica 3. Oborinske postaje sa previše kratkim razdobljima podataka

To se može vidjeti dalje na ostalim postajama koje su također bile odbačene zbog nedostatka kontinuiranog dovoljno velikog zapisa.

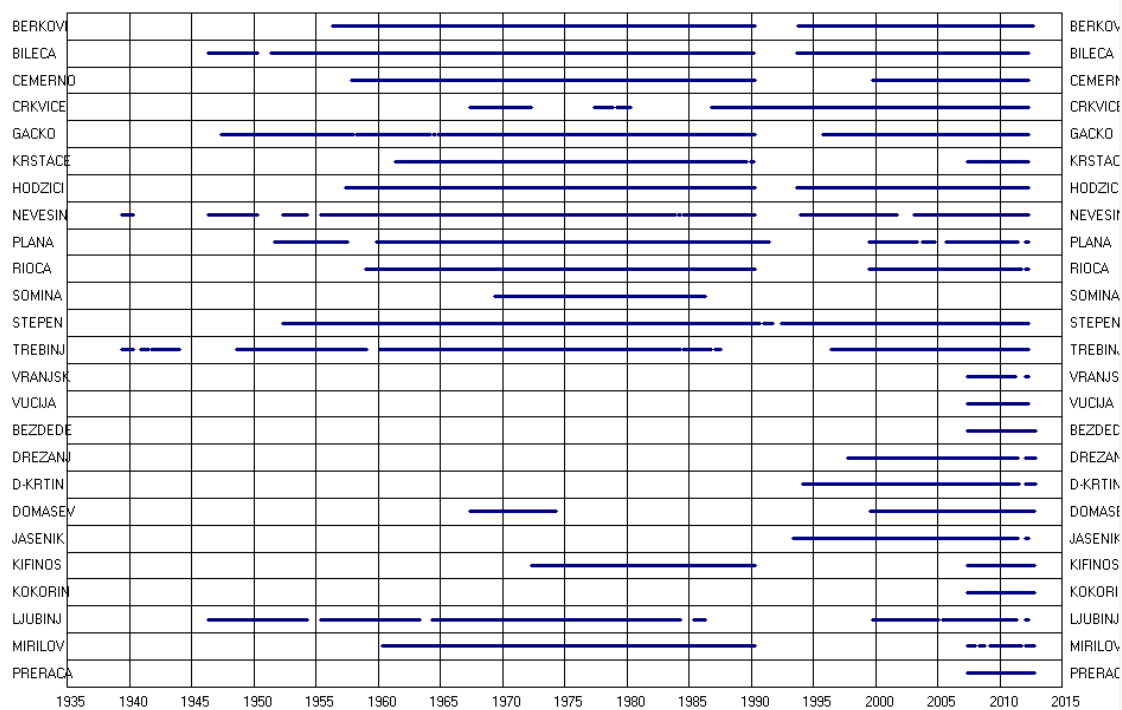
U nastavku se daje vremenski okvir sa razdobljima dostupnih podataka na 38 postaja uzetih u obzir za 73 godine podataka (1949/41-2012/13) na slivu rijeke Neretve.

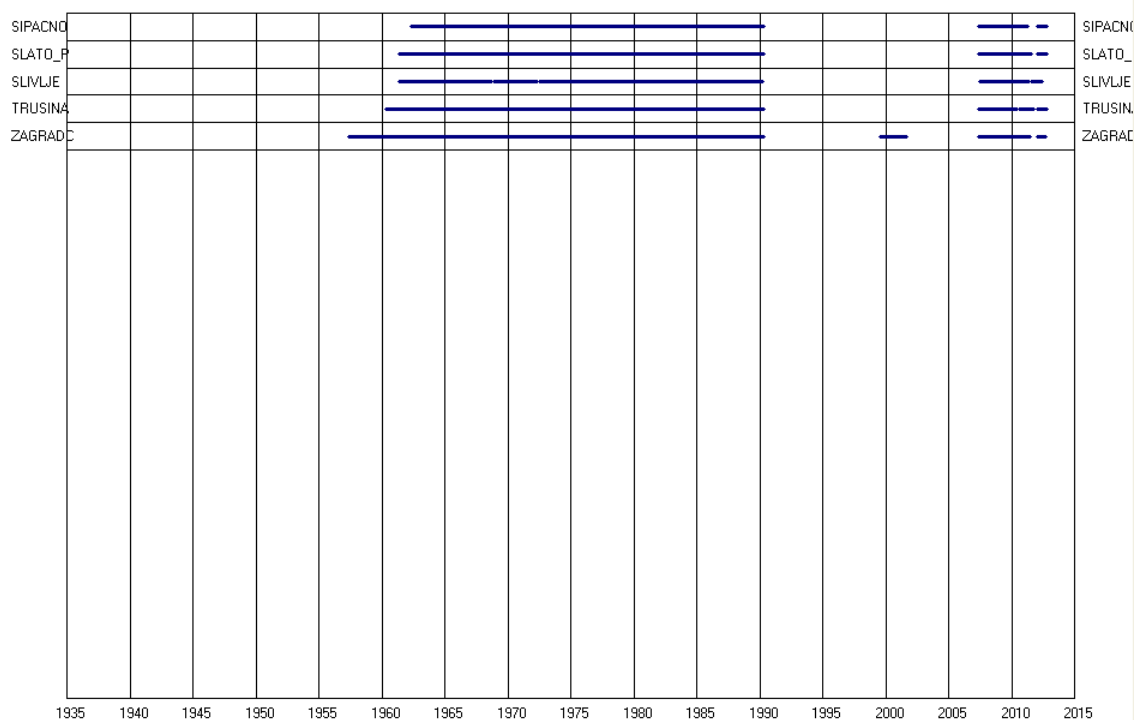




Slika 1. Dostupna razdoblja podataka na oborinskim postajama (sliv rijeke Neretve)

I u nastavku se daje vremenski okvir sa razdobljima dostupnih podataka na 30 postaja promatranih za 74 godine podataka (1939/40-2012/13) na slivu rijeke Trebišnjice.





Slika 2. Razdoblja dostupnih podataka na oborinskim postajama (sliv rijeke Trebišnjice)

Prva analiza podataka je prikazana u sljedećim tablicama:

Postaja	Kod postaje	Ukupno godina	Pune godine	Prosjek	CV	CS
Blagaj	BLAGAJ	61	26	68,44	0,29	0,839
Blidinje Jezero	BLIDINJ	61	4	98,73	0,29	-0,003
Bodeziste	BODEZIS	33	22	93,60	0,27	0,063
Crnac	CRNAC	51	24	112,80	0,31	0,556
Drežnica	DREZNIC	36	26	99,17	0,27	0,689
Drežnica - Drezanka	DREZANK	19	3	224,57	0,48	-0,227
Drinovci	DRINOVČ	52	20	123,79	0,42	1,140
Glavatićevo Most	GLAVATI	18	7	90,59	0,27	0,052
Gornja Bijela	GBIJELA	41	27	118,01	0,22	0,963
Gornja Grabovica	GRABOVI	16	12	130,33	0,26	0,284
Gornja Tusila	GTUSILA	48	11	104,32	0,29	0,074
Grude	GRUDE	42	27	90,53	0,34	1,555
Idbar	IDBAR	19	3	136,93	0,44	-0,438
Ivan Sedlo	IVANSED	9	7	72,29	0,24	0,090
HE Jablanica <sup>(1)</sup>	JABLANI	8	4	368,25	1,04	1,67
Lukavac (Bjelašnica)	LUKAVAC	65	8	73,73	0,43	0,859

Postaja	Kod postaje	Ukupno godina	Pune godine	Prosjek	CV	CS
Mostar	MOSTAR	9	7	80,19	0,34	0,960
Obalj	OBALJ	40	28	76,40	0,40	0,839
Odzaci	ODZACI	20	5	72,70	0,32	0,606
Ostrozac	OSTROZA	40	21	88,86	0,29	1,502
Rakitno	RAKITNO	52	20	114,81	0,45	2,607
Salakovac	SALAKOV	18	4	168,65	0,83	1,758
Salakova Kula	SKULA	32	24	65,78	0,27	0,723
Strizevo	STRIZEV	33	21	161,18	0,24	-0,308
Umoljani	UMOLJAN	60	16	71,17	0,25	1,042
Vir	VIR	43	23	78,96	0,28	0,564
Donja Ljuta	DLJUTA	18	6	79,22	0,33	0,753
Gorani	GORANI	8	5	76,44	0,21	1,524
Doljanka	DOLJANK	8	6	146,22	0,66	1,850
Konjic-Hagenuk	KONJIC	8	5	121,68	0,48	-0,081
Gračanica	GRACANI	3	1	-100	-100	-100
Humac	HUMAC	5	3	69,37	0,56	1,540
Čuhovići	CUHOVIC	3	0	-100	-100	-100
Jasenik	JASENIK	3	1	-100	-100	-100
Jasenjani	JASENJA	3	0	-100	-100	-100
Sovići	SOVICI	3	1	-100	-100	-100
Tomislavgrad	TOMISLA	3	1	-100	-100	-100
Beganovići-Kozo	BEGANOV	3	0	-100	-100	-100

(1) Vidi tablicu 7

**Tablica 4. Statistika za dnevne oborine postaja (sliv rijeke Neretve)**

Postaja	Kod postaje	Ukupno godina	Pune godine	Prosjek	CV	CS
Berkovići	BERKOVI	57	50	86,53	0,24	0,491
Bežđeđe	BEZDEDE	6	4	128,00	0,25	-0,081
Bileća	BILECA	67	59	88,69	0,38	1,761
Čemerno	CEMerno	56	44	94,80	0,33	2,265
Crkvice	CRKVICE	46	26	94,84	0,16	-0,513
Domaševo	DOMASEV	46	17	133,94	0,21	0,780
Donje Krtinje	D-KRTIN	20	17	145,25	0,25	0,289
Donji Drežanj	DREZANJ	16	11	103,41	0,26	-0,311
Gacko	GACKO	66	52	92,09	0,31	1,145
Jasenik	JASENIK	20	17	86,46	0,25	0,932
Kifino Selo	KIFINOS	41	21	80,03	0,23	0,397
Kokorina	KOKORIN	6	4	102,75	0,26	-0,191
Krstace	KRSTACE	52	26	109,50	0,27	0,951
Ljubinje	LJUBINJ	67	43	118,06	0,29	0,729
Meka Gruda - Hodžici	HODZICI	56	47	90,13	0,26	0,841



Postaja	Kod postaje	Ukupno godina	Pune godine	Prosjek	CV	CS
Mirilovići	MIRILOV	53	30	110,50	0,29	0,882
Nevesinje	NEVESIN	74	50	91,35	0,32	1,038
Plana	PLANA	62	41	85,42	0,32	1,316
Preraca	PRERACA	6	3	93,70	0,06	1,624
Rioca	RIOCA	55	37	95,84	0,27	0,766
Šipačno	SIPACNO	51	27	99,77	0,29	0,782
Slato Polje	SLATO_P	52	31	93,11	0,31	1,196
Slivlje	SLIVLJE	52	23	90,34	0,41	2,109
Somina	SOMINA	18	16	101,54	0,26	0,499
Stepen	STEPEN	61	54	83,79	0,26	0,736
Trebinje	TREBINJ	74	50	103,11	0,36	0,619
Trusina	TRUSINA	53	31	99,64	0,37	1,268
Vranjska	VRANJSK	6	3	72,47	0,21	-0,821
Vučija	VUCIJA	6	4	132,13	0,14	-0,620
Zagradci	ZAGRADC	56	36	102,18	0,31	1,334

**Tablica 5. Statistika za dnevne oborine postaja (sliv rijeke Trebišnjice)**

Prikazan je ukupan broj godina nizova podataka kao i broj potpunih godina, bez jednog dana propusta podataka i s toga sa vrijednostima maksimalnih dnevnih oborina u godini za sve mjesece u godini. Prosječna vrijednost maksimalne dnevne oborine je izračunata kao i koeficijent varijacije (CV) i koeficijent asimetričnosti (CS).

U teoriji vjerojatnosti i statistike koeficijent varijacije (CV) je normalna mjera disperzije raspodjele vjerojatnosti. To je definirano kao omjer standardne devijacije  $\sigma$  kroz srednju vrijednost  $\mu$  :

$$C_v = \frac{\sigma}{\mu}$$

To je samo definirano za ne-nulti prosjek i najkorisnije za promjenljive koje su uvijek pozitivne. Također je poznato u bloku rizika ili koeficijenta varijacije.

Standardna devijacija statističke populacije, skupa podataka, ili raspodjela vjerojatnosti je kvadratni korijen njegove varijacije. Standardna devijacija je široko korištena mjera za promjenljivost ili disperzije, iako je algebarski lakša za obradu ipak je praktički manje čvrsta od očekivanog odstupanja ili prosječne apsolutne devijacije.

Jednostavno rečeno, to pokazuje kolika je varijacija iz “prosjeaka” (srednja vrijednost). To može biti smatrano kao prosječna razlika od zbrojeva srednje raspodjele, koliko su daleko od srednje vrijednosti. Nisko standardna devijacija ukazuje da točke podataka teže da budu vrlo blizu prosjeaka, dok visoko standardno odstupanje ukazuje da se podaci šire u velikom rasponu vrijednosti.

Koeficijent asimetričnosti (CS) je mjera asimetričnosti raspodjele vjerojatnoće realne vrijednosti slučajne varijable.

U ovom slučaju, općenito, vrijednosti koeficijenta varijacije (CV) su kod 0.3, iako postoje neki slučajevi kada se pojavljuju abnormalno visoke vrijednosti. To su:

Postaja	Kod postaje	Sliv	Pune godine	Prosjek	CV	CS
Drežnica - Drezanka	DREZANK	Neretva	3	224,57	0,48	-0,227
Drinovci	DRINOVC	Neretva	20	123,79	0,42	1,140
Iđbar	IDBAR	Neretva	3	136,93	0,44	-0,438
HE Jablanica	JABLANI	Neretva	4	368,75	1,04	1,67
Lukavac (Bjelašnica)	LUKAVAC	Neretva	8	73,73	0,43	0,859
Obalj	OBALJ	Neretva	28	76,40	0,40	0,839
Rakitno	RAKITNO	Neretva	20	114,81	0,45	2,607
Salakovac	SALAKOV	Neretva	4	168,65	0,83	1,758
Doljanka	DOLJANK	Neretva	6	146,22	0,66	1,850
Konjic-Hagenuk	KONJIC	Neretva	5	121,68	0,48	-0,081
Humac	HUMAC	Neretva	3	69,37	0,56	1,540
Bileća	BILECA	Trebišnjica	59	88,69	0,38	1,761
Čemerno	CEMerno	Trebišnjica	44	94,80	0,33	2,265
Slivlje	SLIVLJE	Trebišnjica	23	90,34	0,41	2,109
Trebinje	TREBINJ	Trebišnjica	50	103,11	0,36	0,619
Trusina	TRUSINA	Trebišnjica	31	99,64	0,37	1,268

**Tablica 6. Oborine na postajama sa abnormalno visokim vrijednostima koeficijenta varijacije**

Pregled podataka u svezi sa ovim postajama je urađen i otkrivene su sljedeće postaje:

- DREŽANKA: Riječ je o vrlo kratkim nizovima vrijednosti sa vrlo visokim vrijednostima maksimalnih dnevnih oborina, sa istaknutom vrijednosti od 329 mm u prosincu 2004, zajedno sa vrlo niskim vrijednostima (nula oborina u veljači i ožujku 2003), to je ono što stvara vrlo visok koeficijent varijacije. Međutim, imajući samo 3 godine sa potpunim podacima na raspolaganju nemoguće je koristiti statističke podatke.
- DRINOVC: Nema nepravilnosti u promatranim podacima.
- IDBAR: Nema nepravilnosti u promatranim podacima. Međutim, imajući na raspolaganju 3 godine sa potpunim podacima nemoguće je koristiti statističke podatke.
- JABLANICA: U prosincu 2004, nedostatak je uočen u svezi sa vrijednosti 928,4 mm maksimalnih dnevnih padalina. Ova vrijednost ne može se smatrati stvarnom, to je razlog što smo je uklonili, a potom izmijenili statističku vrijednost i ispod su rezultati:

Postaja	Kod postaje	Sliv	Potpune godine	Prosjek	CV	CS
HE Jablanica	JABLANI	Neretva	3	182,16	0,636	1,587

**Tablica 7. Nove statistike za meteorološku postaju HE Jablanica**

- LUKAVAC (Bjelašnica): Ovdje je promatrana vrijednost 134,8 mm ili maksimalna dnevna oborina 2-og lipnja 2009. Ali nije moguće osigurati da se događa zbog bilo kojeg nedostatka.
- OBALJ: Nema zabilježenih nedostataka u podacima.
- RAKITNO: Ovdje je promatrana vrijednost 300,8 mm maksimalnih dnevnih oborina u studenom 1968 ali je nemoguće ustvrditi da se događa zbog bilo kojeg nedostatka.
- SALAKOVAC: Ovdje je promatrana vrijednost 374,3 mm maksimalne dnevne oborine u lipnju 2006 godine ali nije moguće ustvrditi da se događa zbog bilo kojeg nedostatka. Međutim, imajući na raspolaganju samo 4 godine sa potpunim podacima nemoguće je koristiti statističke podatke.
- DOLJANKA: Ovdje je promatrana vrijednost 330,5 mm maksimalne dnevne oborine u listopadu 2008, ali je nemoguće ustvrditi da se događa zbog bilo kojeg nedostatka.
- KONJIC: Nema nedostataka u promatranim podacima.
- HUMAC: Nema nedostataka u promatranim podacima. Međutim, imajući na raspolaganju 3 godine sa potpunim podacima, nemoguće je koristiti statističke podatke.
- JASENJANI: Ovdje je abnormalna vrijednost u ožujku 2009, 928,7 mm maksimalnih dnevnih oborina. Ova vrijednost ne može se smatrati stvarnom iz tog razloga je eliminirana. Međutim, ne postoje potpuni godišnji podaci tako da je nemoguće koristiti statističke podatke.
- BILEĆA: Ovdje je promatrana vrijednost od 212 mm za maksimalne dnevne oborine 25-og rujna 1984. Ali je nemoguće osigurati da se to događa zbog bilo kojeg nedostatka.
- ČEMERNO: Ovdje je promatrana vrijednost od 226 mm za maksimalne dnevne oborine 12-og listopada 1964. Ali je nemoguće osigurati da se to događa zbog bilo kojeg nedostatka.
- SLIVLJE: Ovdje je promatrana vrijednost od 201 mm za maksimalne dnevne oborine 12-og listopada 1964. Ali je nemoguće osigurati da se to događa zbog bilo kojeg nedostatka.
- TREBINJE: Ovdje je promatrana vrijednost od 210 mm za maksimalne dnevne oborine 19-og studenog 1985. Ali je nemoguće osigurati da se to događa zbog bilo kojeg nedostatka.
- TRUSINA: Ovdje je promatrana vrijednost od 210 mm za maksimalne dnevne oborine 20-og listopada 1961. Ali je nemoguće osigurati da se to događa zbog bilo kojeg nedostatka.

## 4. STUDIJA MAKSIMALNE DNEVNE OBORINE

---

Za izračun dnevne padaline za različite periode povrata za svaku od kišomjernih postaja, studija raspodjele vjerojatnosti za godišnje nizove maksimalnih dnevnih oborina provedena je u sljedećim raspodjelama:

- Normalna
- Gumbel-va: moment, maksimalne vjerojatnosti i ponderirani moment
- SQRT
- GEV: Moment, maksimalne vjerojatnosti i ponderirani moment
- Log Pearson III.

Općenito, najbolje prilagodbe se postižu korištenjem raspodjele funkcija Gumbel i GEV.

U teoriji vjerojatnosti i statistici Gumbel-ova raspodjela koristi se za model raspodjele maksimuma (ili minimuma) broja uzoraka raznih raspodjela. Primjerice, možemo je koristiti za predstavljanje raspodjele maksimalne kiše u slivu u određenoj godini ako smo imali popis maksimalnih vrijednosti za posljednjih deset godina. Ovo je korisno u predviđanjima prilika ekstremne kiše, poplava ili drugih prirodnih katastrofa koje će se dogoditi.

Potencijalna primjenljivost Gumbel-ove raspodjele za predstavljanje raspodjele maksimuma koji se odnosi na teoriju ekstremnih vrijednosti što ukazuje da će vjerojatno biti korisno ako je raspodjela osnovnih uzoraka podataka normalnog ili eksponencijalnog tipa.

Gumbel-ova raspodjela je poseban slučaj opće ekstremnih vrijednosti (također poznatih kao Fisher-Tippett raspodjela) i također je poznata kao log-Weibull i dvostruko eksponencijalna raspodjela (koja se ponekad koristi da se odnosi na "Laplace" raspodjelu).

Općenita ekstremna vrijednost raspodjele (GEV) je skup kontinuiranih vjerojatnosti raspodjele razvijenih unutar teorije ekstremnih vrijednosti za kombiniranje Gumbel, Fréchet i Weibull skupina također poznatih kao tip I, II i III ekstremnih vrijednosti raspodjele. Kod teorema ekstremne vrijednosti GEV raspodjela je ograničena maksimalna raspodjela od slijeda neovisnih i identičnih raspodijeljenih slučajnih varijabli. Zbog toga, GEV distribucija se koristi kao aproksimacija za model maksimalnih dugih sekvenci slučajnih varijabli.

### 4.1. Sliv rijeke Neretve

Za izračun maksimalne dnevne oborine Svjetska Meteorološka Organizacija (WMO) preporuča za definiranje nekih reprezentativnih parametara za slivove studije korištenje vremenskih nizova dnevnih

kišnih podataka sa jedinstvenim razdobljem najmanje 30 godina promatranja. Ali, nijedna od postaja na raspolaganju nema potpune godišnje nizove podataka tako duge.

Budući da nijedna postaja ne ispunjava pomenuti uvjet, da bi se dobila dovoljna gustoća postaja analizirala se mogućnost smanjenja pomenutog razdoblja podataka na manji broj godina. Od postaja koje su na raspolaganju 13 imaju nizove od 20 ili više godina, 3 između 11 ili 16 a 22 postaje imaju 8 ili manje godina.

Spomenute statističke prilagodbe su urađene za kišomjerne postaje sa 20 ili više godina podataka. A također i za one 3 postaje koje imaju između 11 i 16 godina podataka. Uočeno je da je prilagodba ove 3 posljednje postaje prilično dobra, i osim toga u skladu sa maksimalnim vrijednostima koje predstavljaju druge obližnje postaje zbog čega je konačno odlučeno da se odaberu sve one postaje sa više od 10 godina potpunih dnevnih oborinskih podataka.

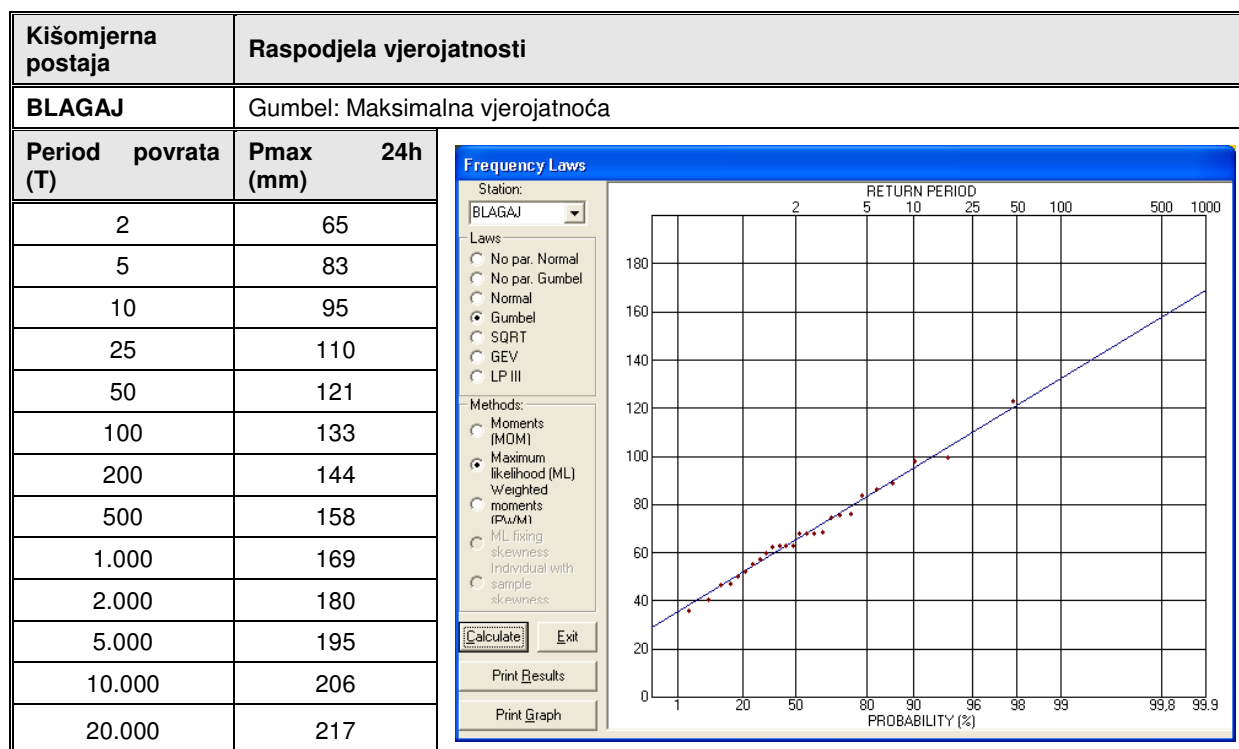
Oborinska mjerenja kada nisu bila adekvatna za obavljanje statističkih proračuna za periode povrata jer su imala manje od 10 godina podataka su sljedeća:

- |                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1) Beganovići - Kozo (0)    | 12) Ivan Sedlo (7)         |
| 2) Blidinje Jezero (4)      | 13) HE Jablanica (3)       |
| 3) Čuhovići (0)             | 14) Jasenik (1)            |
| 4) Jablanica - Doljanka (6) | 15) Jasenjani (0)          |
| 5) Donja Ljuta (6)          | 16) Konjic-Hagenuk (5)     |
| 6) Drežnica - Drežanka (3)  | 17) Lukavac-Bjelašnica (8) |
| 7) Glavatičevo Most (7)     | 18) Mostar (7)             |
| 8) Gorani (5)               | 19) Odžaci (5)             |
| 9) Gračanica (1)            | 20) Salakovac (4)          |
| 10) Humac (3)               | 21) Sovići (1)             |
| 11) Idbar (3)               | 22) Tomislavgrad (1)       |

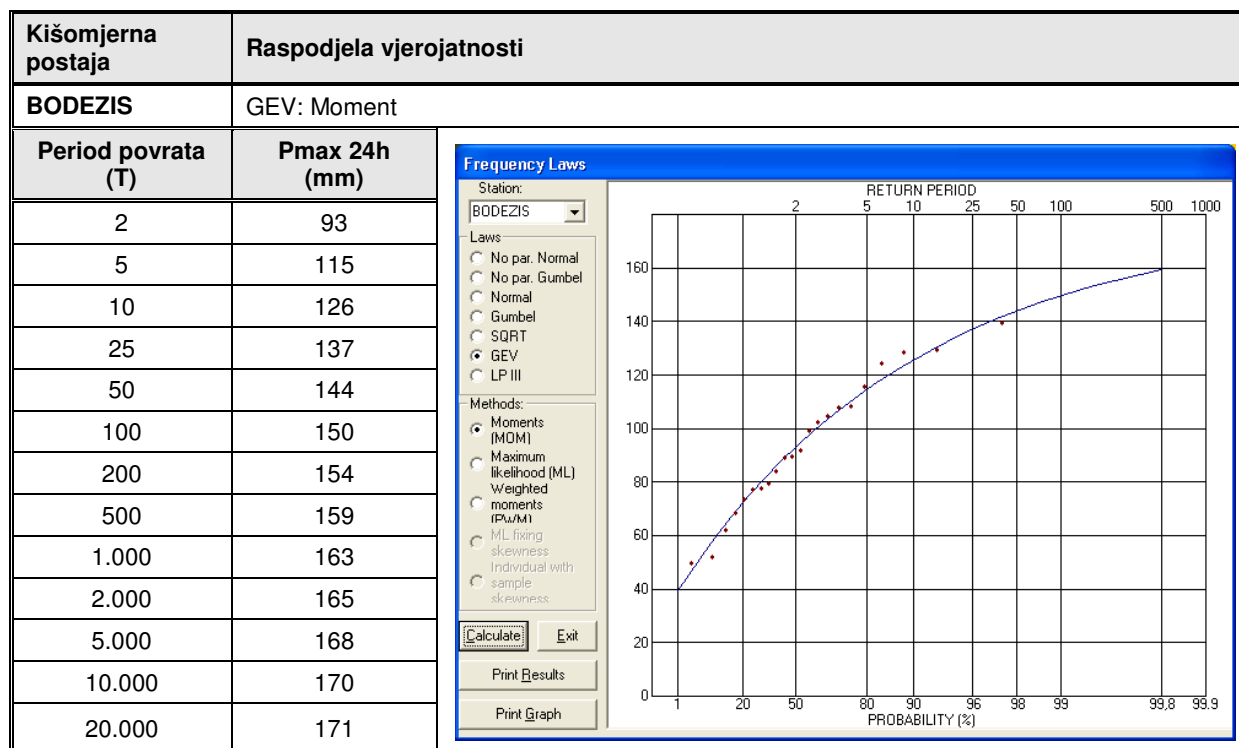
Nadalje su prezentirane dobivene vrijednosti za svaku kišomjernu postaju sa više od 10 godina podataka u svojim nizovima:

- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| 1) Blagaj (26)           | 9) Grude (27)          |
| 2) Bodežiste (22)        | 10) Obalj (28)         |
| 3) Crnac (24)            | 11) Ostrožac (21)      |
| 4) Drežnica (26)         | 12) Rakitno (20)       |
| 5) Drinovci (20)         | 13) Solakova Kula (24) |
| 6) Gornja Bijela (27)    | 14) Strizevo (21)      |
| 7) Gornja Grabovica (12) | 15) Umoljani (16)      |
| 8) Gornja Tusila (11)    | 16) Vir (23)           |

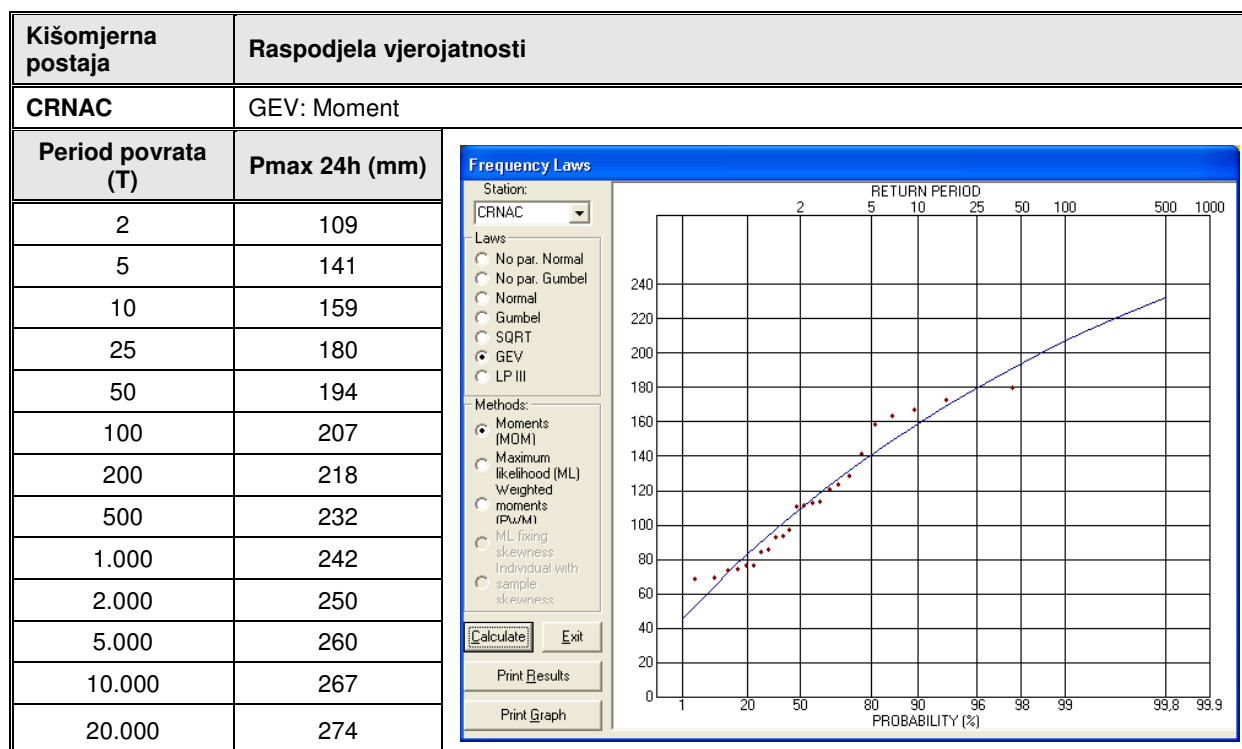
### BLAGAJ



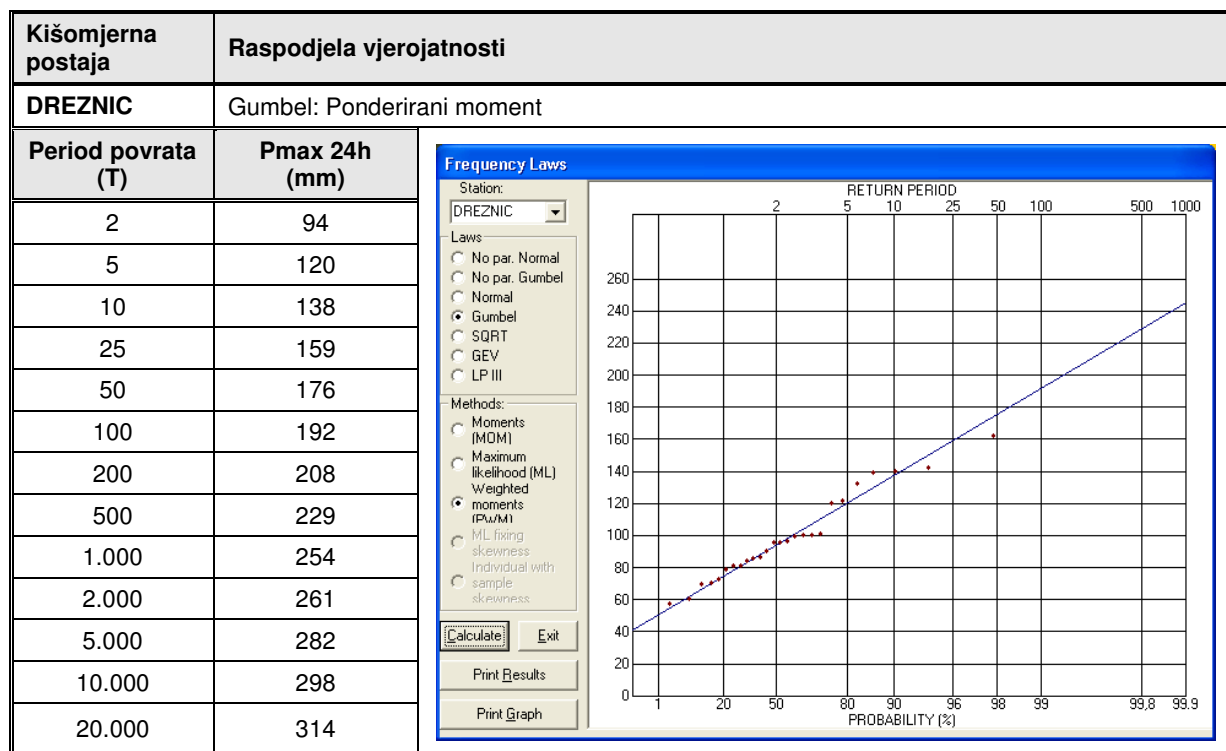
### BODEZISTE



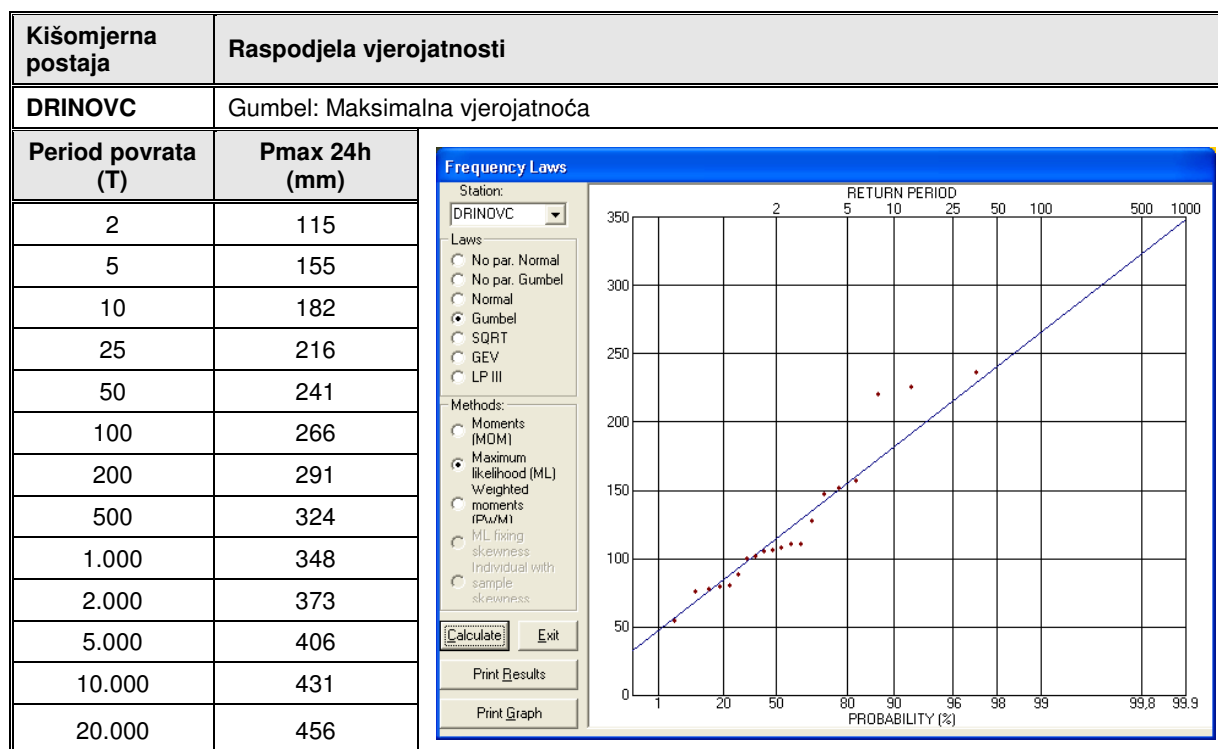
### CRNAC



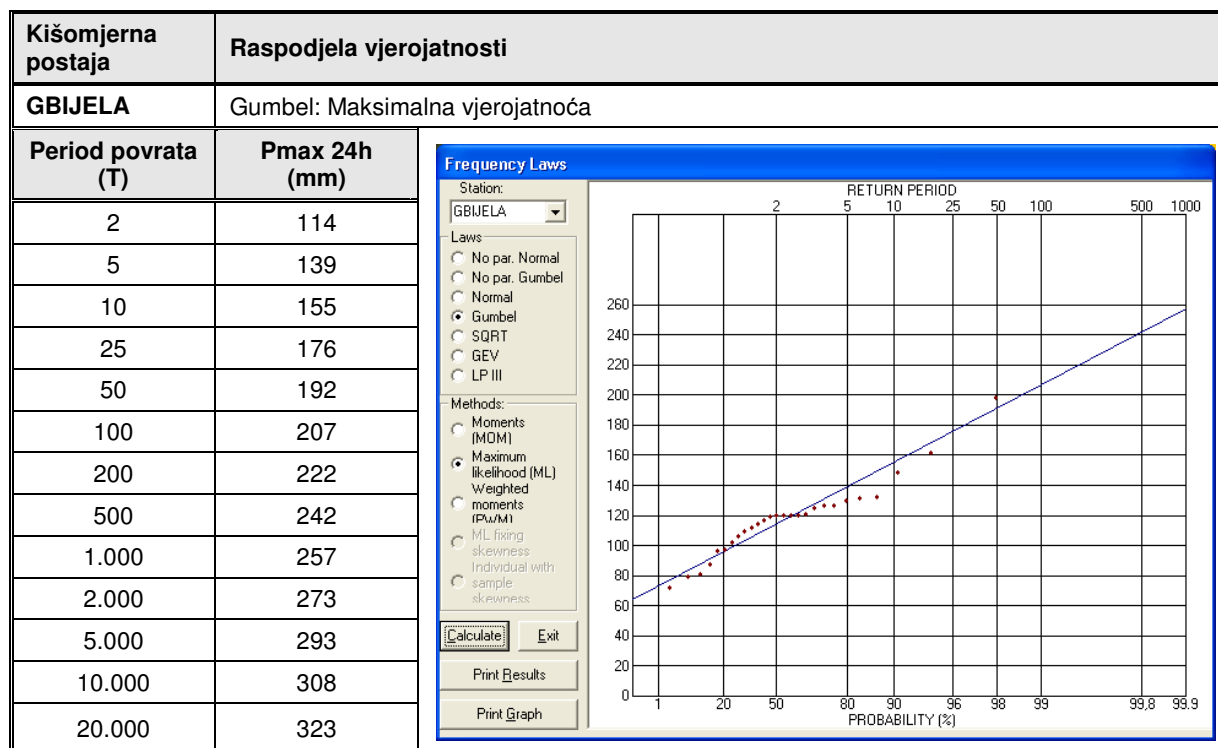
### DREŽNICA



### DRINOVC

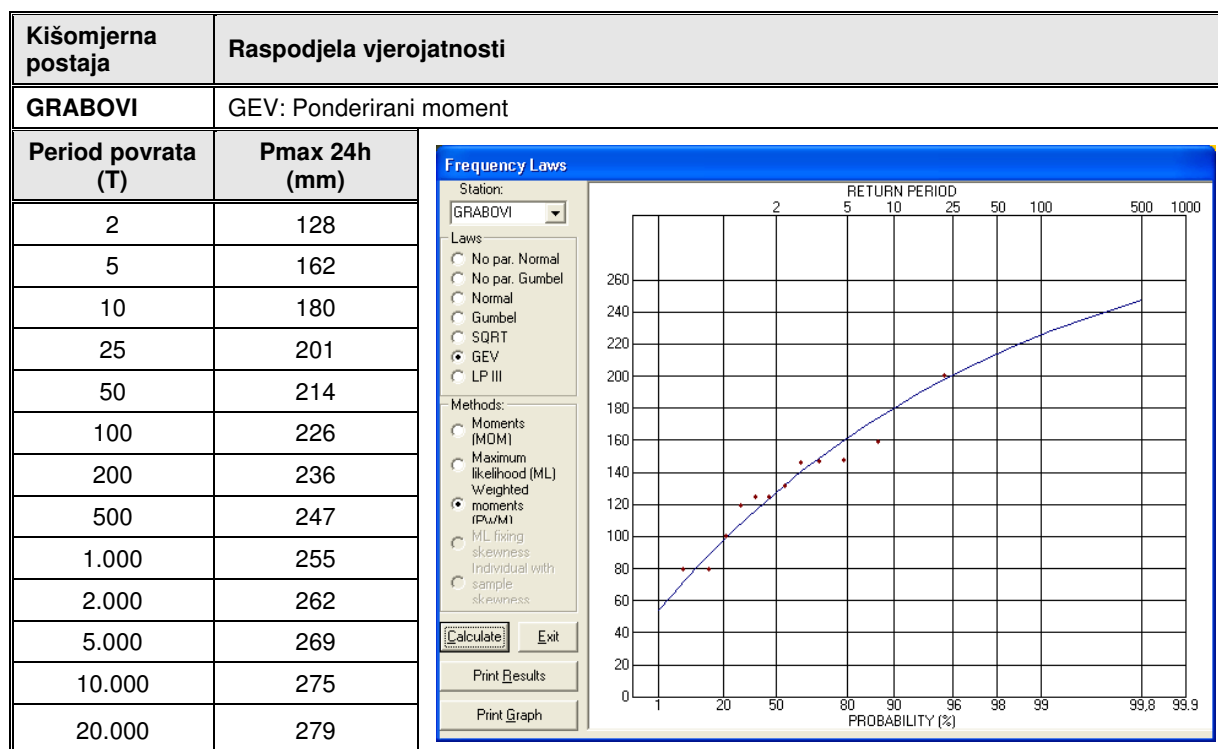


### GORNJA BIJELA

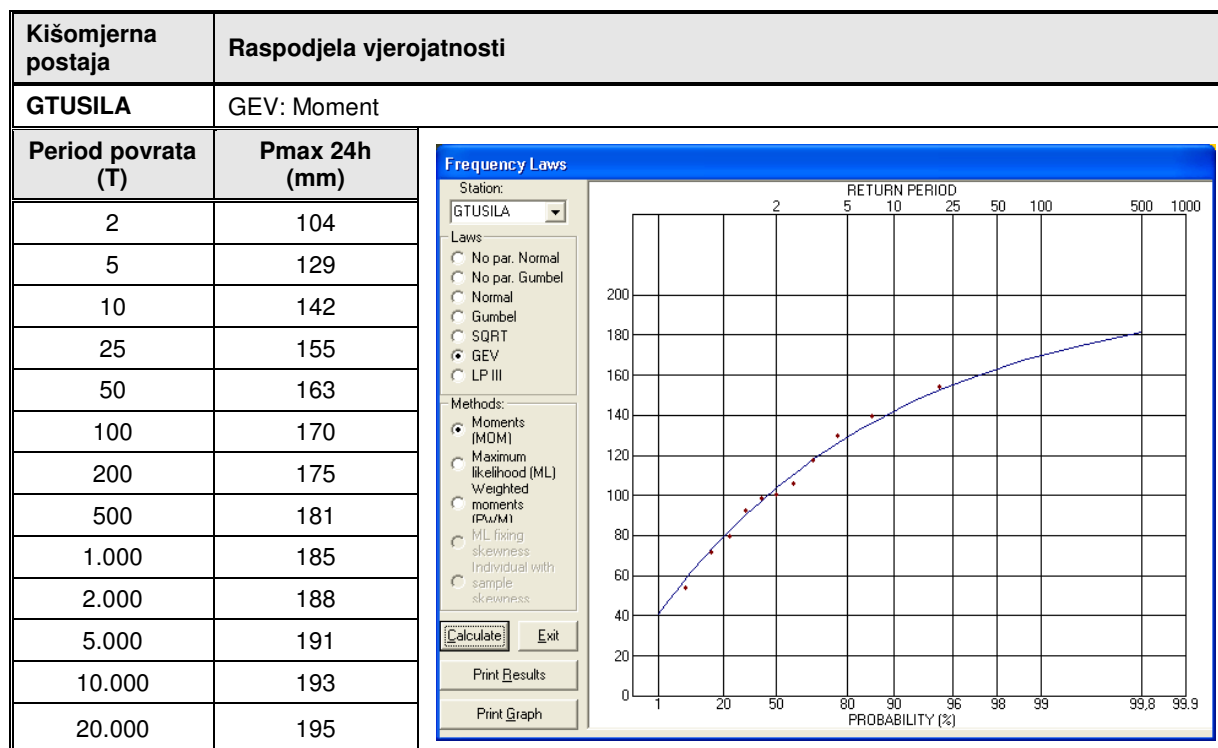




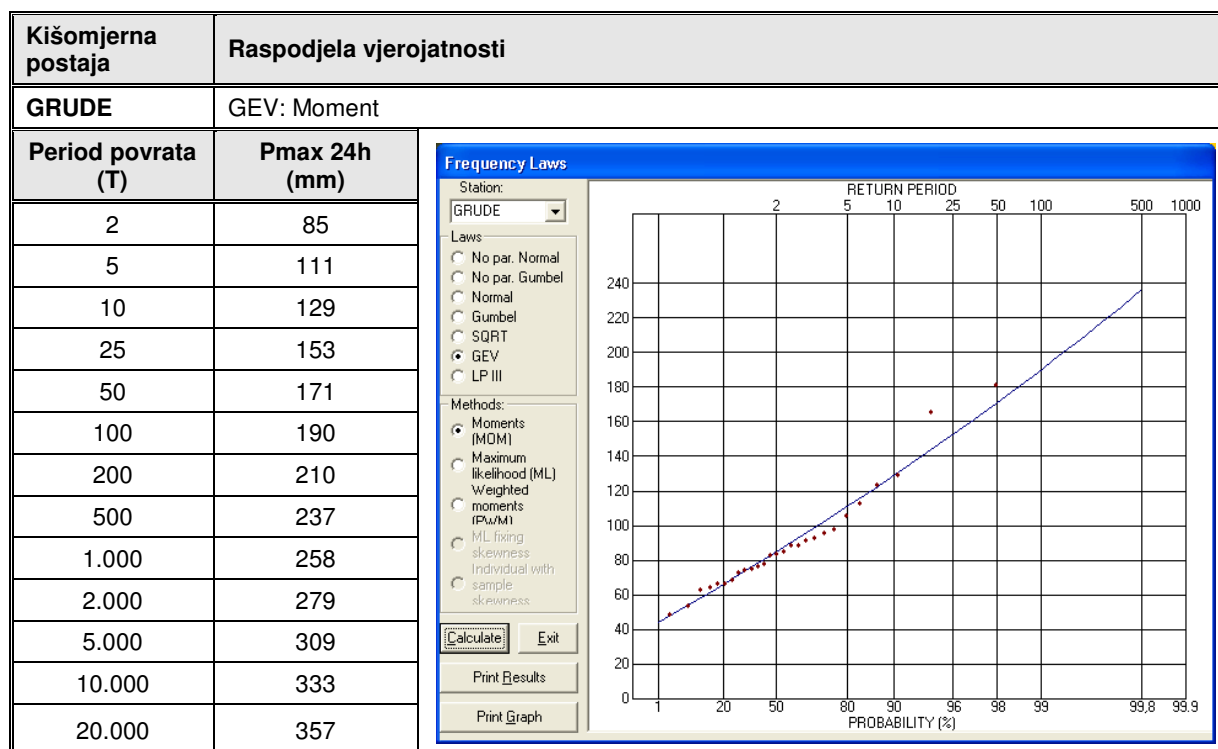
### Gornja GRABOVICA



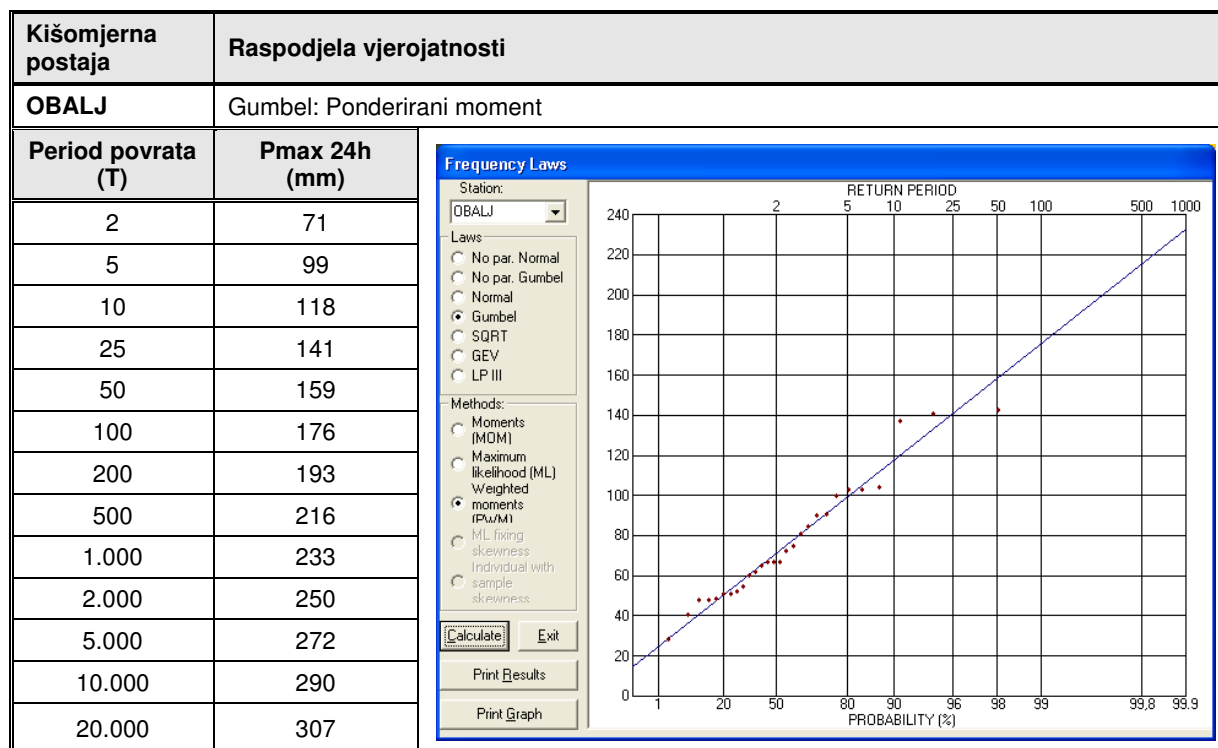
### GORNJA TUSILA



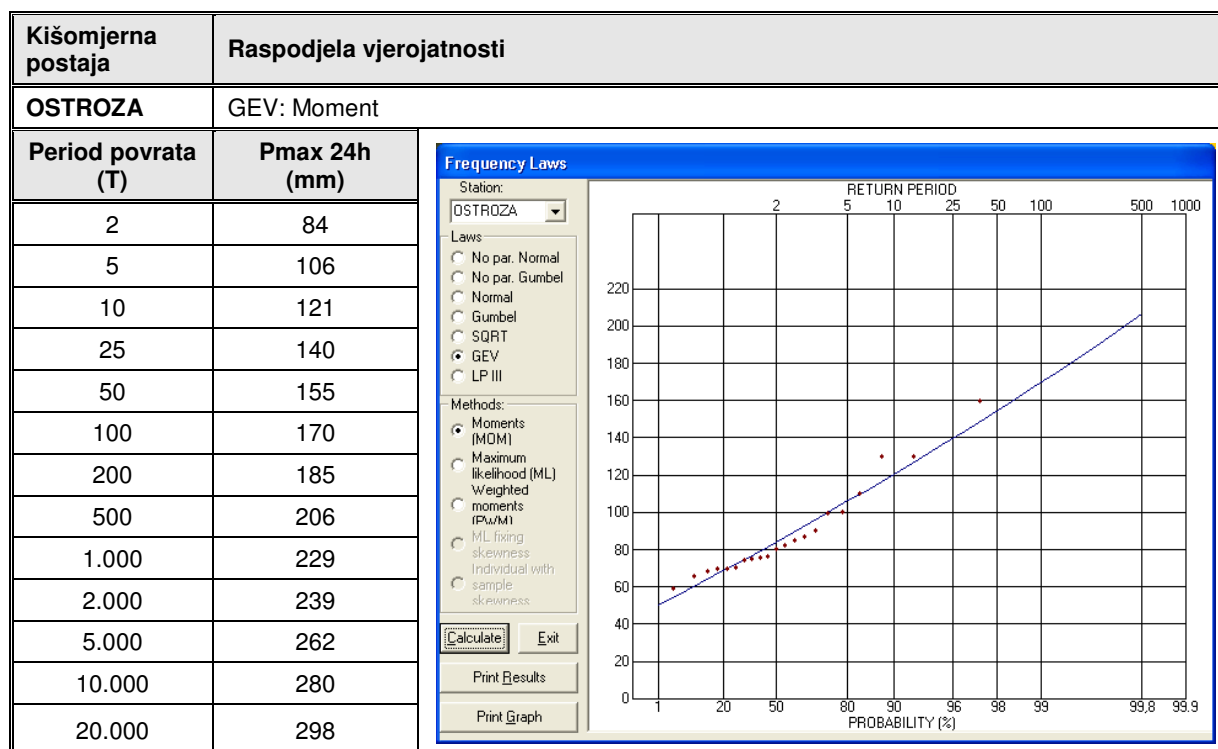
### GRUDE



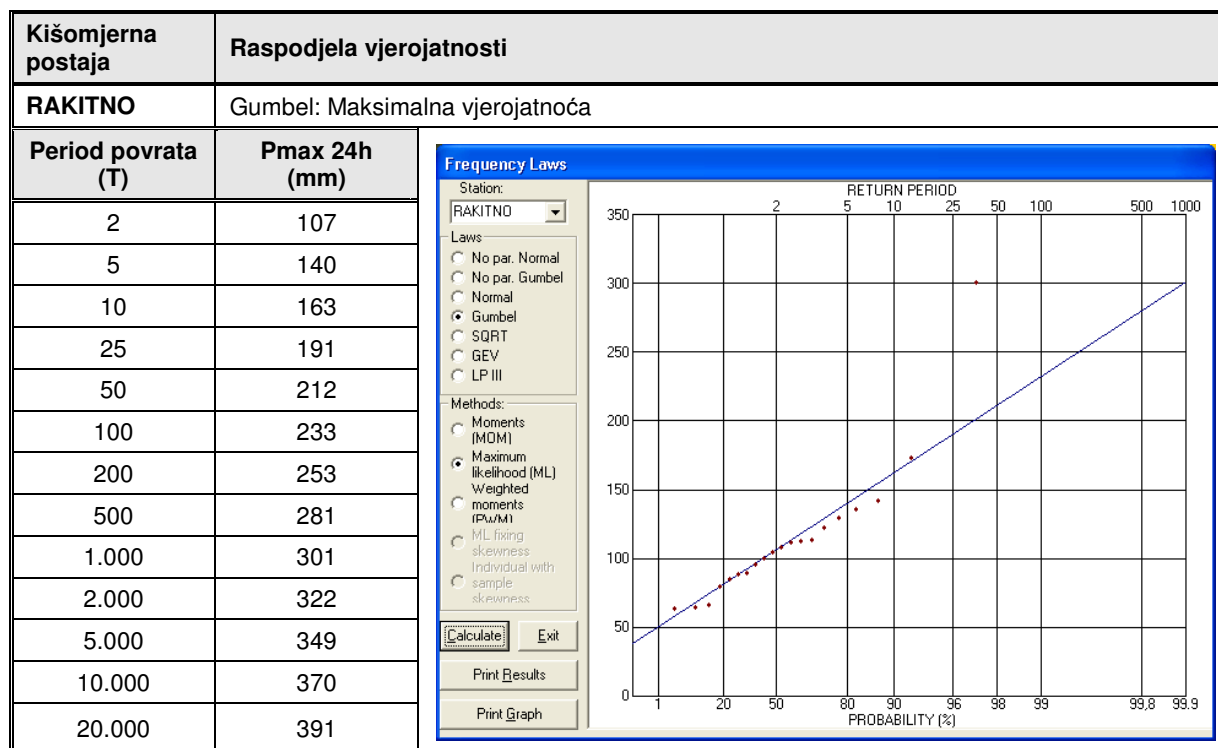
### OBALJ



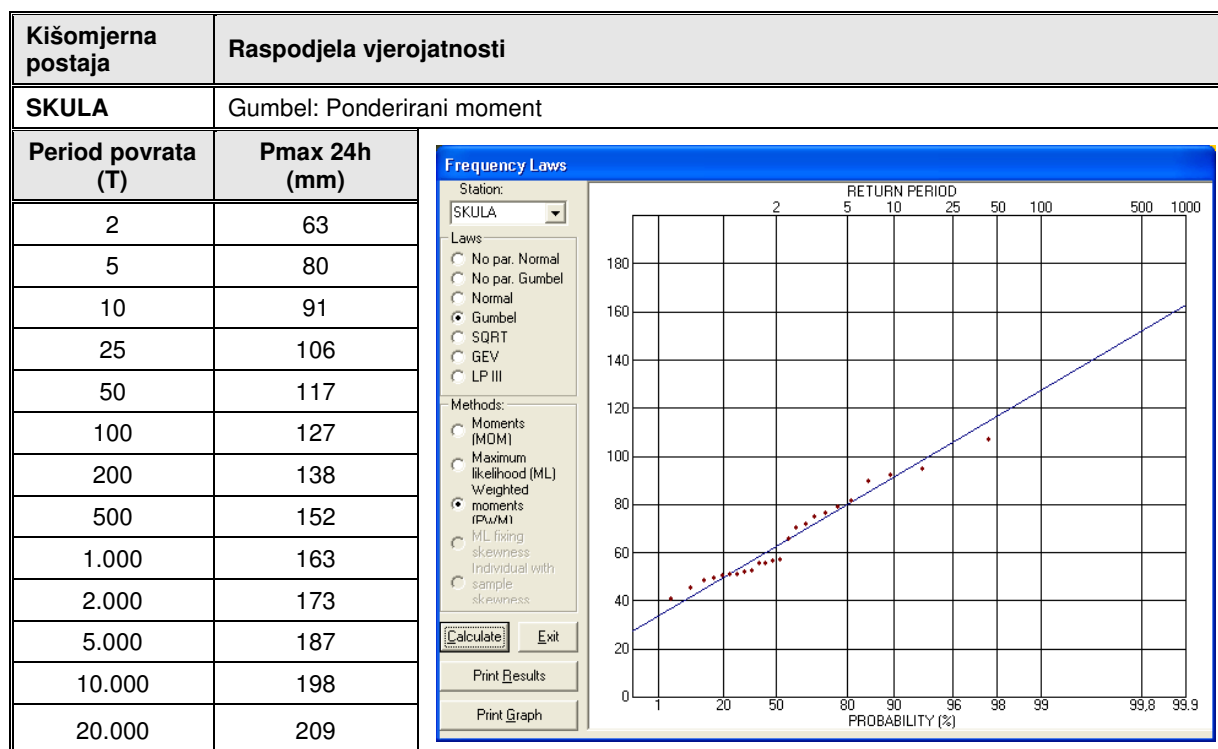
### OSTROZAC



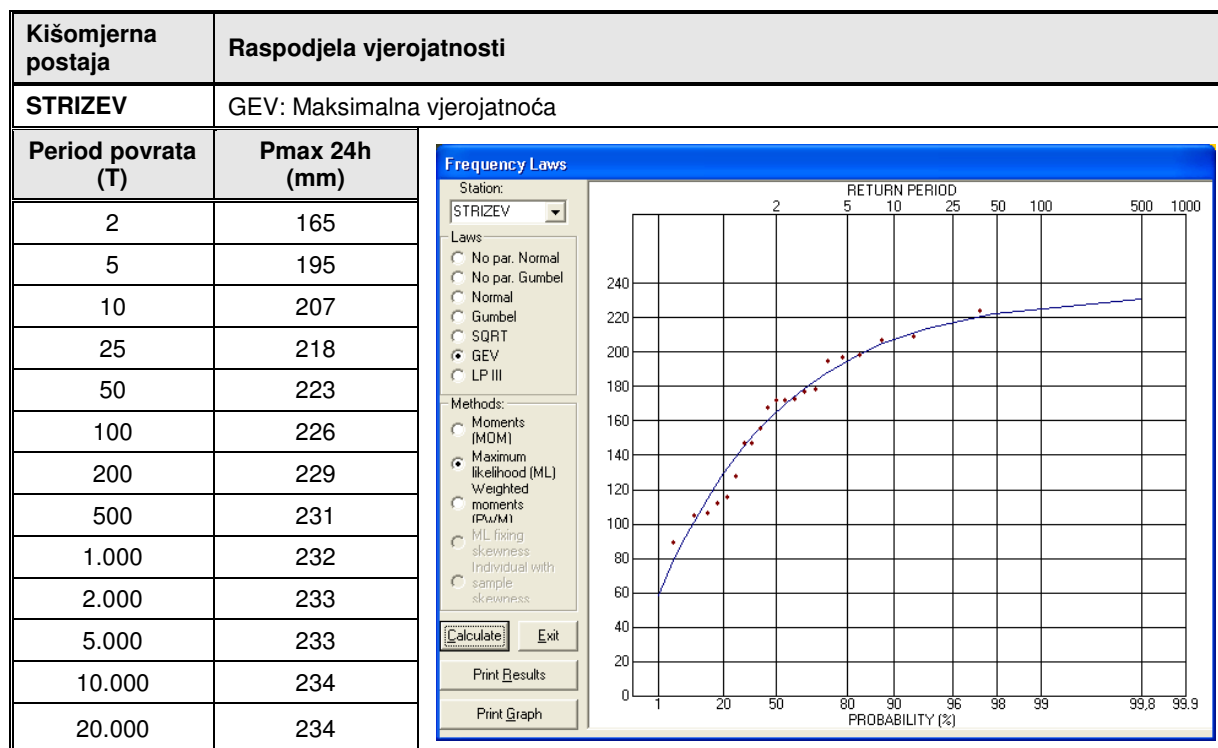
### RAKITNO



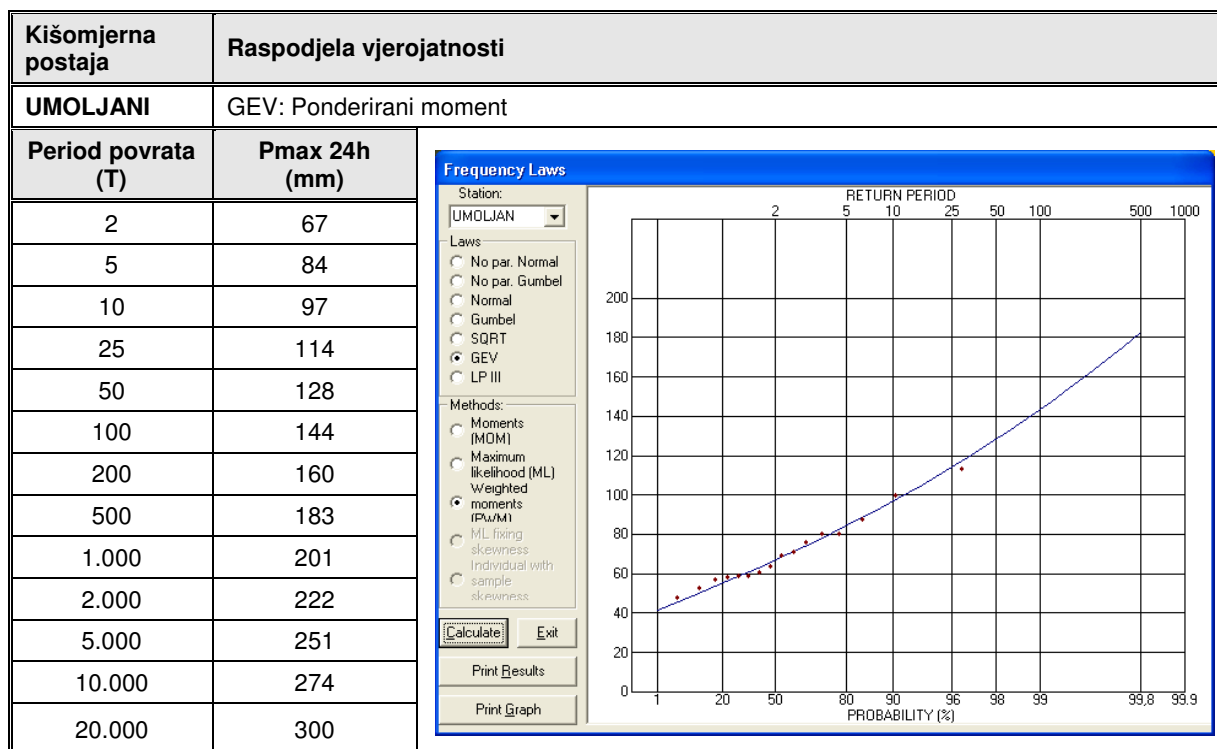
### SOLAKOVA KULA



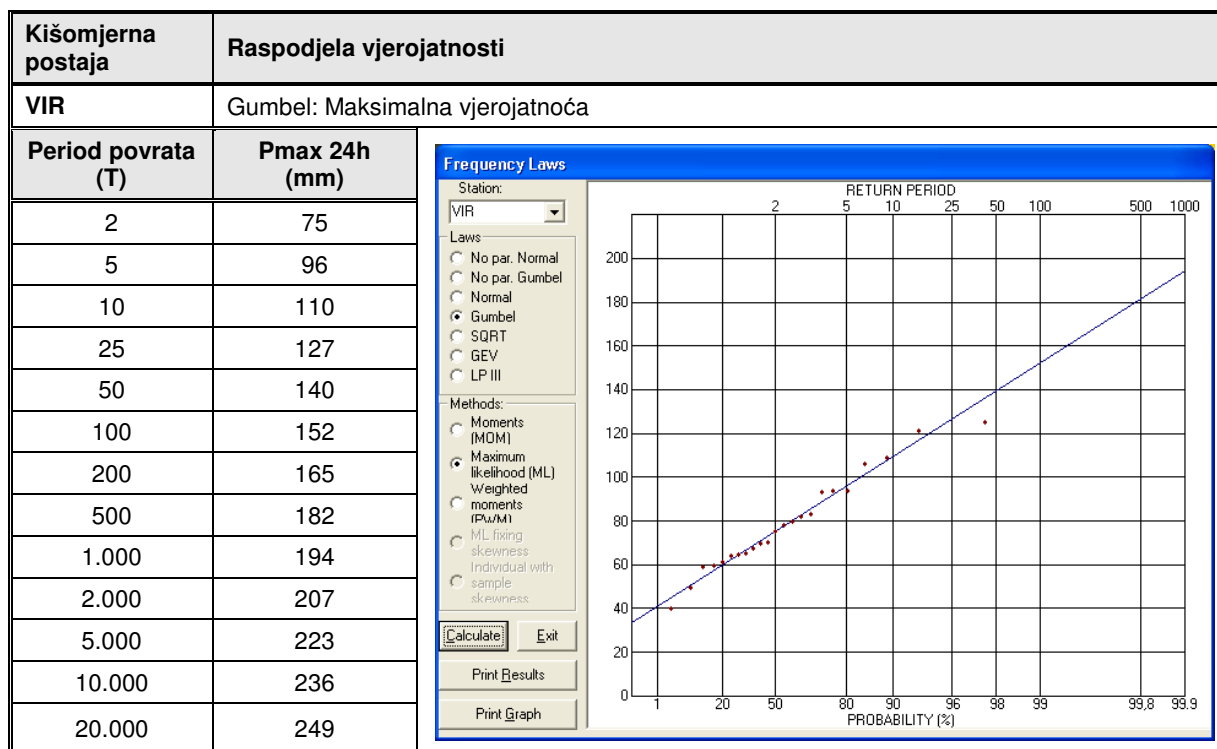
### STRIZEVO



### UMOLJANI



### VIR



U nastavku je prikazana tablica sa sažetim maksimalnim dnevnim oborinama za različite periode povrata:

Mjerne postaje	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T200	T500	T1.000	T2.000	T5.000	T10.000
BLAGAJ	65	83	95	110	121	133	144	158	169	180	195	206
BODEZISTE	93	115	126	137	144	150	154	159	163	165	168	170
CRNAC	109	141	159	180	194	207	218	232	242	250	260	267
DREŽNICA	94	120	138	159	176	192	208	229	254	261	282	298
DRINOVCI	115	155	182	216	241	266	291	324	348	373	406	431
GORNJA BIJELA	114	139	155	176	192	207	222	242	257	273	293	308
G. GRABOVICA	128	162	180	201	214	226	236	247	255	262	269	275
GORNJA TUSILA	104	129	142	155	163	170	175	181	185	188	191	193
GRUDE	85	111	129	153	171	190	210	237	258	279	309	333
OBALJ	71	99	118	141	159	176	193	216	233	250	272	290
OSTROZAC	84	106	121	140	155	170	185	206	229	239	262	280
RAKITNO	107	140	163	191	212	233	253	281	301	322	349	370
SOLAKOVA KULA	63	80	91	106	117	127	138	152	163	173	187	198
STRIZEVO	165	195	207	218	223	226	229	231	232	233	233	234
UMOLJANI	67	84	97	114	128	144	160	183	201	222	251	274
VIR	75	96	110	127	140	152	165	182	194	207	223	236

Tablica 8. Maksimalne dnevne oborine (mm) za nekoliko perioda povrata (sliv rijeke Neretve)

## 4.2. Sliv rijeke Trebišnjice

Navedene statističke prilagodbe (Normal, Gumbel, SQRT, GEV Log Pearson III) su napravljene za kišomjerne postaje sa podacima od 16 i više godina uključujući čak i ovih 9 postaja, koje imaju podatke između 16 i 27 godina. Uočeno je da su prilagodbe ovih 9 postaja prilično dobre i nadalje u skladu sa maksimalnim vrijednostima koje predstavljaju obližnje postaje zato što je konačno donesena odluka za odabir svih onih postaja sa više od 16 godina pune dnevne oborine.

Kišomjerne postaje gdje nije bilo adekvatno obavljanje statističkog izračuna perioda povrata jer smo imali samo nekoliko godina podataka su sljedeće:

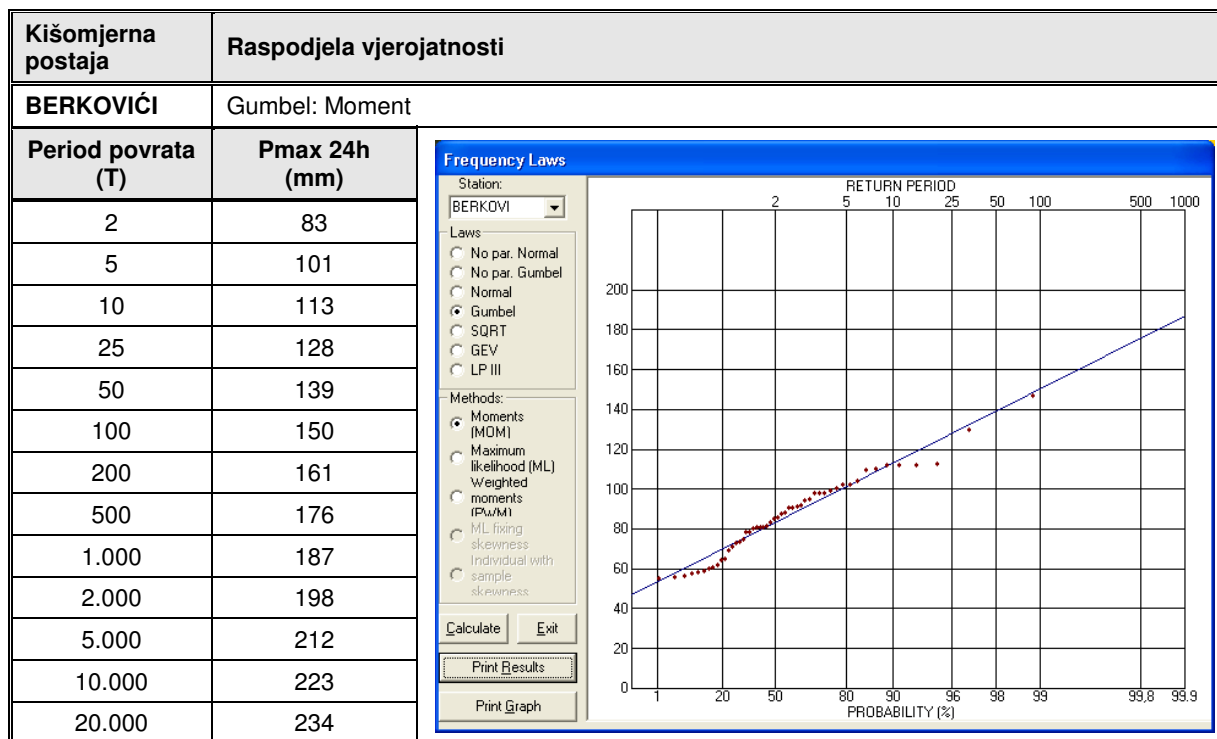
- 1) Bežđeđe (4)
- 2) Kokorina (4)
- 3) Preraca (3)
- 4) Vranjska (3)
- 5) Vučija (4)

Postaja Donji Drežanj ima 11 godina pune dnevne oborine, ali prilagodba nije dobra.

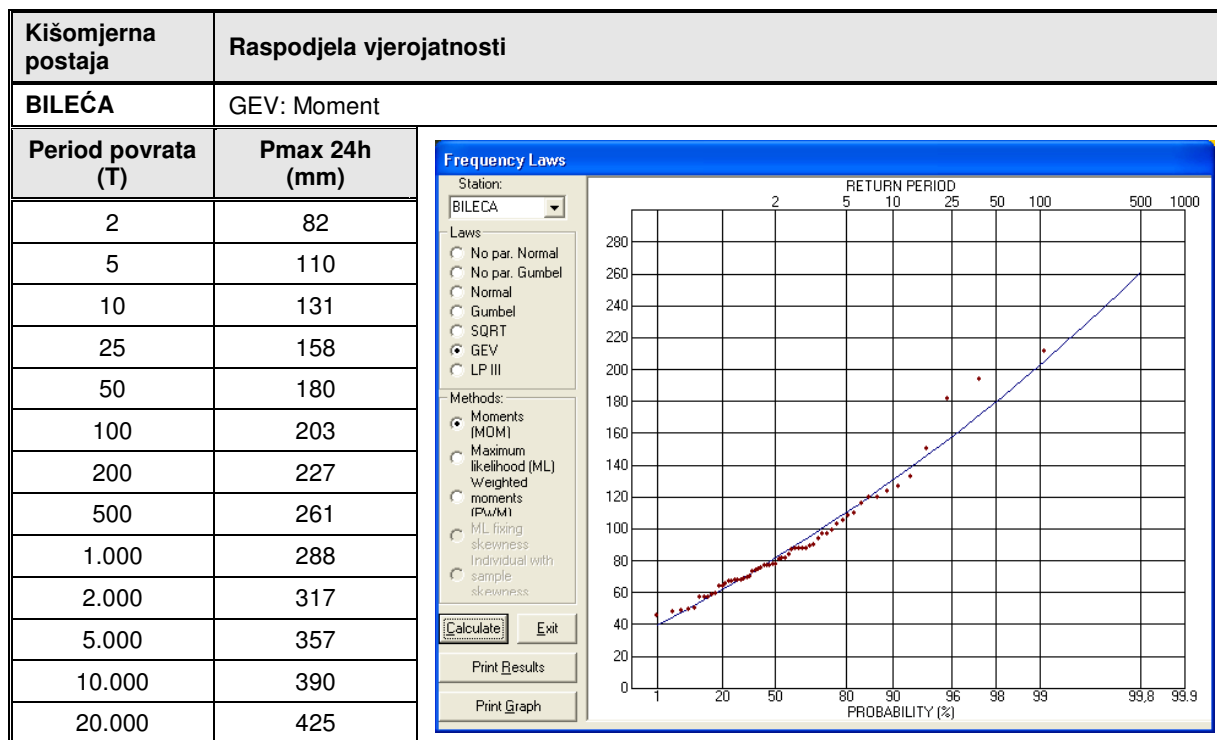
Nadalje su prezentirane dobivene vrijednosti za svaku kišomjernu postaju sa 16 ili više godina podataka u svojim nizovima:

- |                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| 1) Berkovići (50)             | 13) Mirilovići (30)  |
| 2) Bileća (59)                | 14) Nevesinje (50)   |
| 3) Čemerno (44)               | 15) Plana (41)       |
| 4) Crkvice Donje (26)         | 16) Rioca (37)       |
| 5) Domaševo (17)              | 17) Šipačno (27)     |
| 6) Donje Krtinje (17)         | 18) Slato Polje (31) |
| 7) Gacko (52)                 | 19) Slivlje (23)     |
| 8) Jasenik (17)               | 20) Somina (16)      |
| 9) Kifino Selo (21)           | 21) Stepen (54)      |
| 10) Krstace (26)              | 22) Trebinje (50)    |
| 11) Ljubinje (43)             | 23) Trusina (31)     |
| 12) Meka Gruda - Hodžici (47) | 24) Zagradci (36)    |

### BERKOVIĆI

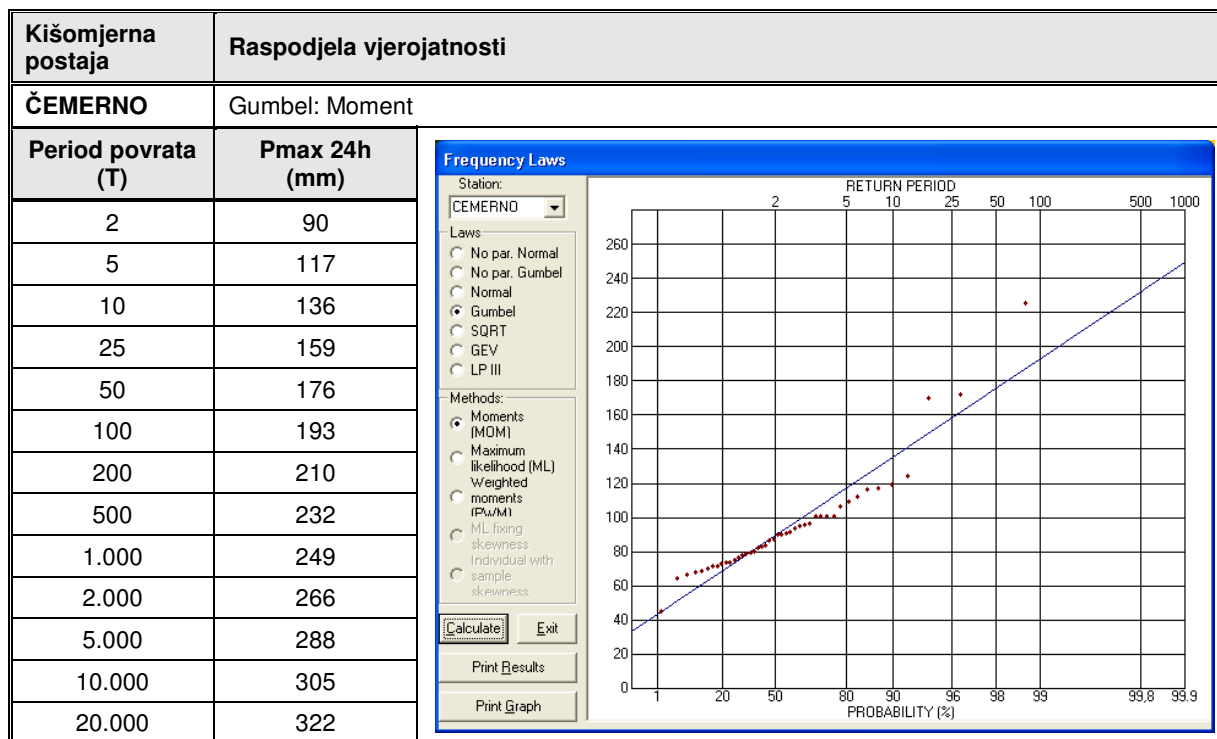


### BILEĆA

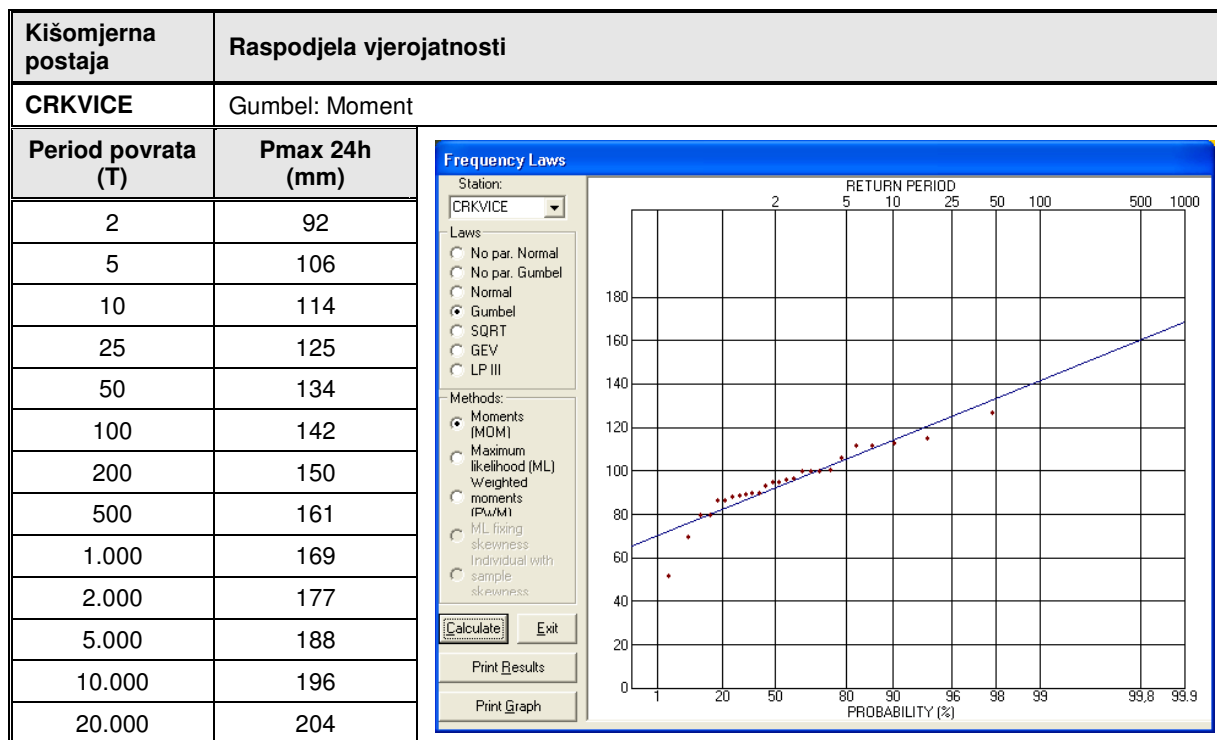




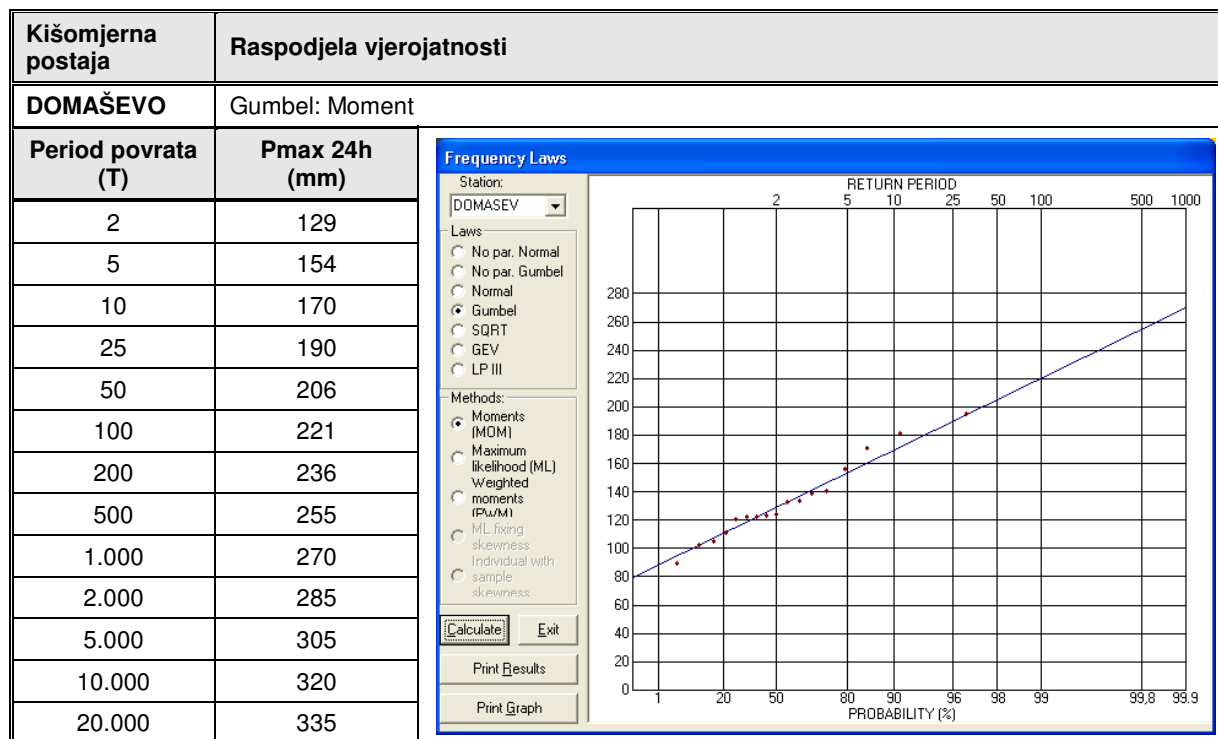
### ČEMERNO



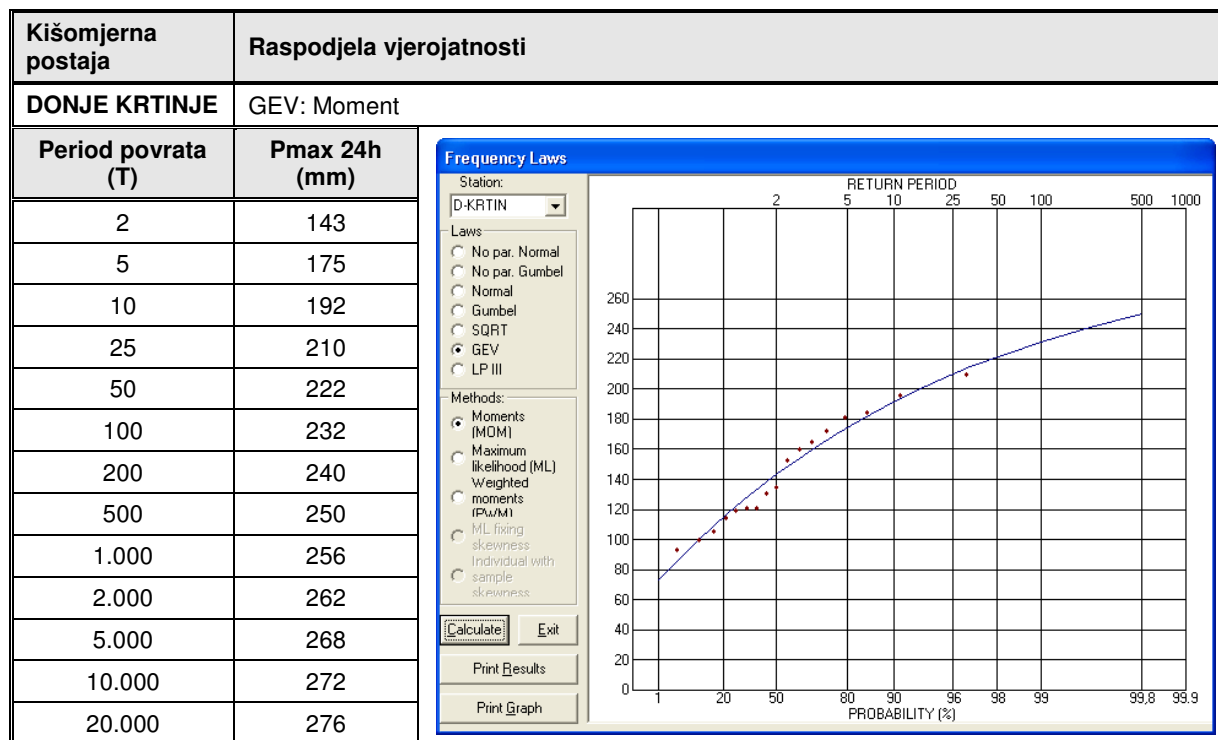
### CRKVICE



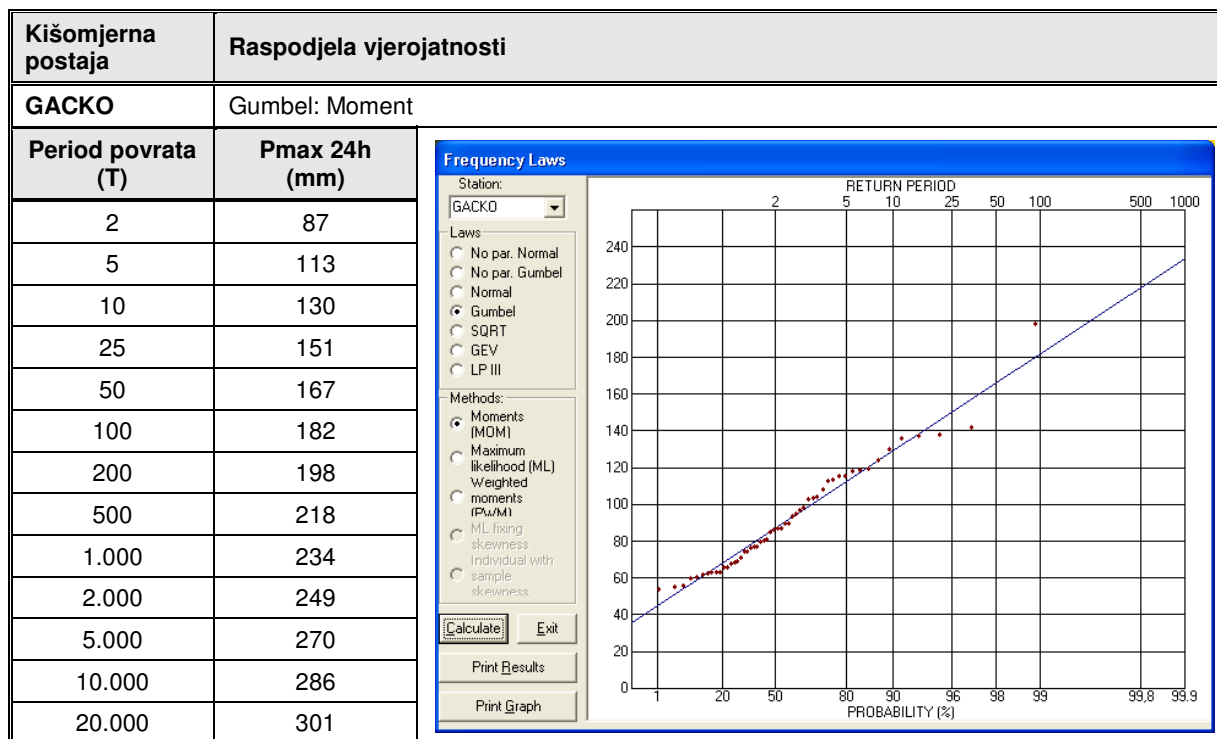
### DOMAŠEVO



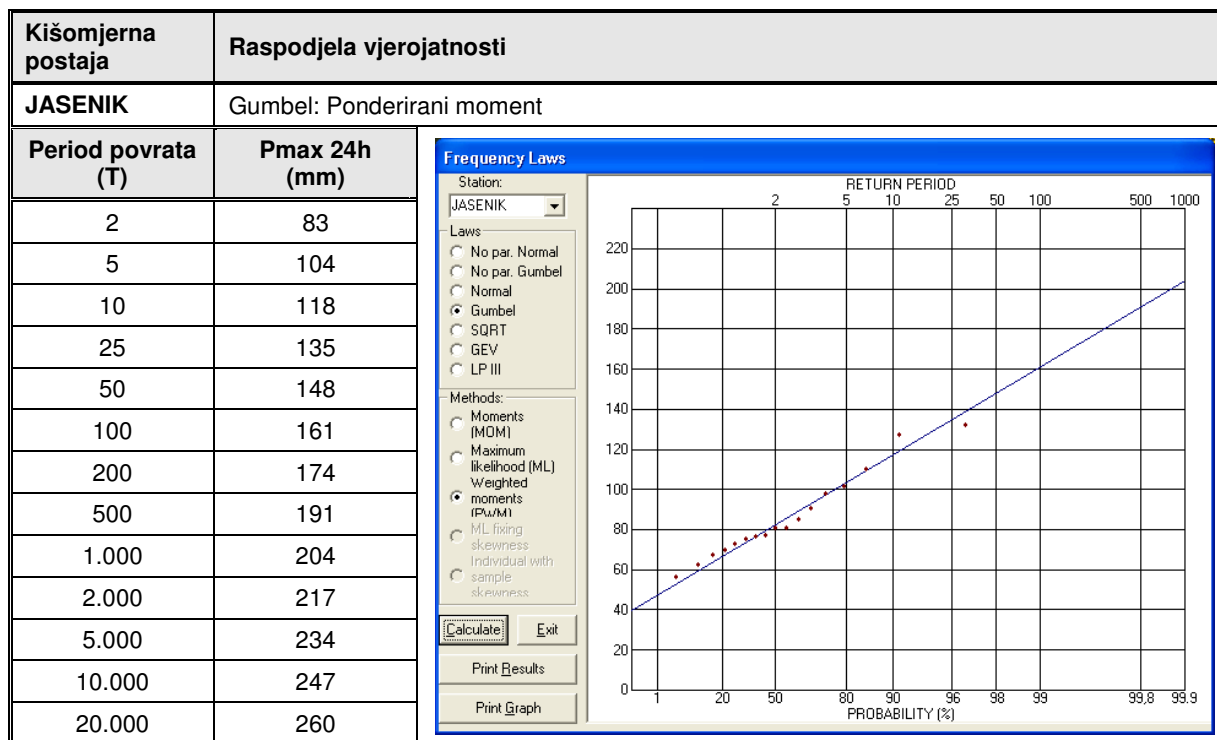
### DONJE KRTINJE



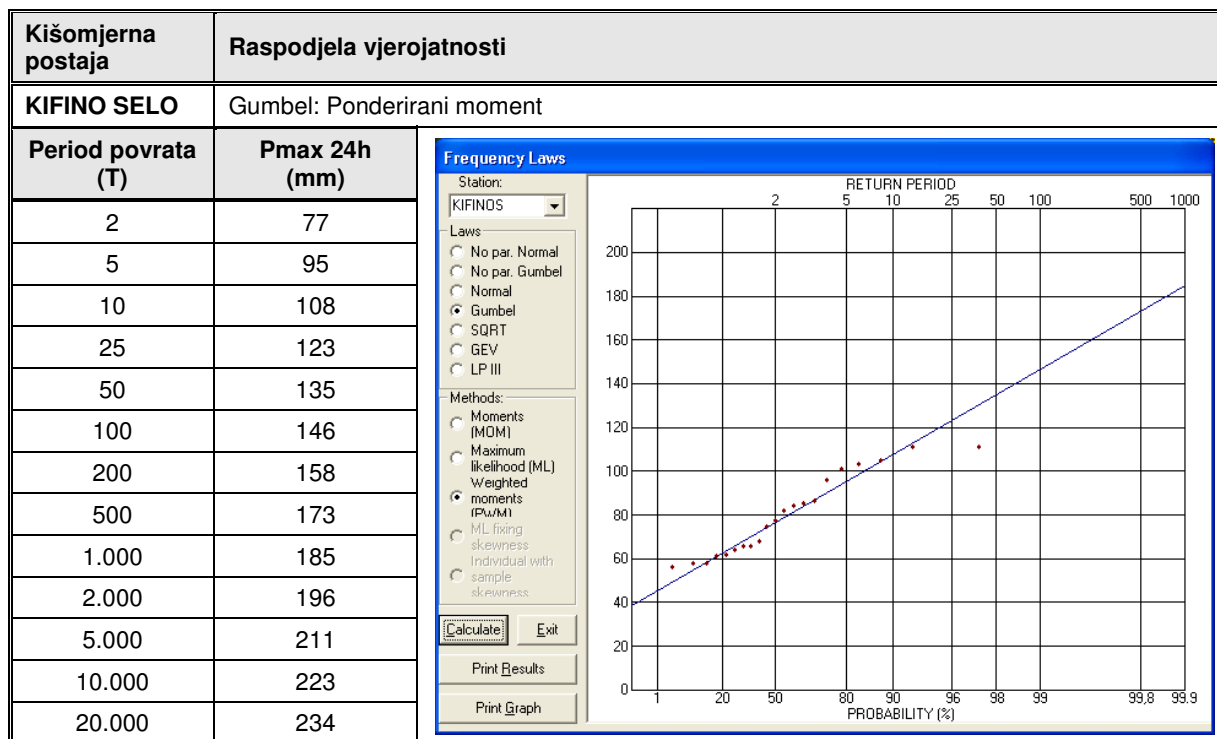
### GACKO



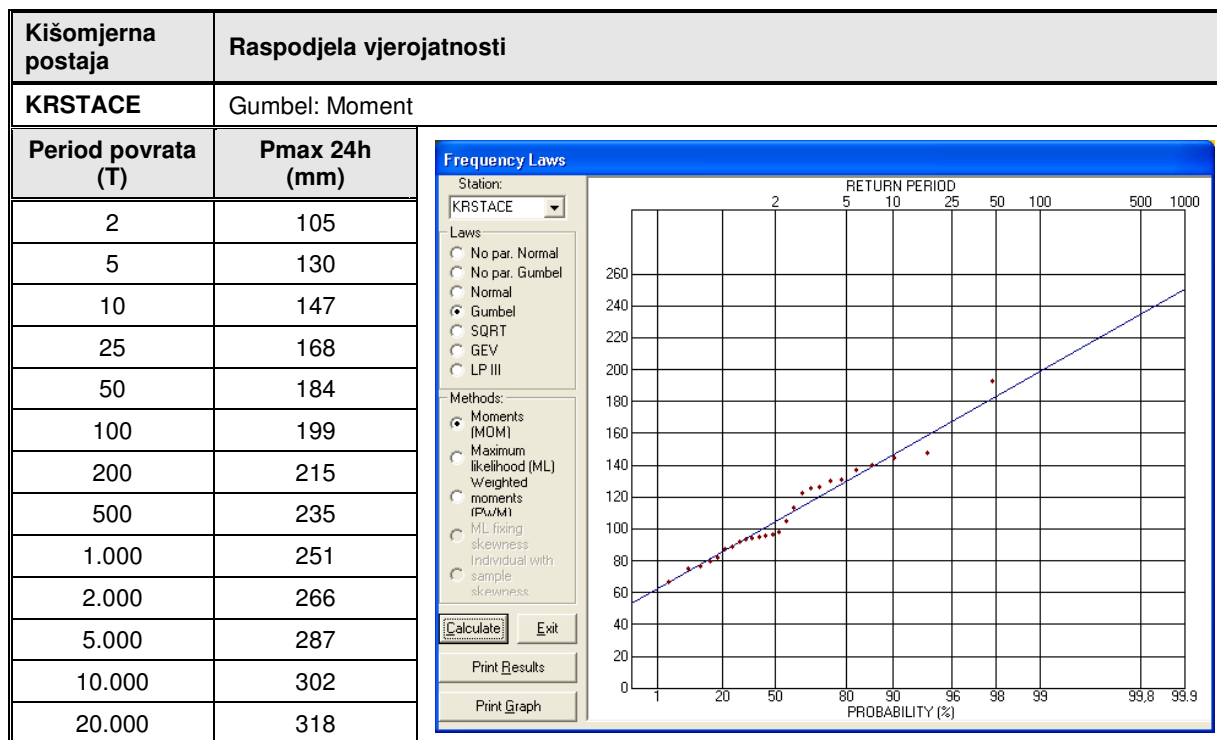
### JASENIK



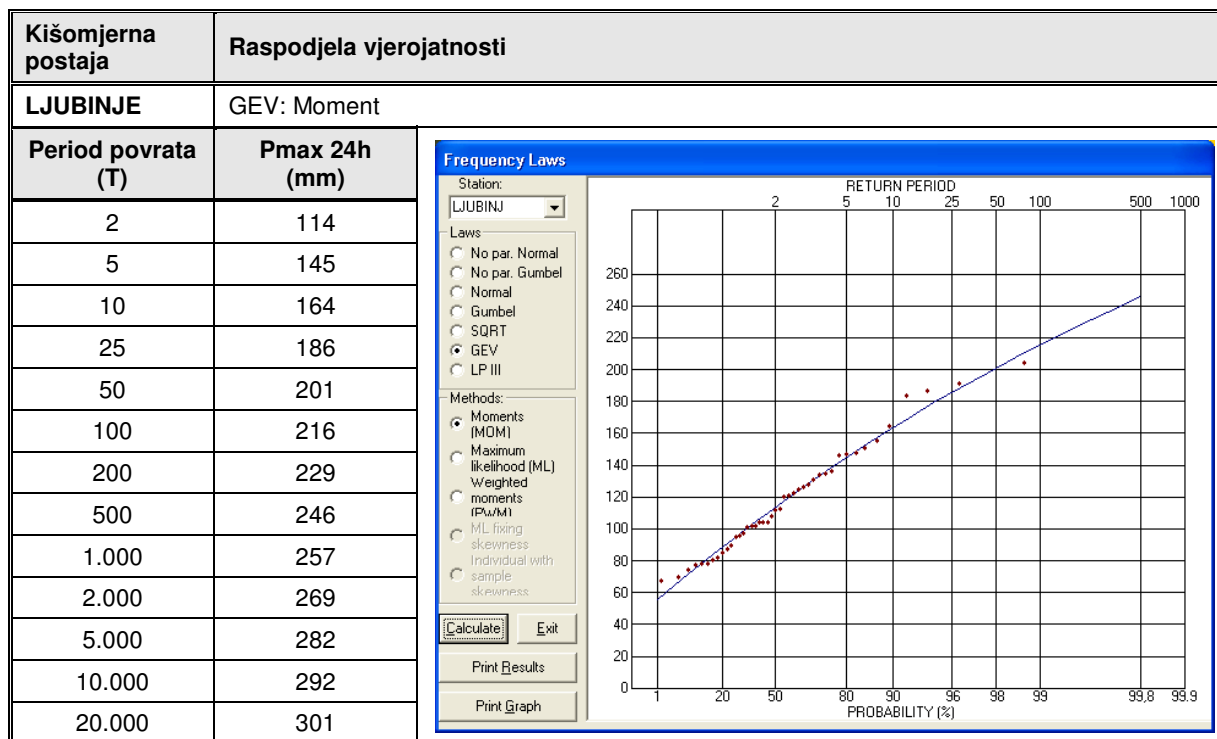
### KIFINO SELO



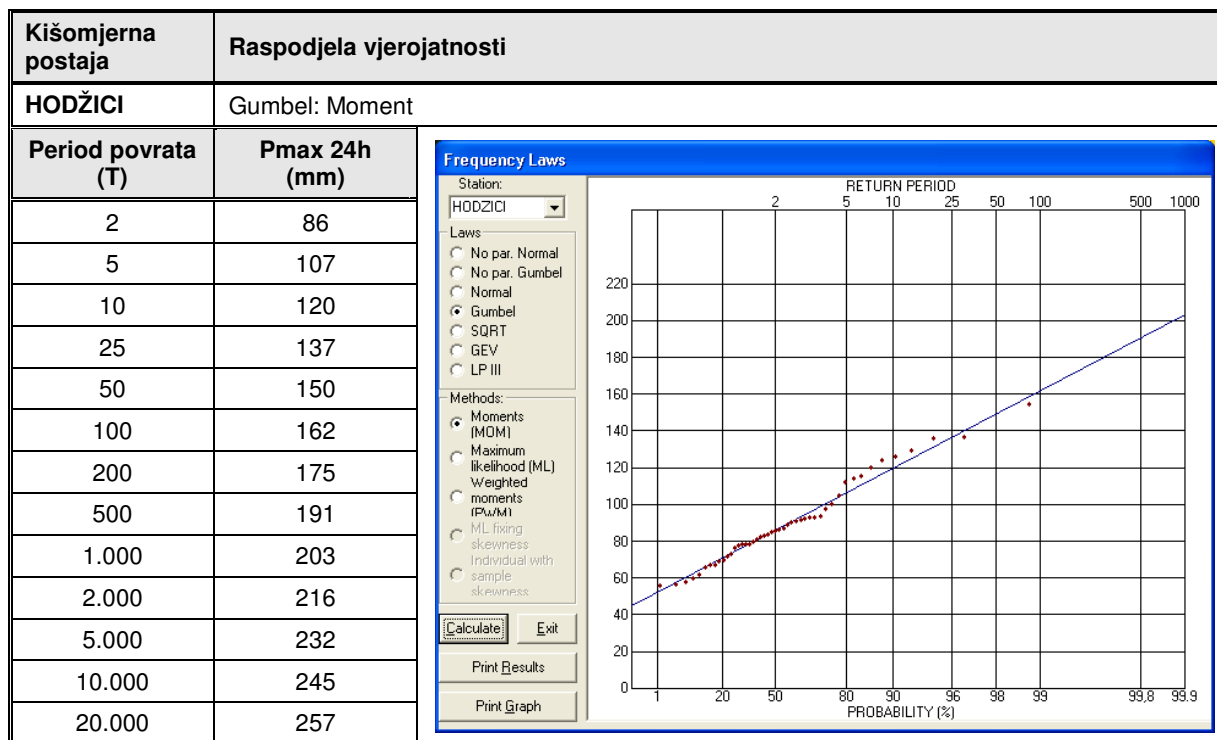
### KRSTACE



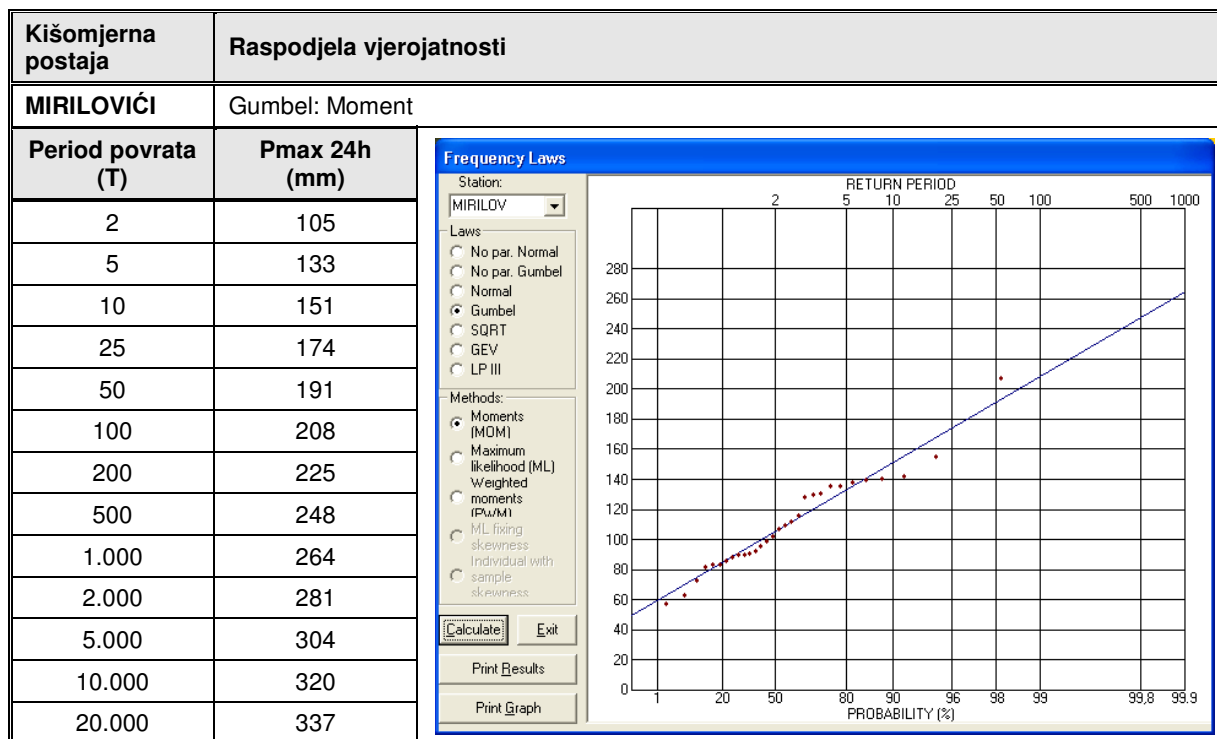
### LJUBINJE



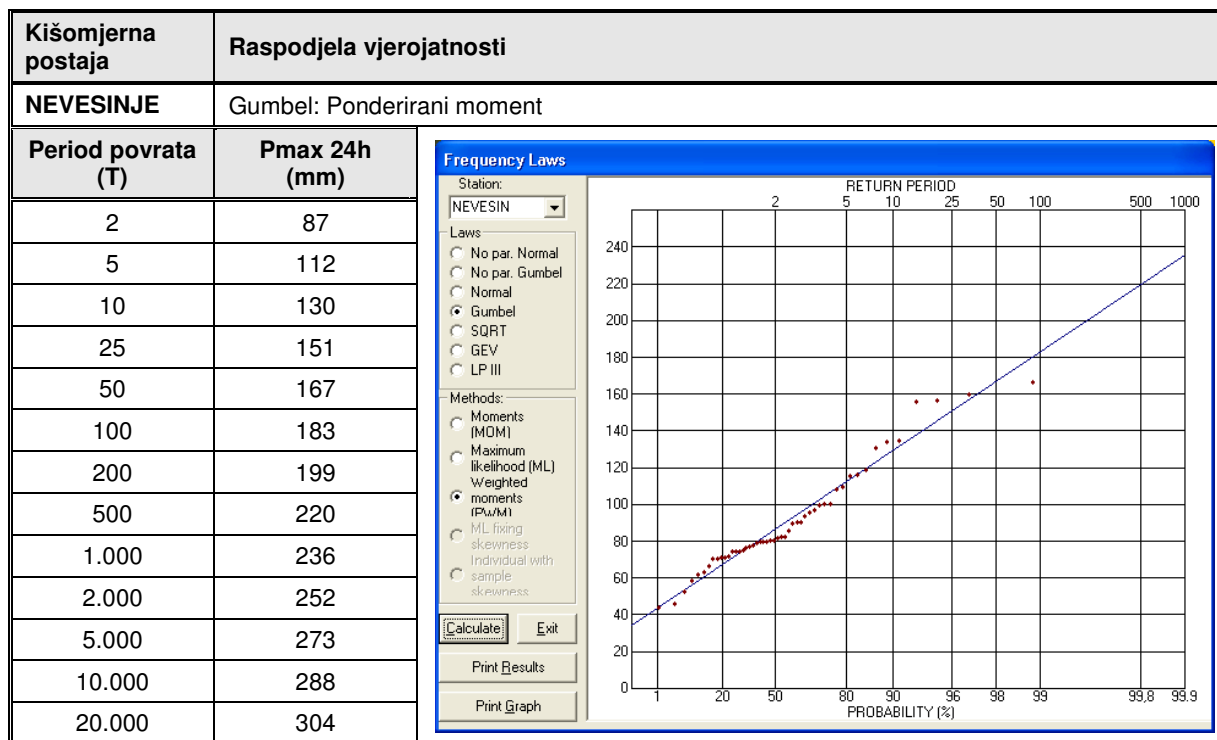
### MEKA GRUDA - HODŽICI



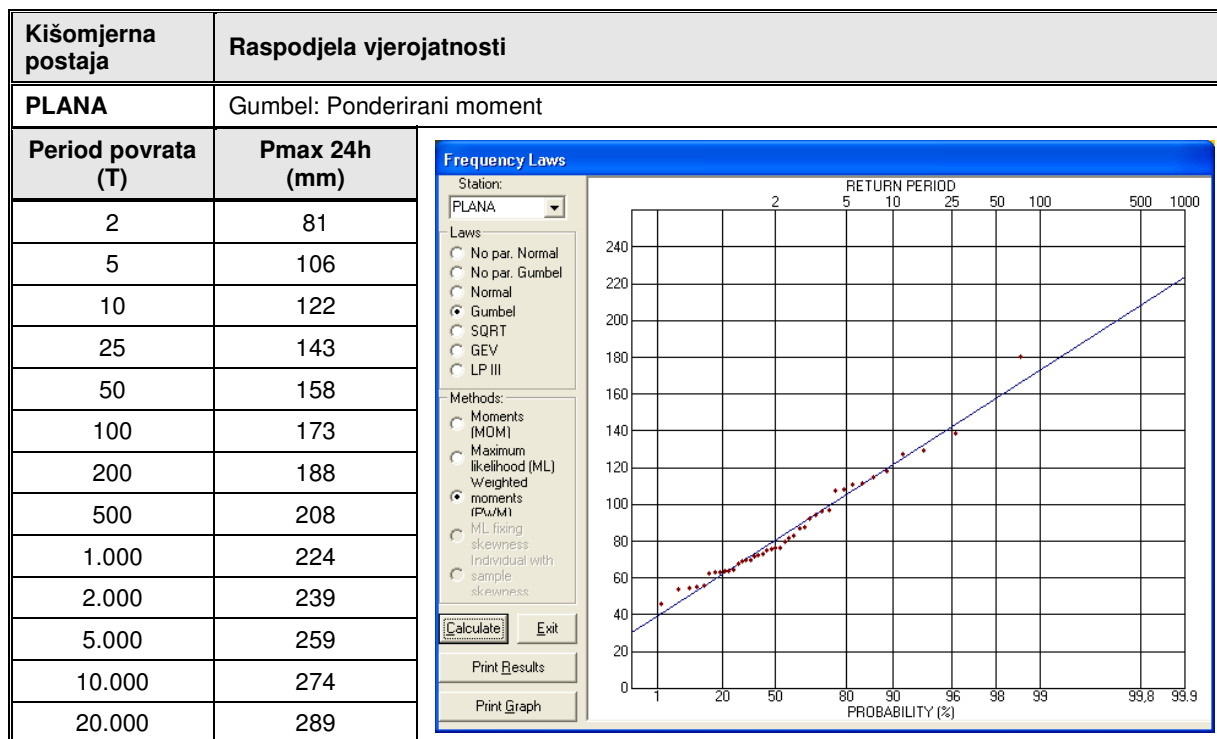
### MIRILOVIĆI



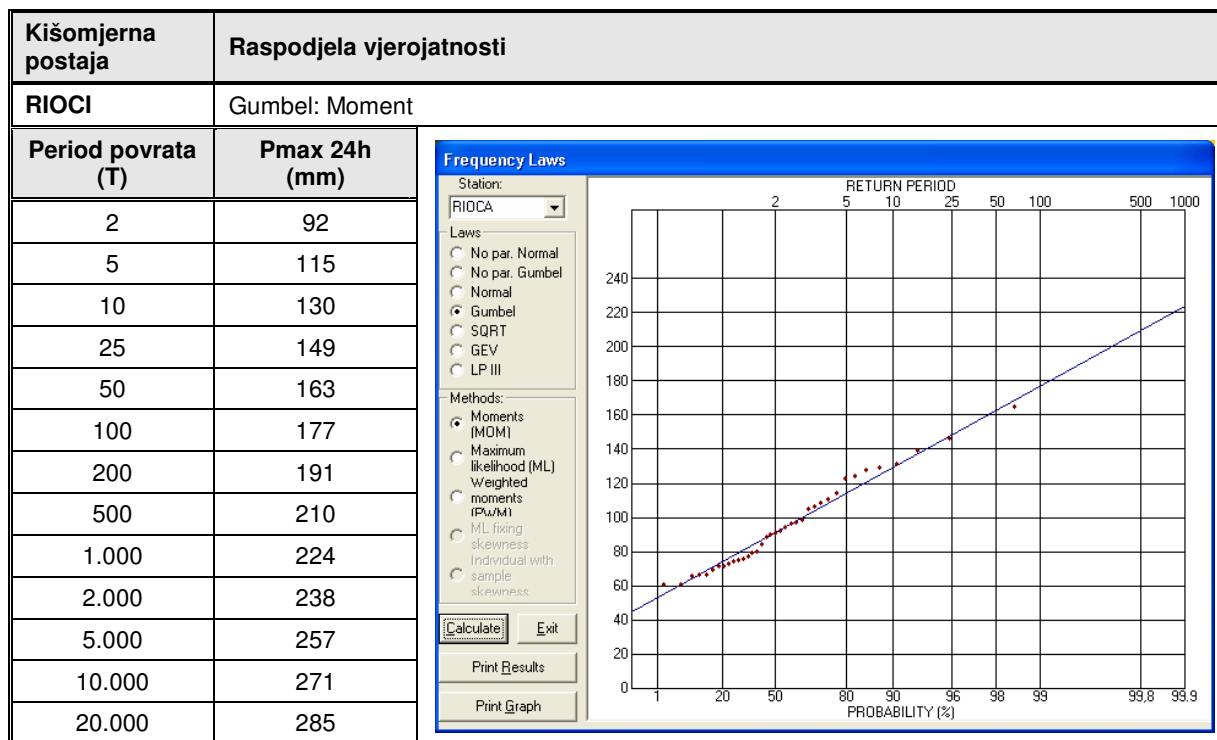
### NEVESINJE



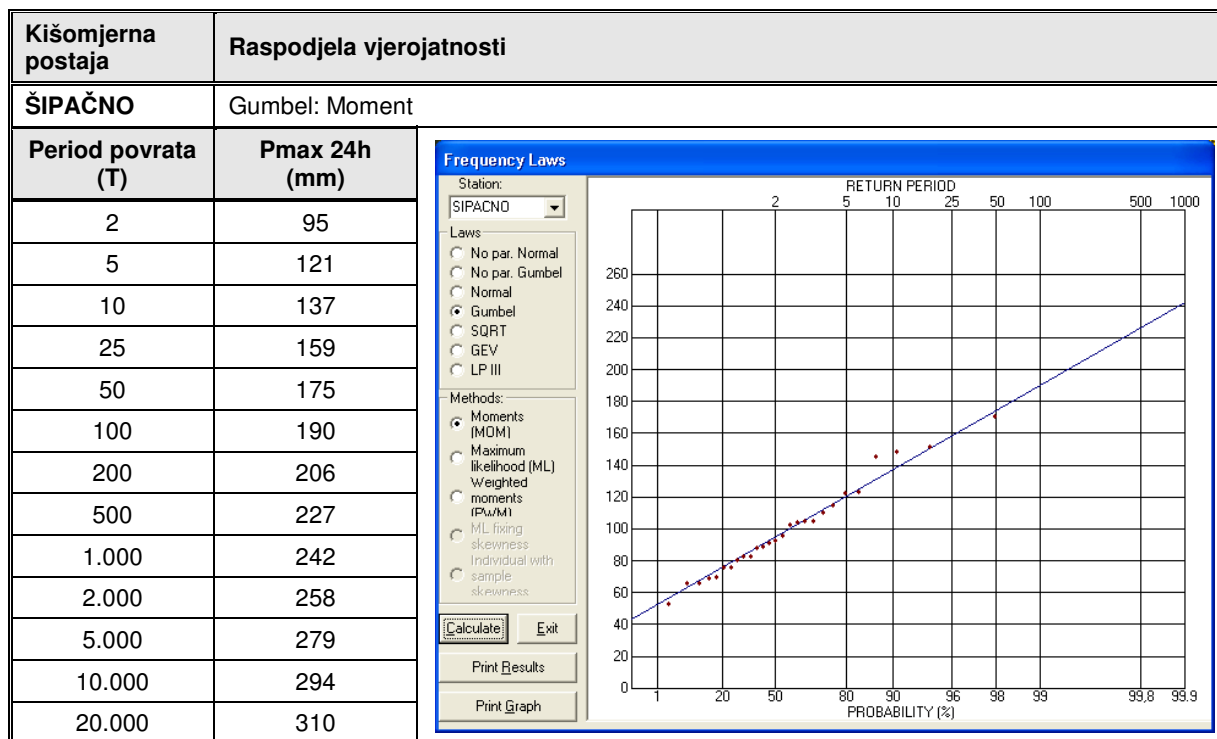
### PLANA



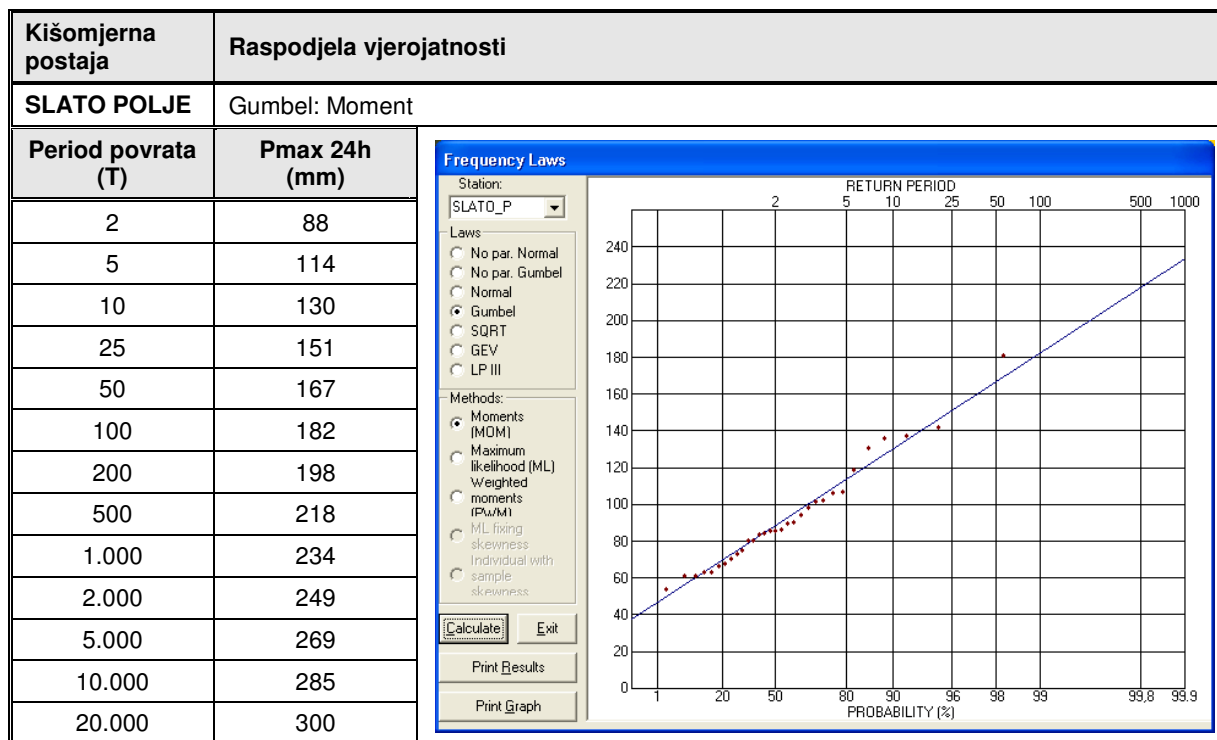
### RIOCA



### ŠIPAČNO

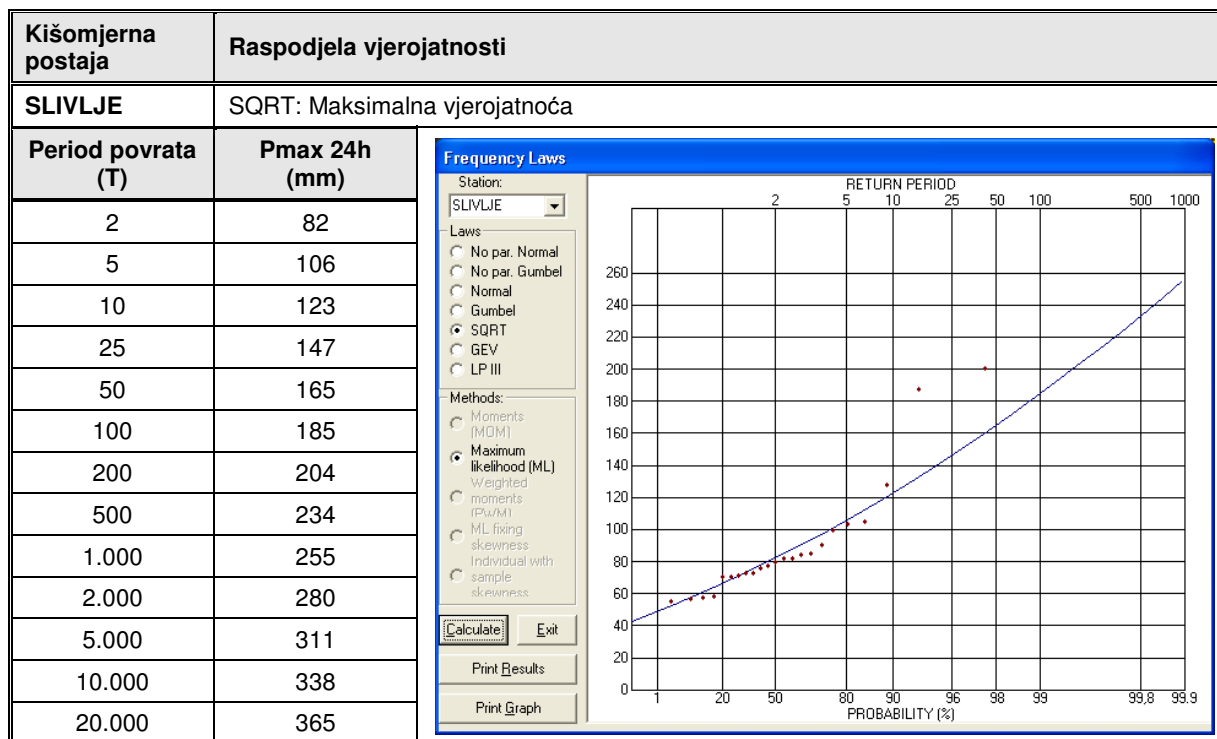


### SLATO POLJE

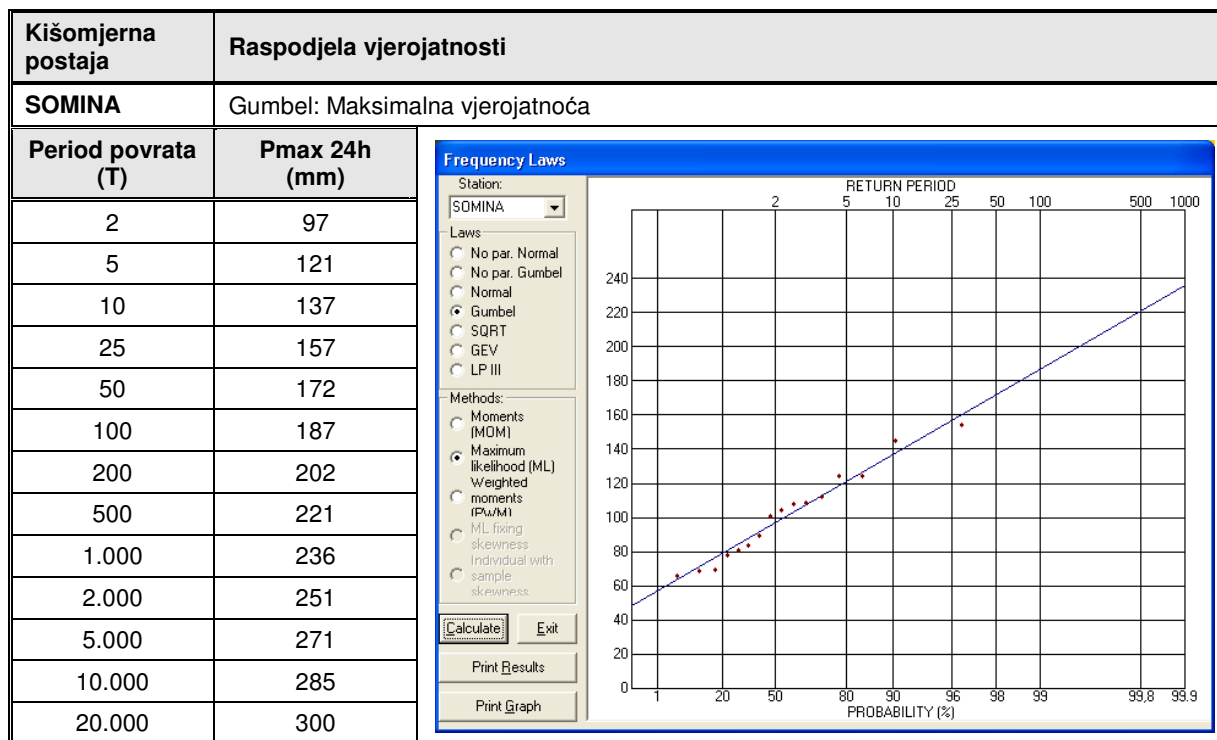




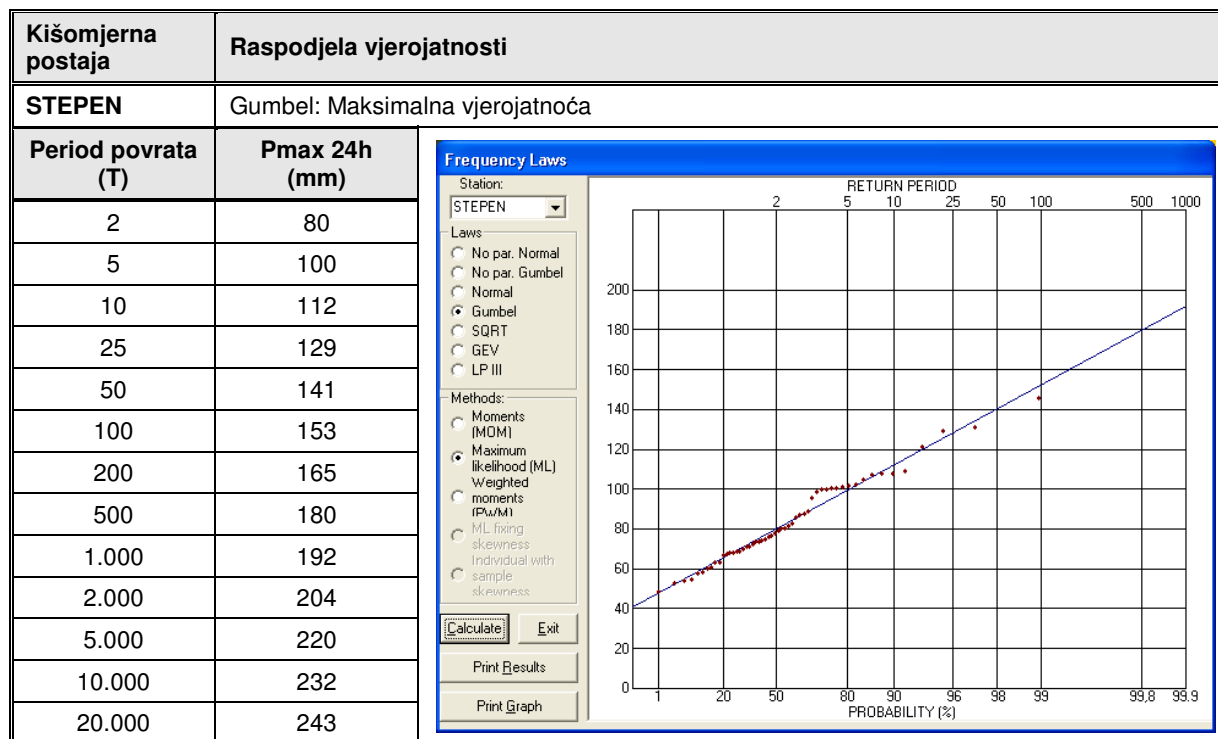
### SLIVLJE



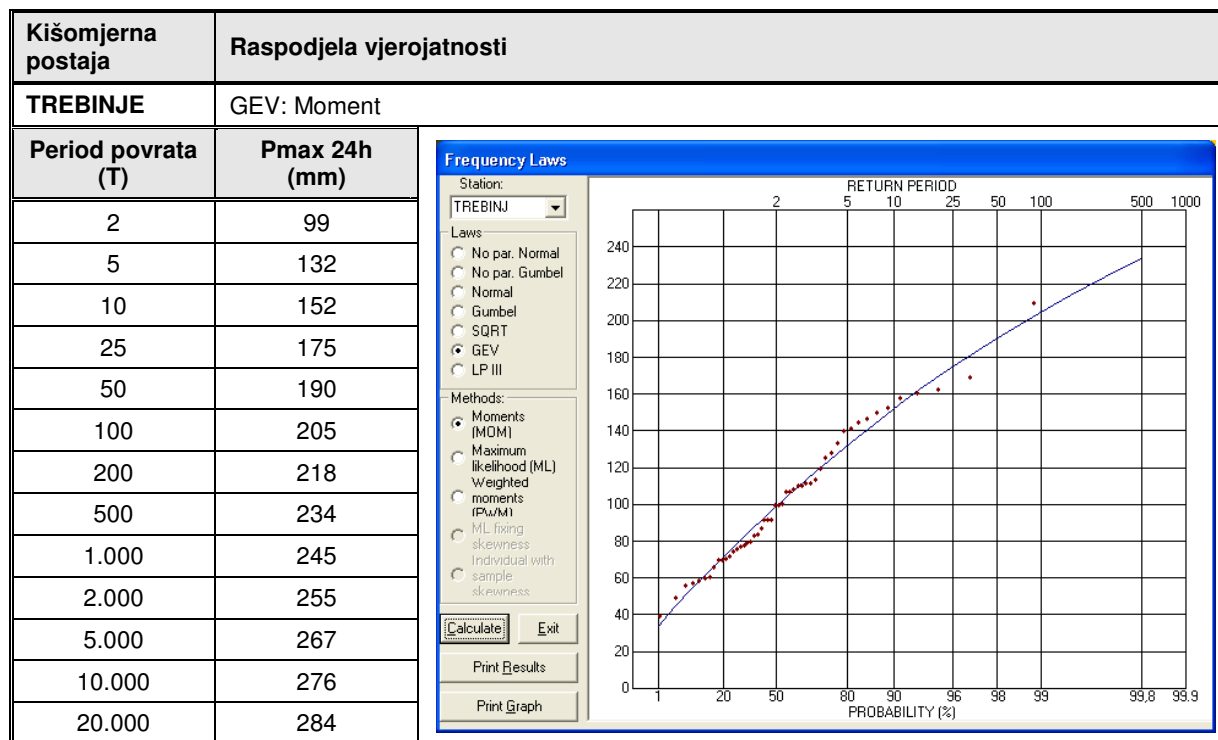
### SOMINA



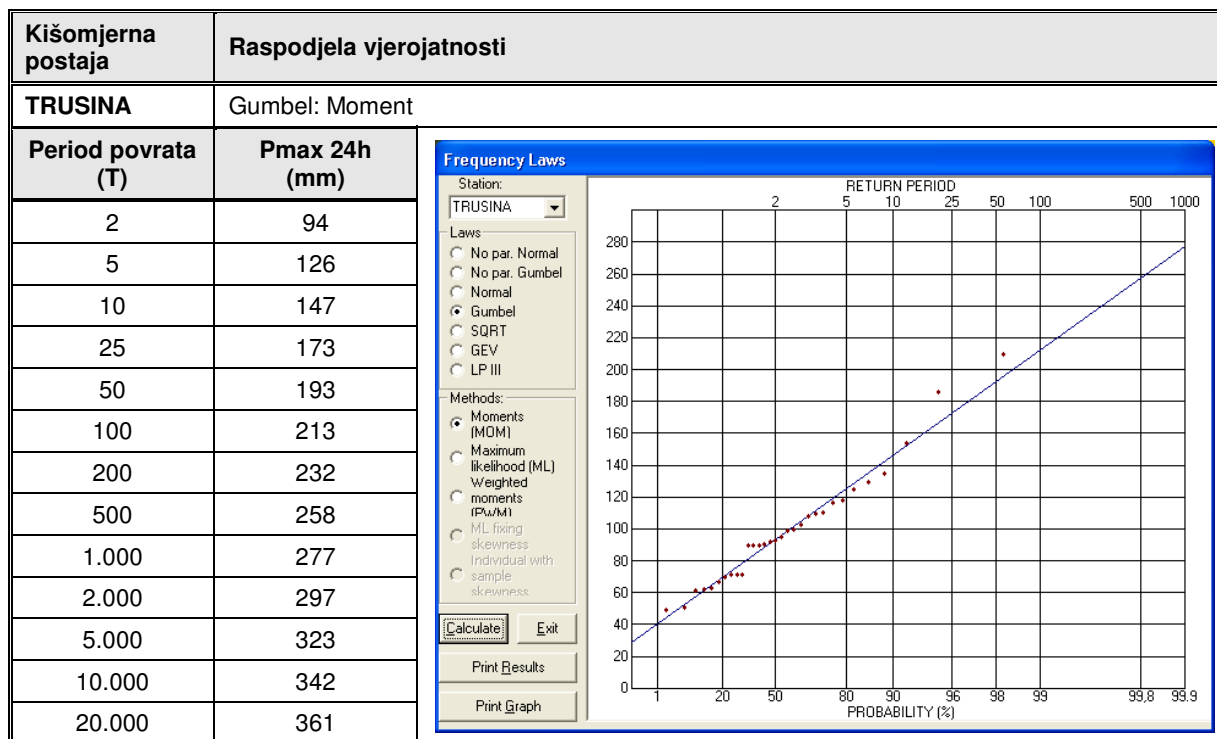
### STEPEN



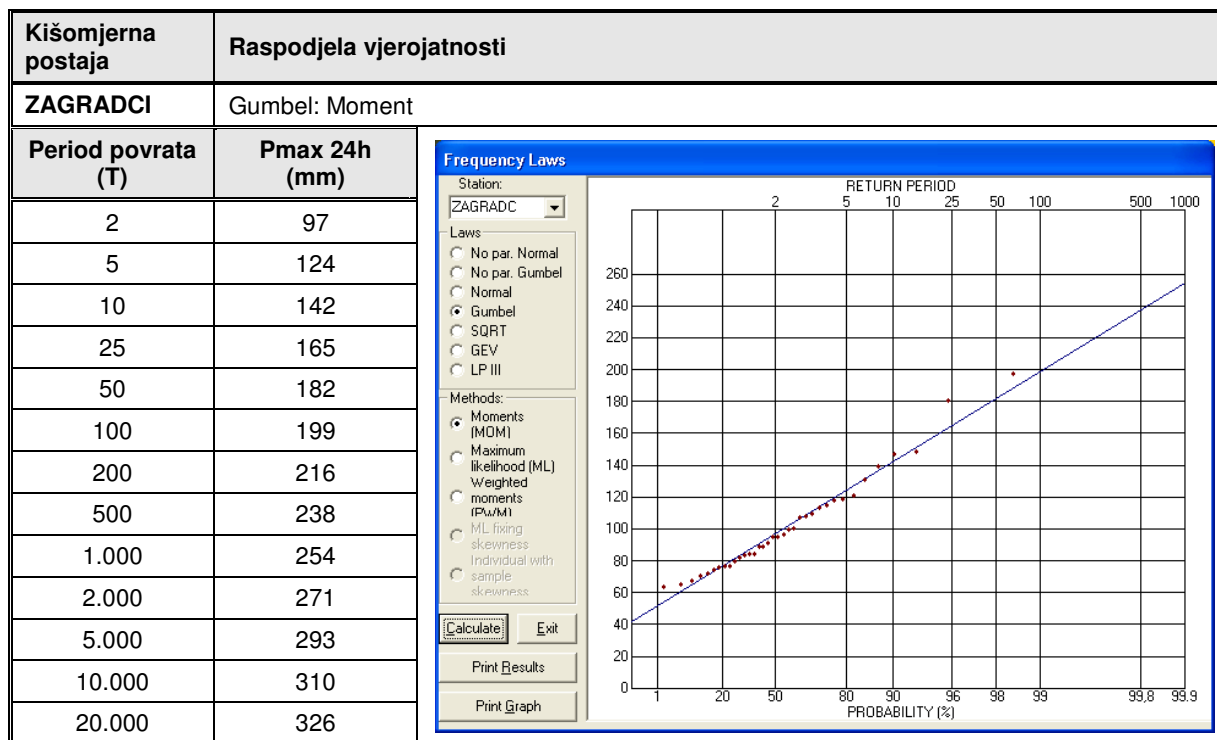
### TREBINJE



### TRUSINA



### ZAGRADCI



U nastavku je prikazana tablica sa sažetim maksimalnim dnevnim oborinama za različite periode povrata:

Mjerne postaje	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T200	T500	T1.000	T2.000	T5.000	T10.000
BERKOVIĆI	83	101	113	128	139	150	161	176	187	198	212	223
BILEĆA	82	110	131	158	180	203	227	261	288	317	357	390
ČEMERNO	90	117	136	159	176	193	210	232	249	266	288	305
CRKVICE DONJE	92	106	114	125	134	142	150	161	169	177	188	196
DOMAŠEVO	129	154	170	190	206	221	236	255	270	285	305	320
DONJE KRTINJE	143	175	192	210	222	232	240	250	256	262	268	272
GACKO	87	113	130	151	167	182	198	218	234	249	270	286
JASENIK	83	104	118	135	148	161	174	191	204	217	234	247
KIFINO SELO	77	95	108	123	135	146	158	173	185	196	211	223
KRSTACE	105	130	147	168	184	199	215	235	251	266	287	302
LJUBINJE	114	145	164	186	201	216	229	246	257	269	282	292
MEKA GRUDA – HODŽICI	86	107	120	137	150	162	175	191	203	216	232	245
MIRILOVIĆI	105	133	151	174	191	208	225	248	264	281	304	320
NEVESINJE	87	112	130	151	167	183	199	220	236	252	273	288
PLANA	81	106	122	143	158	173	188	208	224	239	259	274
RIOCA	92	115	130	149	163	177	191	210	224	238	257	271
ŠIPAČNO	95	121	137	159	175	190	206	227	242	258	279	294
SLATO POLJE	88	114	130	151	167	182	198	218	234	249	269	285
SLIVLJE	82	106	123	147	165	185	204	234	255	280	311	338
SOMINA	97	121	137	157	172	187	202	221	236	251	271	285
STEPEN	80	100	112	129	141	153	165	180	192	204	220	232
TREBINJE	99	132	152	175	190	205	218	234	245	255	267	276
TRUSINA	94	126	147	173	193	213	232	258	277	297	323	342
ZAGRADCI	97	124	142	165	182	199	216	238	254	271	293	310

Tablica 9. Maksimalne dnevne oborine (mm) za nekoliko perioda povrata (sliv rijeke Trebišnjice)

## 5. IZRAČUN MAKSIMALNIH OBORINA ZA 24 SATA

Maksimalne oborine sa kojima smo radili do sada su maksimalne dnevne. Dobivaju se od nizova maksimalnih dnevnih empirijskih diskontinuirajućih oborina. Nazivaju se diskontinuirajućim zbog toga što se mjerenje dnevne oborine na jednostavnim kišomjernim postajama obavlja u određeno doba dana, na primjer u 7 sati (koordinirano univerzalno vrijeme).

Studije tisuće godišnjih podataka različitih godišnjih doba pokazuju da množeći sa 1,13 maksimalne kišne diskontinuirajuće padaline dobivene iz godišnjih nizova daju rezultate, približno maksimalne kontinuirajuće kišne padaline proizilaze iz nizova djelomičnog trajanja, odnosno maksimalne stvarne oborine. Osim toga, ovaj odnos vrijedi za bilo koji interval 1 do 24 sata. (Pedro Mateo González, 1976. str. 49-55).

Dakle, prijeći iz dnevne maksimalne oborine u maksimalnu teorijsku kontinuirajuću oborinu u 24 sata treba se prva pomnožiti sa pomenutim koeficijentom 1,13. Pomenuti čimbenik je također preporučen od strane Svjetske Meteorološke Organizacije (WMO, 1986).

Nakon što se dobila maksimalna dnevna oborina (PMD), maksimalna oborina za 24 sata dobiva se putem izraza:

$$P_{\max 24h} = 1,13 \times \text{PMD}$$

Mjerne postaje	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T200	T500	T1.000	T2.000	T5.000	T10.000
BLAGAJ	73	94	107	124	137	150	163	179	191	203	220	233
BODEZISTE	105	130	142	155	163	170	174	180	184	186	190	192
CRNAC	123	159	180	203	219	234	246	262	273	283	294	302
DREŽNICA	106	136	156	180	199	217	235	259	287	295	319	337
DRINOVCI	130	175	206	244	272	301	329	366	393	421	459	487
GORNJA BIJELA	129	157	175	199	217	234	251	273	290	308	331	348
G. GRABOVICA	145	183	203	227	242	255	267	279	288	296	304	311
GORNJA TUSILA	118	146	160	175	184	192	198	205	209	212	216	218
GRUDE	96	125	146	173	193	215	237	268	292	315	349	376
OBALJ	80	112	133	159	180	199	218	244	263	283	307	328
OSTROZAC	95	120	137	158	175	192	209	233	259	270	296	316
RAKITNO	121	158	184	216	240	263	286	318	340	364	394	418
SOLAKOVA KULA	71	90	103	120	132	144	156	172	184	195	211	224
STRIZEVO	186	220	234	246	252	255	259	261	262	263	263	264
UMOLJANI	76	95	110	129	145	163	181	207	227	251	284	310
VIR	85	108	124	144	158	172	186	206	219	234	252	267

Tablica 10. Maksimalna oborina u 24 sata (mm) za određene periode povrata (sliv rijeke Neretve)

Mjerne postaje	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T200	T500	T1.000	T2.000	T5.000	T10.000
BERKOVIĆI	94	114	128	145	157	170	182	199	211	224	240	252
BILEĆA	93	124	148	179	203	229	257	295	325	358	403	441
ČEMERNO	102	132	154	180	199	218	237	262	281	301	325	345
CRKVICE DONJE	104	120	129	141	151	160	170	182	191	200	212	221
DOMAŠEVO	146	174	192	215	233	250	267	288	305	322	345	362
DONJE KRTINJE	162	198	217	237	251	262	271	283	289	296	303	307
GACKO	98	128	147	171	189	206	224	246	264	281	305	323
JASENIK	94	118	133	153	167	182	197	216	231	245	264	279
KIFINO SELO	87	107	122	139	153	165	179	195	209	221	238	252
KRSTACE	119	147	166	190	208	225	243	266	284	301	324	341
LJUBINJE	129	164	185	210	227	244	259	278	290	304	319	330
MEKA GRUDA – HODŽICI	97	121	136	155	170	183	198	216	229	244	262	277
MIRILOVIĆI	119	150	171	197	216	235	254	280	298	318	344	362
NEVESINJE	98	127	147	171	189	207	225	249	267	285	308	325
PLANA	92	120	138	162	179	195	212	235	253	270	293	310
RIOCA	104	130	147	168	184	200	216	237	253	269	290	306
ŠIPAČNO	107	137	155	180	198	215	233	257	273	292	315	332
SLATO POLJE	99	129	147	171	189	206	224	246	264	281	304	322
SLIVLJE	93	120	139	166	186	209	231	264	288	316	351	382
SOMINA	110	137	155	177	194	211	228	250	267	284	306	322
STEPEN	90	113	127	146	159	173	186	203	217	231	249	262
TREBINJE	112	149	172	198	215	232	246	264	277	288	302	312
TRUSINA	106	142	166	195	218	241	262	292	313	336	365	386
ZAGRADCI	110	140	160	186	206	225	244	269	287	306	331	350

Tablica 11. Maksimalna oborina u 24 sata (mm) za određene periode povrata (sliv rijeke Trebišnjice)

## 6. PROCJENA AREALNE OBORINE

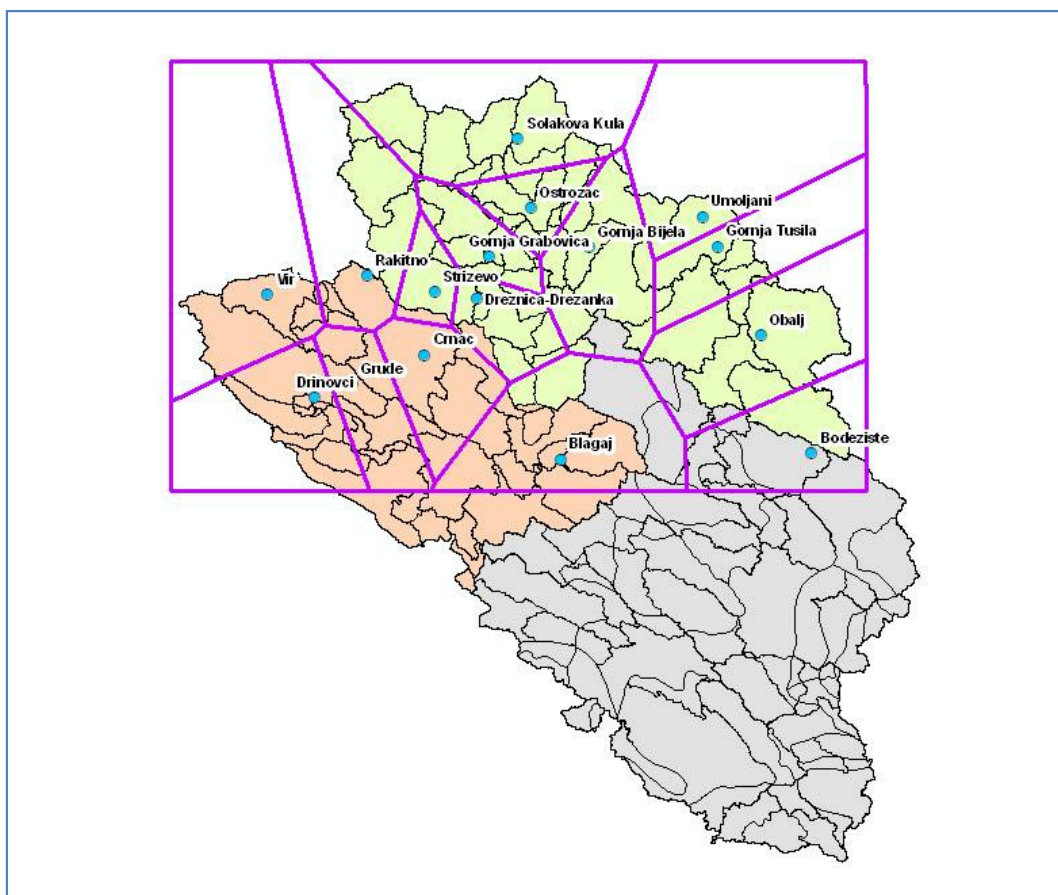
### 6.1. Sliv Neretve

Nakon što se pronašla točna oborina za svaki procijenjeni period povrata neophodno je dobiti prostornu podjelu ovog parametra u području istraživanja. Za to se uobičajeno koristi neki od sljedećih postupaka:

- Primjena metode Thiessen poligona za definiranje arealne raspodjele oborina u slivu.
- Ili primjena metode inverzne ponderirane udaljenosti / Inverse Distance Weighted (IDW).

#### 6.1.1. Metoda Thiessen poligona

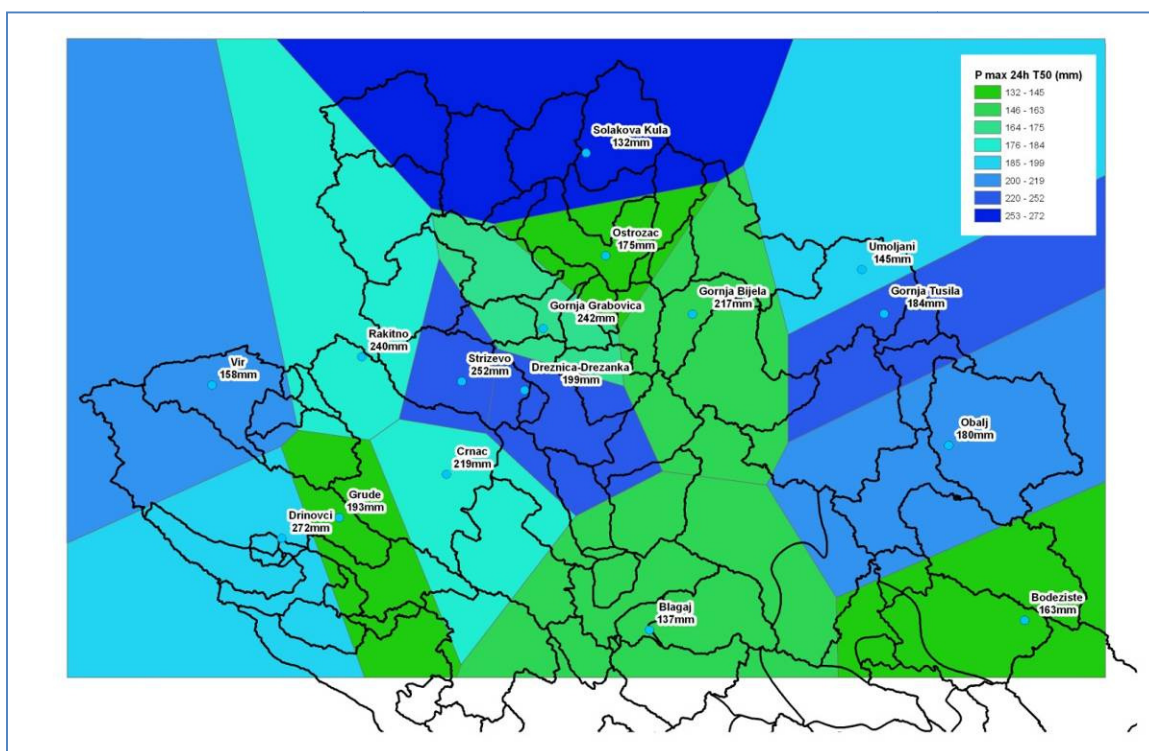
Na sljedećoj slici prikazani su Thiessen poligoni dobiveni za 16 dostupnih meteoroloških postaja sliva na kojima su se proračunale maksimalne oborine.



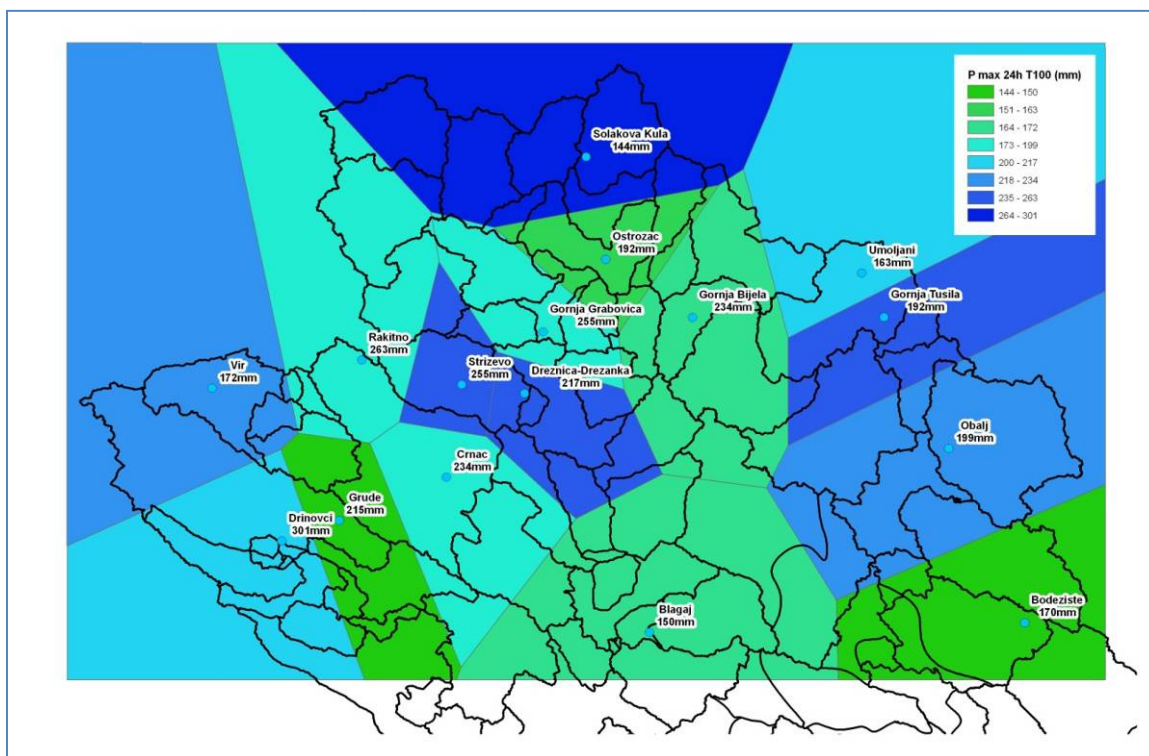
**Slika 3. Thiessen poligoni (16 oborinskih postaja Agencija za vodno područje Jadranskog Mora Mostar)**

Na sljedećim slikama prikazane su maksimalne oborine za 24 sata za periode povrata  $T = 50, 100$  i 500 godina korištenjem metode Thiessen poligona.



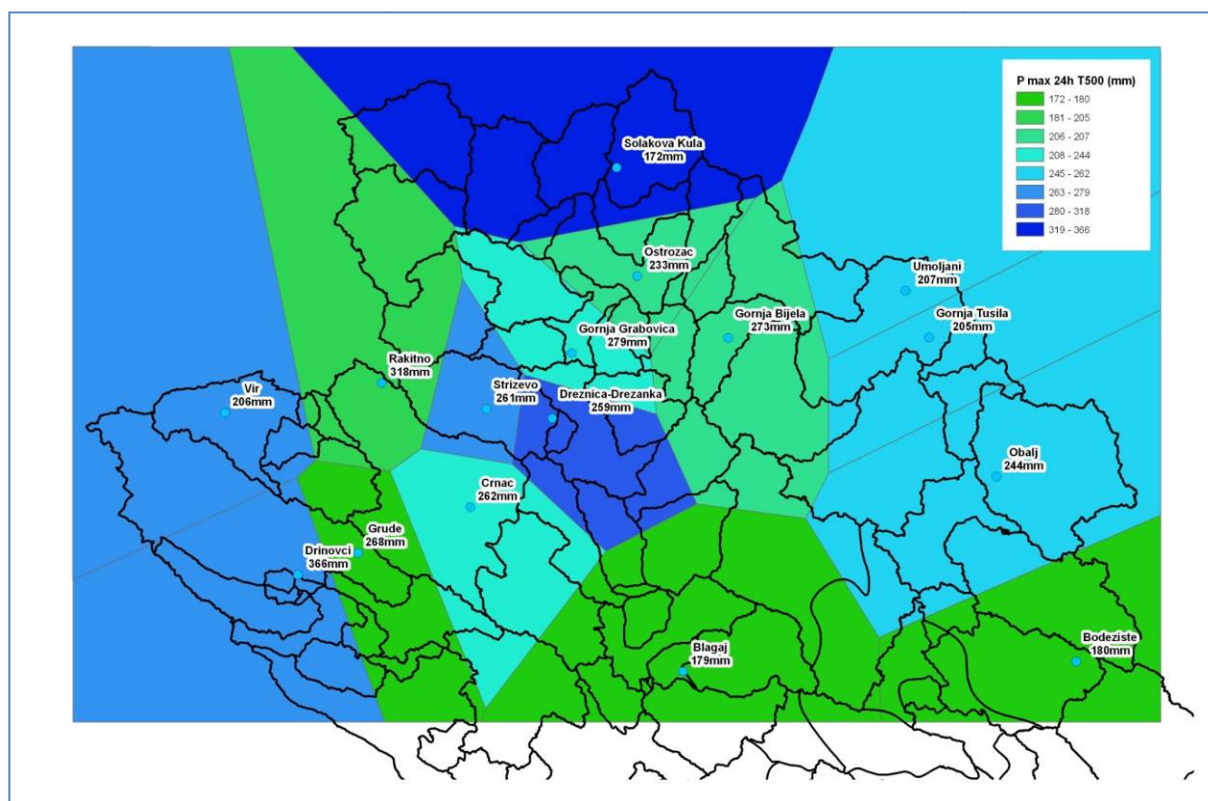


Slika 4. Maksimalna oborina za 24 sata (Thiessen- T50)



Slika 5. Maksimalna oborina za 24 sata (Thiessen- T100)



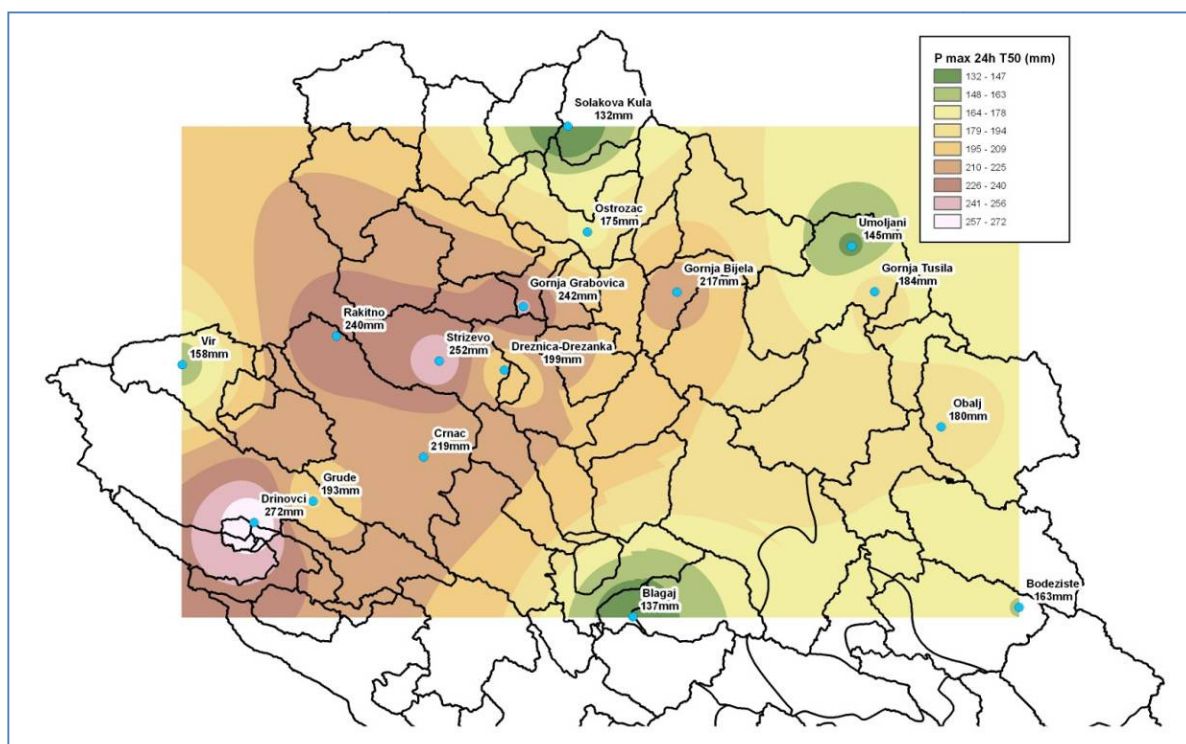


Slika 6. Maksimalna oborina za 24 sata (Thiessen- T500)

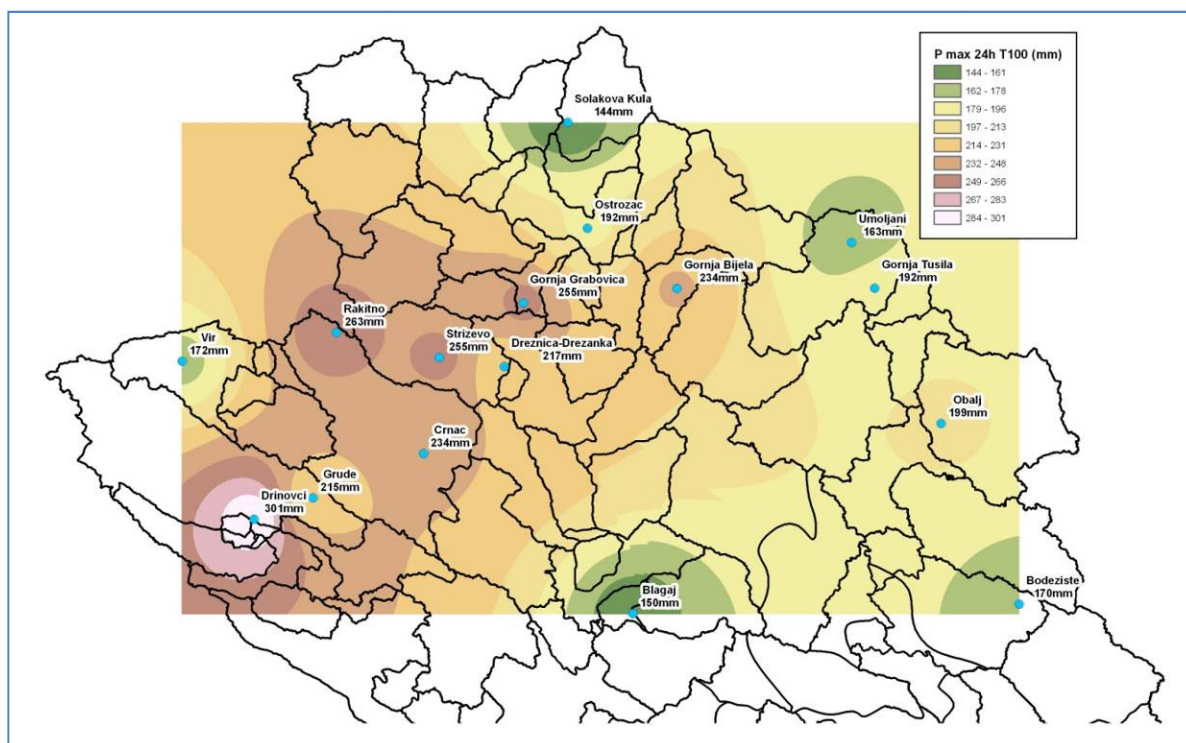
### 6.1.2. Metoda inverzne ponderirane udaljenosti

Za metodu IDW stvorili su se raster slojevi sa veličinom stanice 100x100. Korišteni eksponent udaljenosti je 2.

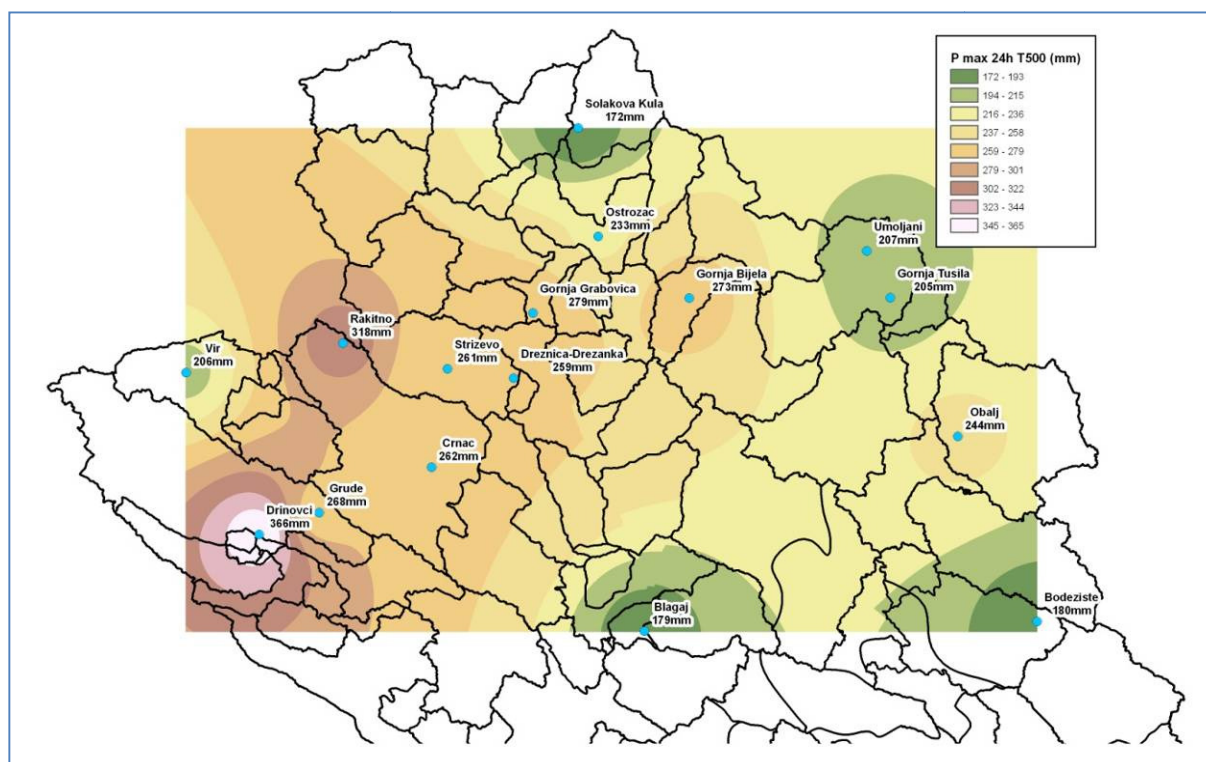
Na sljedećim slikama prikazana je maksimalna oborina za 24 sata za periode povrata od T= 50,100 i 500 godina koristeći metodu IDW.



Slika 7. Maksimalna oborina za 24 sata (IDW-T50)



Slika 8. Maksimalna oborina za 24 sata (IDW-T100)



Slika 9. Maksimalna oborina za 24 sata (IDW-T500)

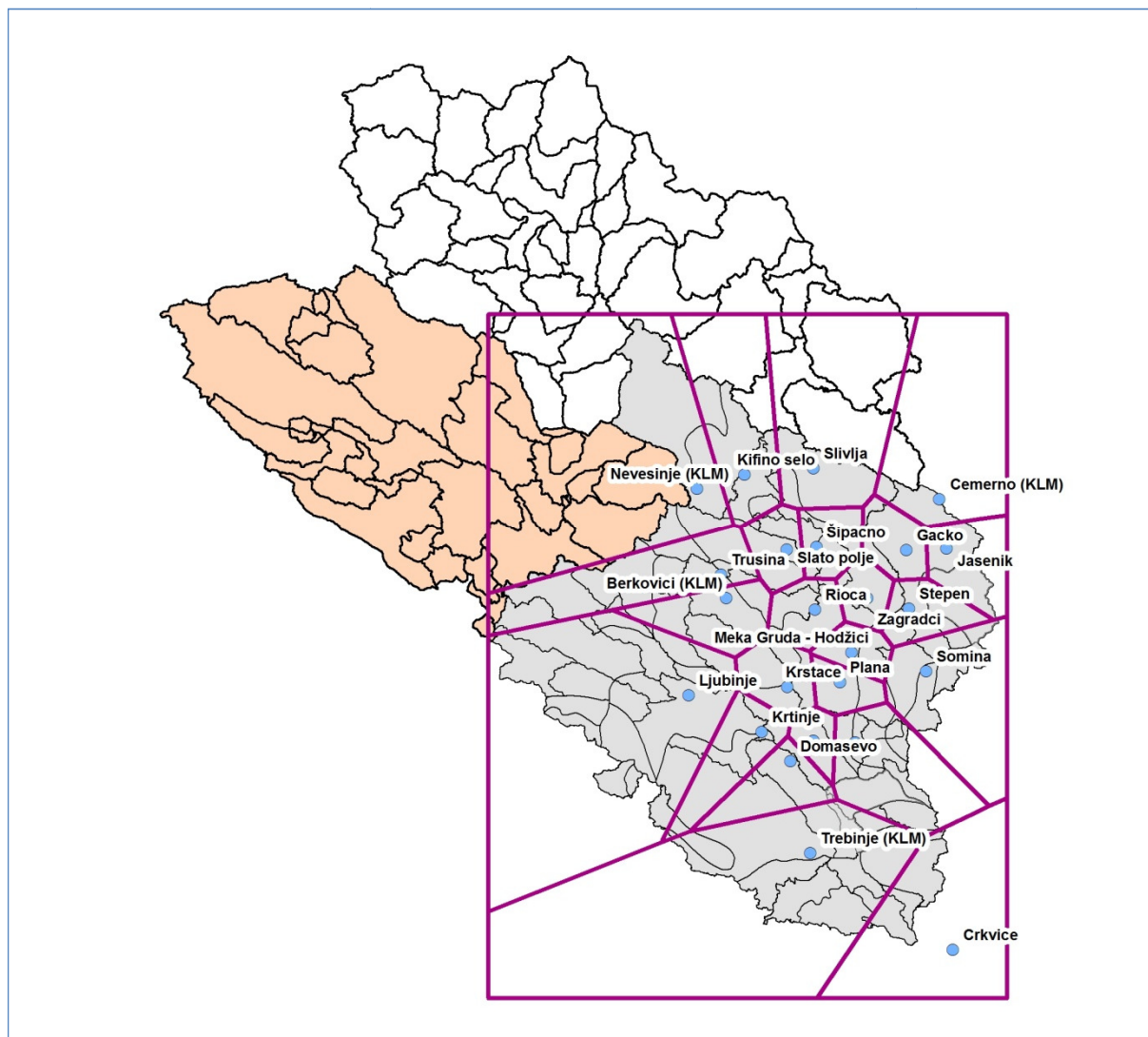
Kada se raspolaže sa dovoljnim brojem kišomjernih postaja, ravnomjerno raspoređenih i ako podslivovi nisu previše mali rezultati dobiveni pomoću obje metode, Thiessen metode i metode IDW su slični.

#### Odabrana metoda proračuna

Za izračun maksimalne oborine za 24 sata na svakom od podslivova odlučeno je da se koriste rezultati Thiessen metode.

## 6.2. Sliv rijeke Trebišnjice

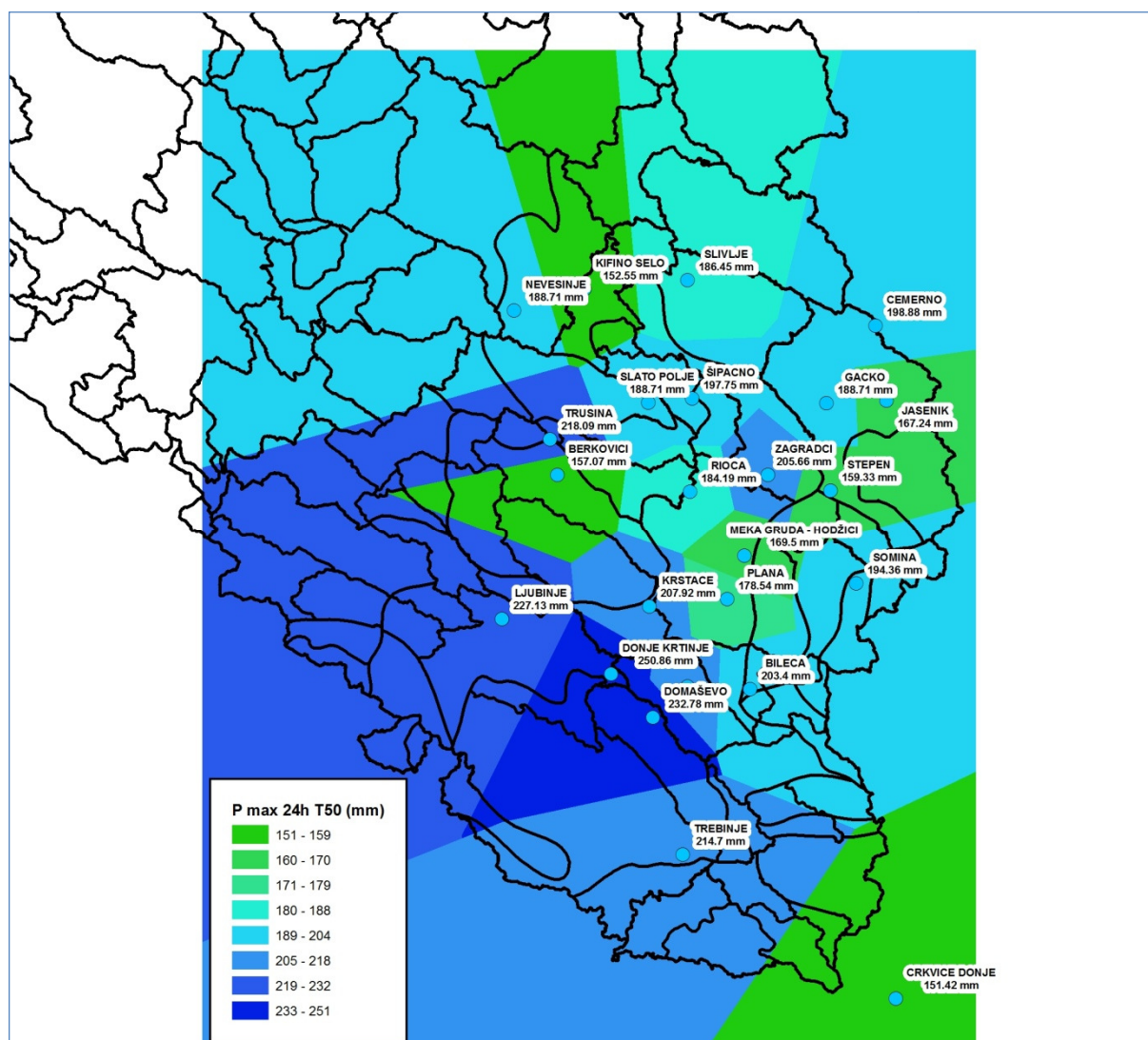
Na sljedećoj slici prikazani su Thiessen poligoni koji su dobiveni za 24 dostupne meteorološke postaje na slivu rijeke Trebišnjice gdje su se izračunale maksimalne oborine.



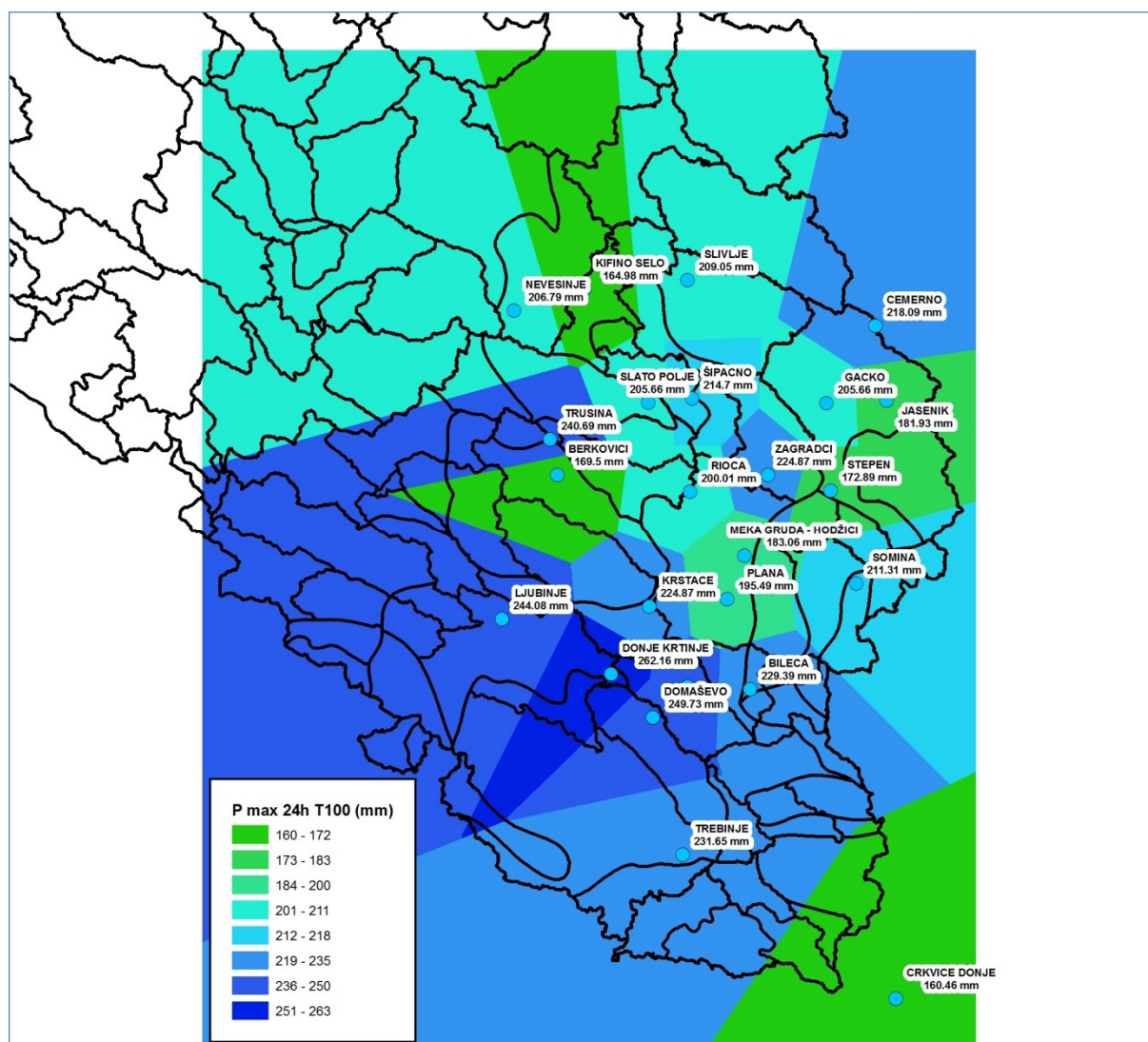
Slika 10. Thiessen poligoni (24 oborinske postaje Agencija za vodnu oblast riječnog sliva Trebišnjice, Trebinje)

Na sljedećoj slici prikazane su maksimalne oborine za 24 sata za periode povrata  $T=50,100$  i 500 godina korištenjem Thiessen poligone.

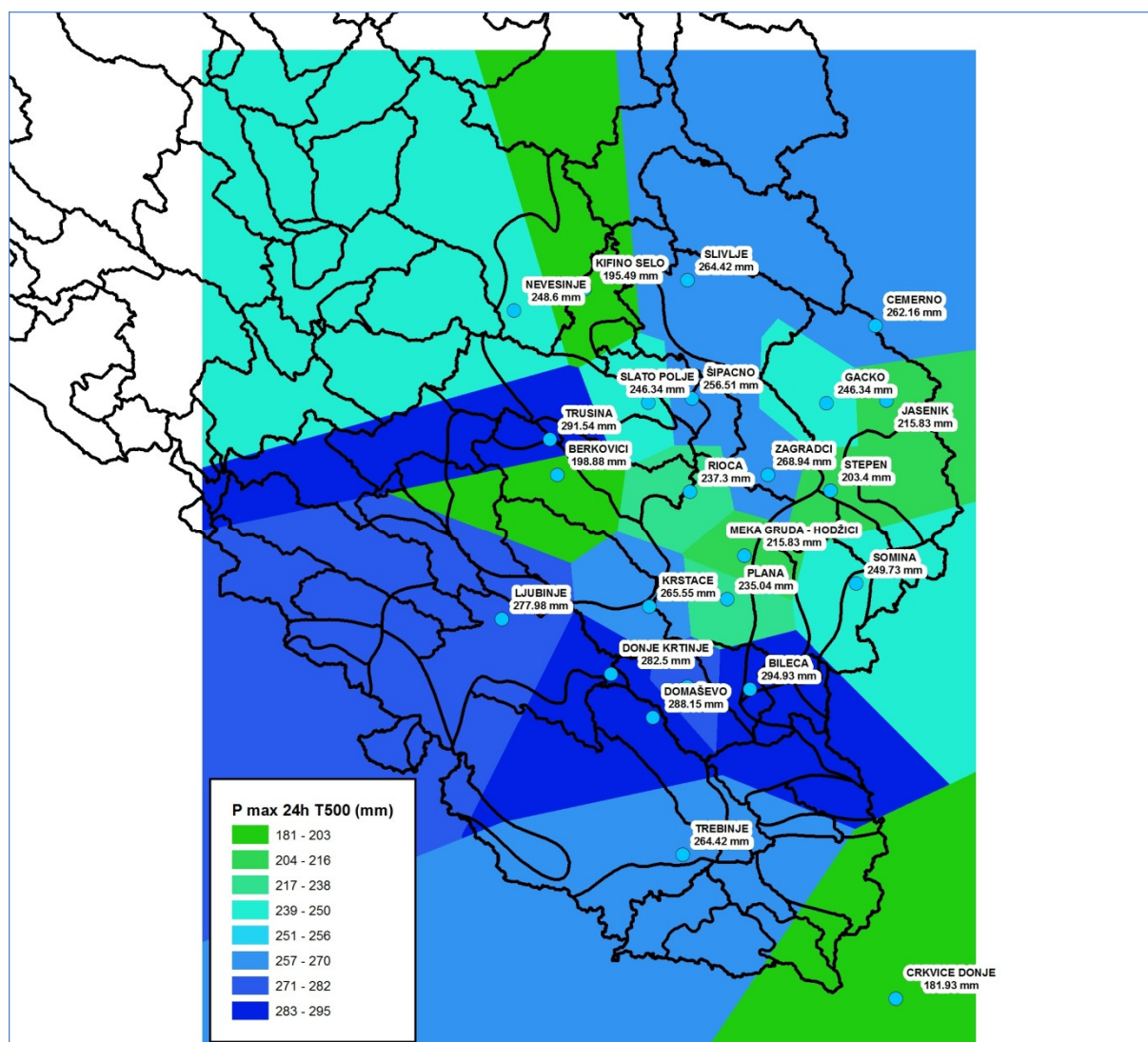




Slika 11. Maksimalna oborina za 24 sata (Thiessen-T50)



Slika 12. Maksimalna oborina za 24 sata (Thiessen-T100)

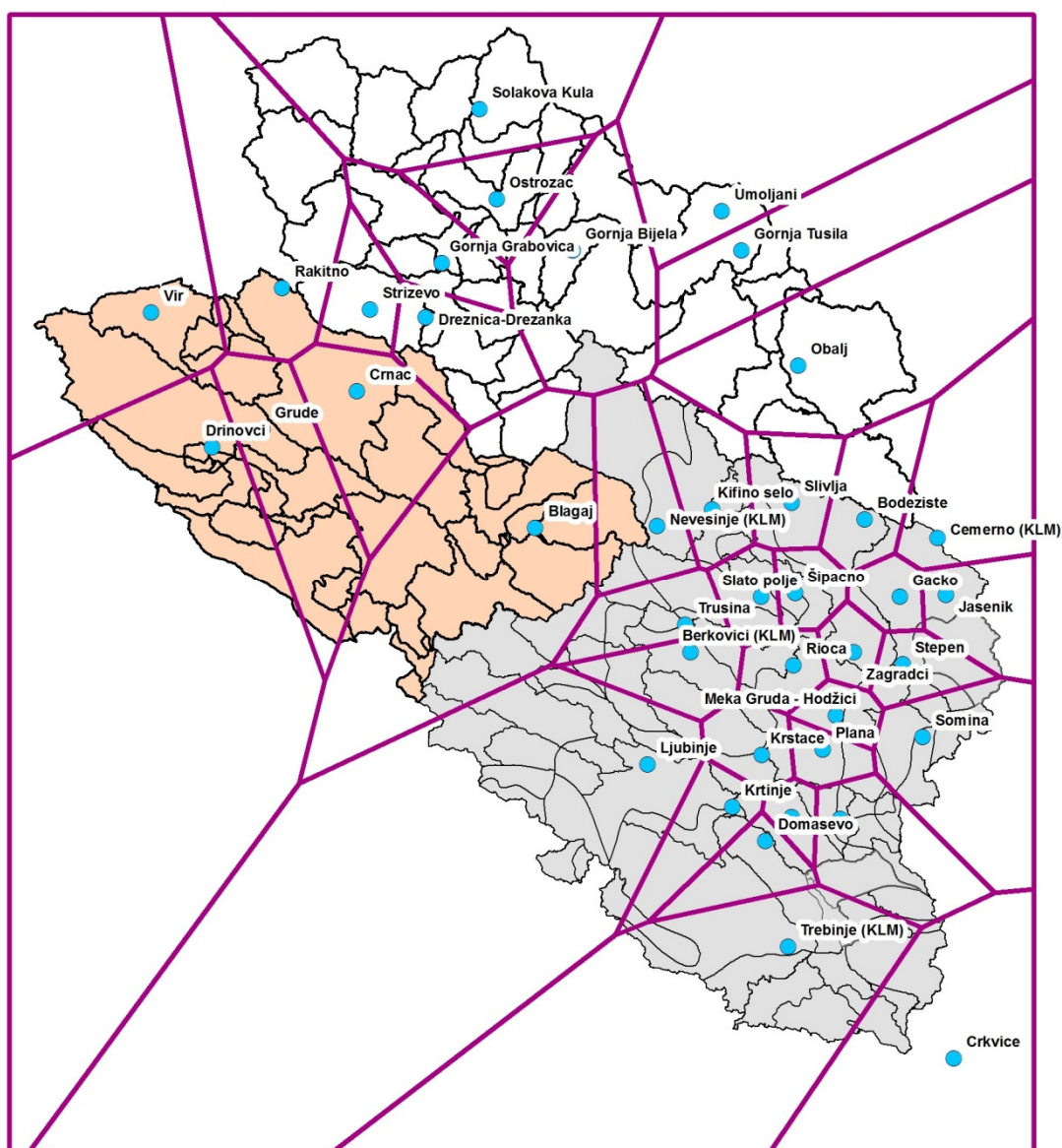


Slika 13. Maksimalna oborina za 24 sata (Thiessen-T500)



### 6.3. Slivovi Rijeka Neretve i Trebišnjice

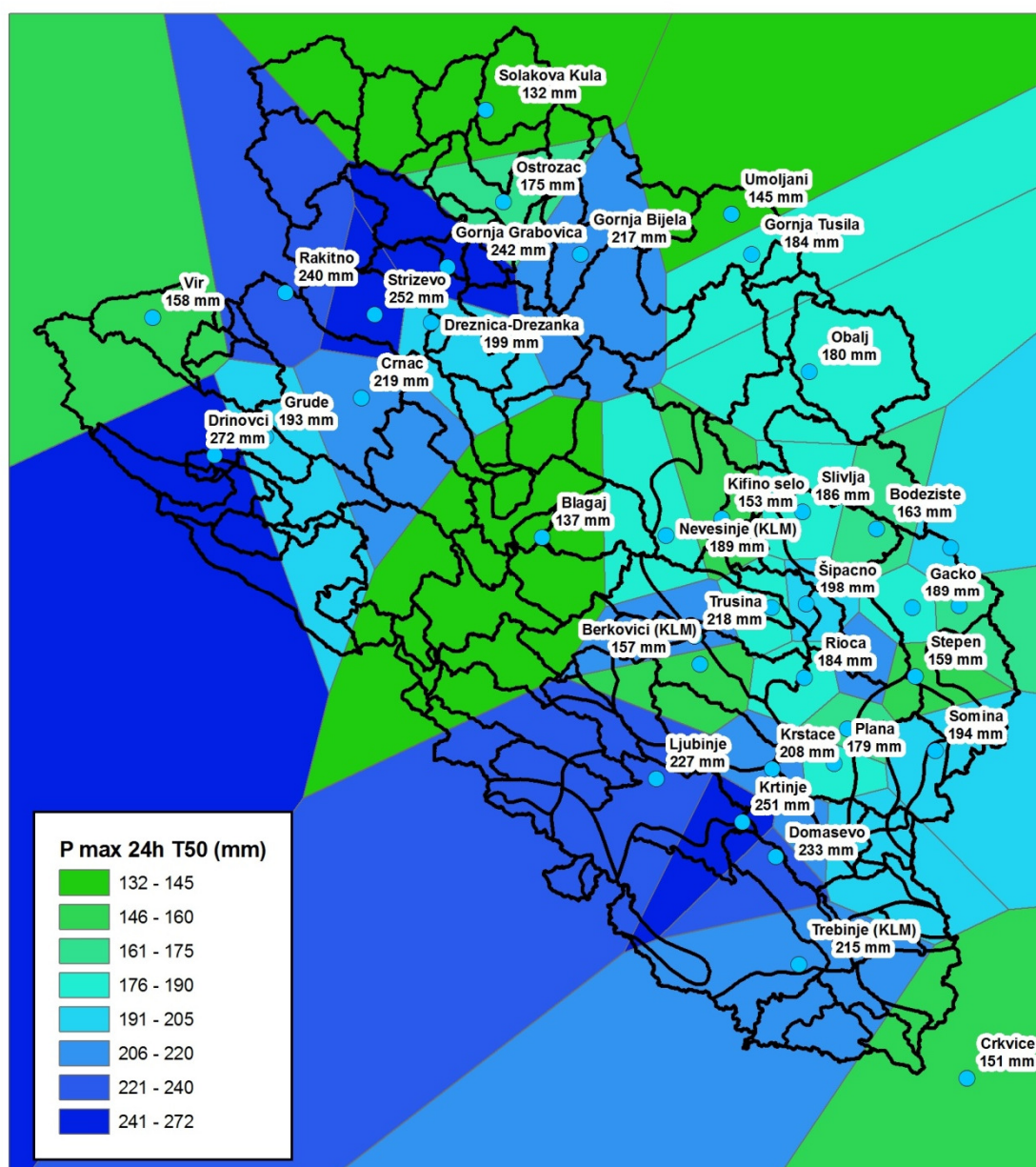
Na sljedećoj slici prikazani su Thiessen poligoni oba sliva Neretve i Trebišnjice koji su dobiveni za 16+24 dostupne meteorološke postaje gdje su se izračunale maksimalne oborine.



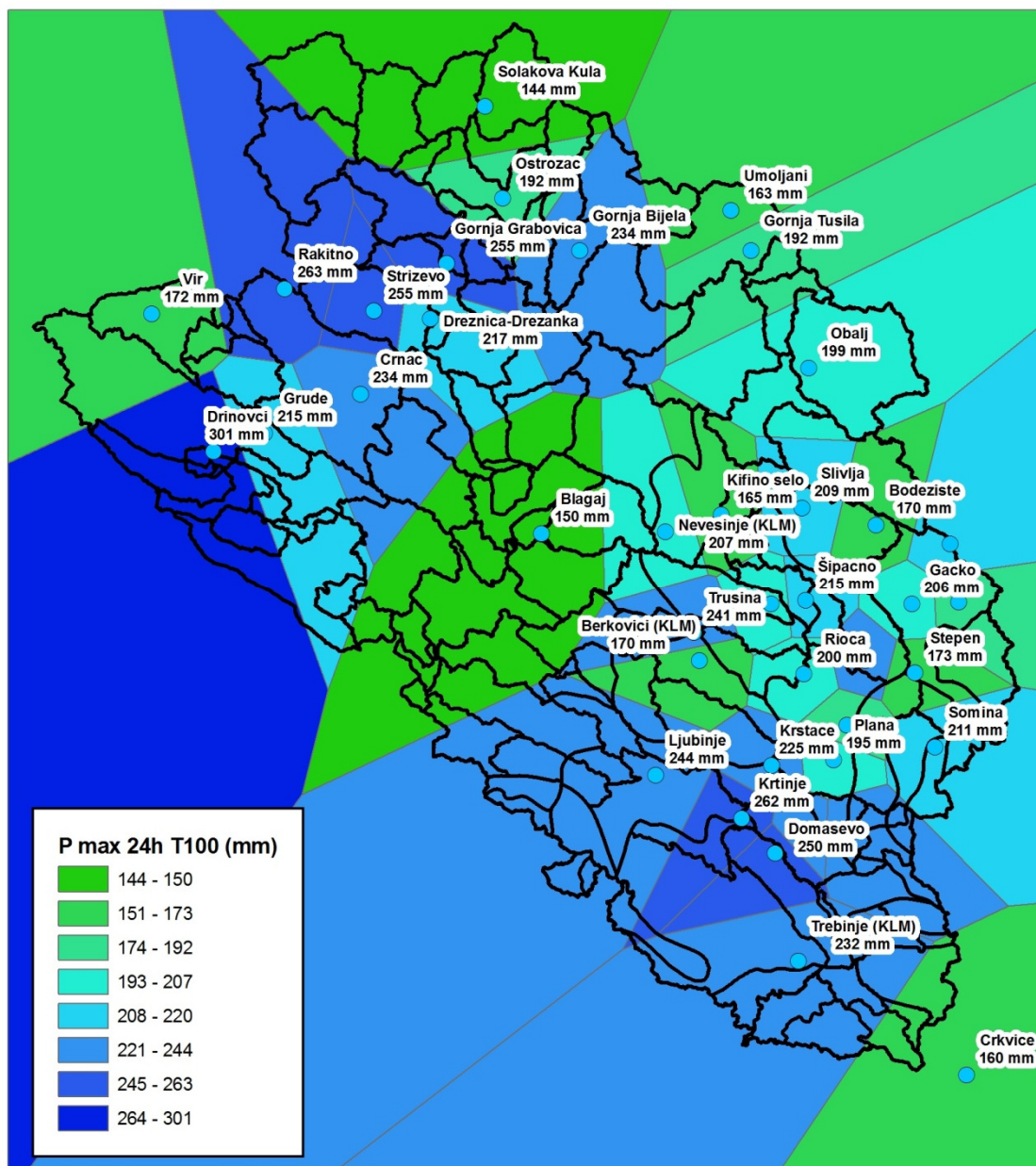
Slika 14. Thiessen poligoni



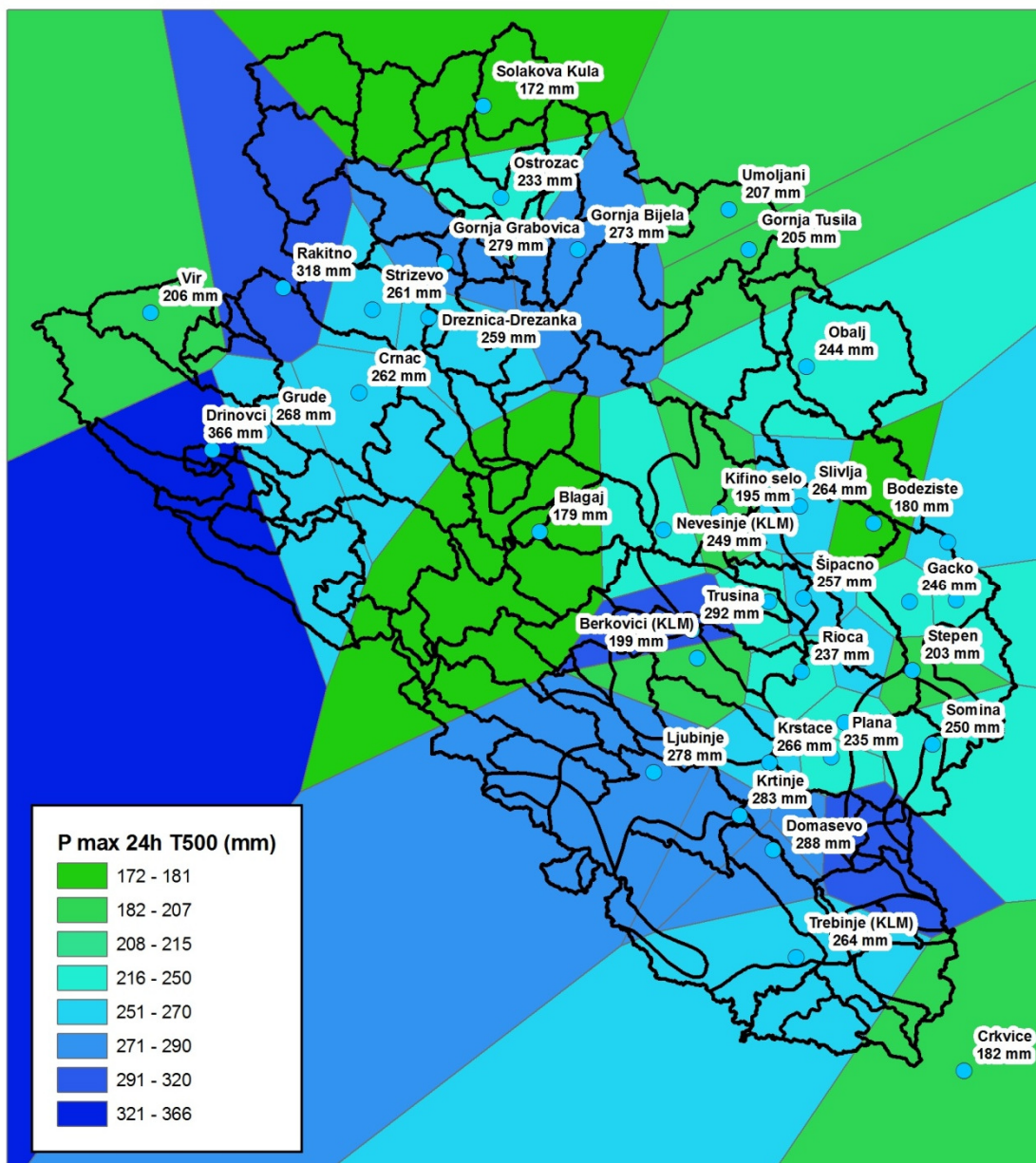
Na sljedećoj slici je prikazana maksimalna oborina za 24 sata za periode povrata  $T=50,100$  i  $500$  godina.



Slika 15. Maksimalna oborina za 24 sata (Thiessen-T50)



Slika 16. Maksimalna oborina za 24 sata (Thiessen-T100)



Slika 17. Maksimalna oborina za 24 sata (Thiessen-T500)



## 7. VREMENSKA RASPODJELA PADALINA

---

Za izučavanje poplava, osim ukupne količine padalina treba se postaviti njena raspodjela tijekom vremena.

S toga, sljedeća etapa u izračunu kišnih padalina sastoji se u dobivanju hijetograma, odnosno, u određivanju raspodjele ukupne oborine tijekom trajanja pljuska (oluje).

Uobičajeni način dobivanja vremenske raspodjele oborina sastoji u korištenju sintetičkih teoretskih hijetograma izgrađenih od krivulja intenziteta-trajanja-čestine (krive IDF) ili iz statističke analize raznih hijetograma izraženih u bezdimenzionalnog obliku. Ako se ne raspolaže sa studijama o vremenskoj bezdimenzionalnoj raspodjeli padalina obično se koristi prva od ovih metoda.

### 7.1. Krivulje Intenziteta -Trajanja – Čestine ( frekvence)

Za analizu intenziteta oborine u funkciji trajanja pljuska i dobivanja odgovarajućih hijetograma dijele se krivulje Intenziteta-Trajanja-Čestine (krivulje IDF) svojstvene za svaku kišomjernu postaju ili postaju koja reprezentira jedan dio područja. Također postoje krivulje IDF formulirane od strane raznih autora.

Za ovaj zadatak se predlaže uporaba krivulja Intenzitet - Trajanje – Čestina predloženih u Uputama 5.2-IC "Površinsko odvodnjavanje" (Témez, 1987; MOPU, 1990). Odgovaraju slijedećem izrazu:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

Gdje je:

$I_t$ : Prosječni odgovarajući intenzitet trajanja za željeni vremenski interval.

$I_d$ : Prosječni intenzitet dnevne oborine koji odgovara promatranom periodu povrata. Jednako je  $P_d/24$ .

$P_d$ : Ukupna dnevna oborina koja odgovara pomenutom periodu povrata.

$I_1/I_d$ : Koeficijent između satnog i dnevnog intenziteta, neovisno od perioda povrata. Njegova vrijednost se kreće između 8 i 11. Za područje studija koji ima visoke godišnje oborine uzela se vrijednost 9.

$t(h)$ :  $I_t$  se odnosi na trajanje intenziteta.

## 7.2. Dobivanje hijetograma

Za studiju maksimalnih protoka koriste se hijetogrami čiji oblik je zabilježen približno središtu.

Hijetogram se radi na takav način da u svakom intervalu oko prosječne maksimalne oborine je maksimalna dozvoljena prema krivuljama IDF za promatrani period povrata. Dijeli se sa maksimumom i dodaju se intervali oko istog maksimuma prema krajnjim na takav način da se ispuni prethodni uvjet.

Što se tiče oblika hijetograma, uobičajena je uporaba simetričnog oblika, u kojem je raspodjela intenziteta simetrična oko maksimuma istog i sa njim u središtu pljuska. Također je moguće koristiti ne-simetrične raspodjele intenziteta, više konzervativnije, u kojima intervalu najvećeg intenziteta prethodi drugi sa većom kišom nakon čega slijedi treći većeg intenziteta i tako se nastavlja. To su takozvani hijetogrami izmjeničnih blokova. Asimetrične raspodjele tako opisane preuzimaju veću oborinu prije maksimuma hijetograma zbog čega će izračunati protoci pomoću hidrološke simulacije biti veći i pošto su veći, vlažnost tla je veća, prema tome i otjecanje.

Hijetogrami izmjeničnih blokova su urađeni za različita trajanja pljuska među kojima su prikazana za 24, 48, 120 i 144 sata. Za njihovu kompoziciju izračunavaju se intenziteti kiše putem prije spomenute formule u uputama 5.2-IC, za dnevnu prefiksiranu oborinu (Pd) uzeto je isto 100 mm da bi se dobile takve postotne vrijednosti. Ova formula omogućuje intenzitete kiše (a s time i oborina) za željena trajanja.

Dobivene oborine se potom stavljaju u hijetogram koristeći izmjenične blokove, odnosno, stavljajući u središte hijetograma blok maksimalnog intenziteta, a sljedeće blokove izmjenično na jednu stranu a na drugu sa maksimalnim intenzitetom, na način da za odabrano trajanje zbroj oborina odgovara zbroju izračunatom po formuli. Kao zaključak dobiva se hijetogram maksimalnog intenziteta koji daje za svaki dio ukupnog trajanja pljuska maksimalni izračunati intenzitet.

U ovim hijetogramima dobivenim od krivulja Intenziteta-Trajanja predloženih u Uputama 5.2-IC "Površinske odvodnje" postotna raspodjela je ista za bilo koji period povrata.

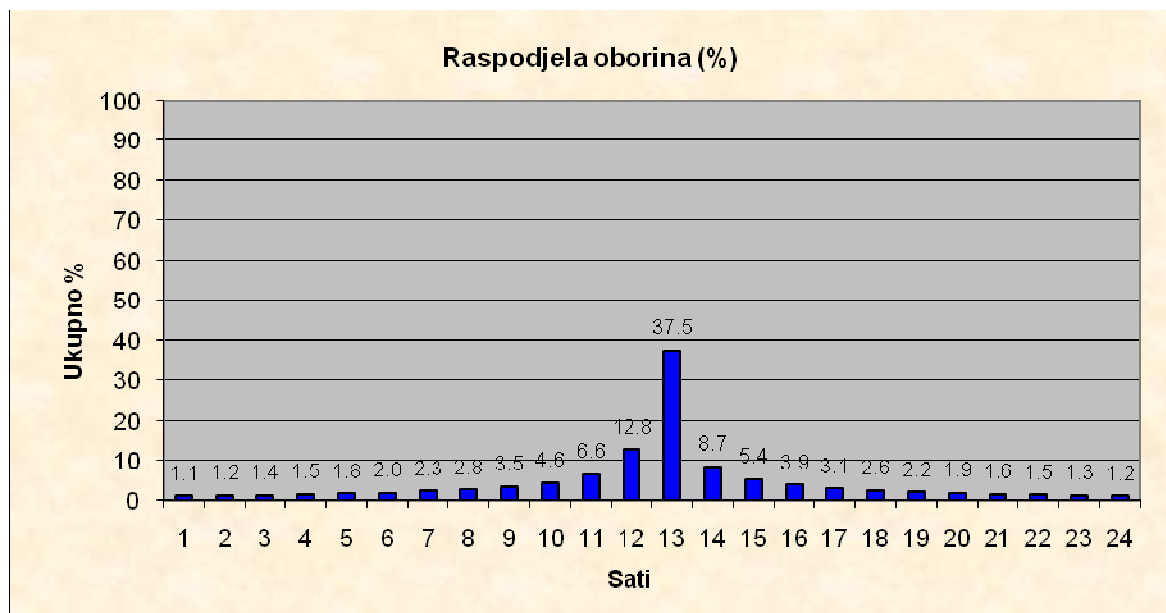
T (h)	I (mm/h)	P (mm)	Porast	Porast izmjeničnih blokova	Akumulirani izmjenični blokovi
1	37,50	37,50	37,50	1,14	1,14
2	25,17	50,34	12,84	1,25	2,38
3	19,67	59,01	8,68	1,38	3,77
4	16,41	65,66	6,64	1,55	5,32
5	14,21	71,06	5,41	1,75	7,07
6	12,60	75,63	4,56	2,01	9,08
7	11,37	79,58	3,95	2,34	11,42
8	10,38	83,05	3,48	2,81	14,23
9	9,57	86,16	3,11	3,48	17,71

T (h)	I (mm/h)	P (mm)	Porast	Porast izmjeničnih blokova	Akumulirani izmjenični blokovi
10	8,90	88,97	2,81	4,56	22,27
11	8,32	91,52	2,56	6,64	28,91
12	7,82	93,87	2,34	12,84	41,75
13	7,39	96,03	2,16	37,50	79,25
14	7,00	98,04	2,01	8,68	87,93
15	6,66	99,91	1,87	5,41	93,33
16	6,35	101,66	1,75	3,95	97,28
17	6,08	103,31	1,64	3,11	100,39
18	5,83	104,86	1,55	2,56	102,95
19	5,60	106,32	1,46	2,16	105,11
20	5,39	107,70	1,38	1,87	106,98
21	5,19	109,02	1,31	1,64	108,63
22	5,01	110,27	1,25	1,46	110,09
23	4,85	111,46	1,19	1,31	111,40
24	4,69	112,59	1,14	1,19	112,59

Tablica 12. Satna raspodjela oborina. Krivulje intenziteta-trajanja 24 sata.

Gdje je:

T: Vrijeme u satima    I: Intenzitet prosječni po satu (mm/h)    P: Ukupna akumulirana oborina (mm)

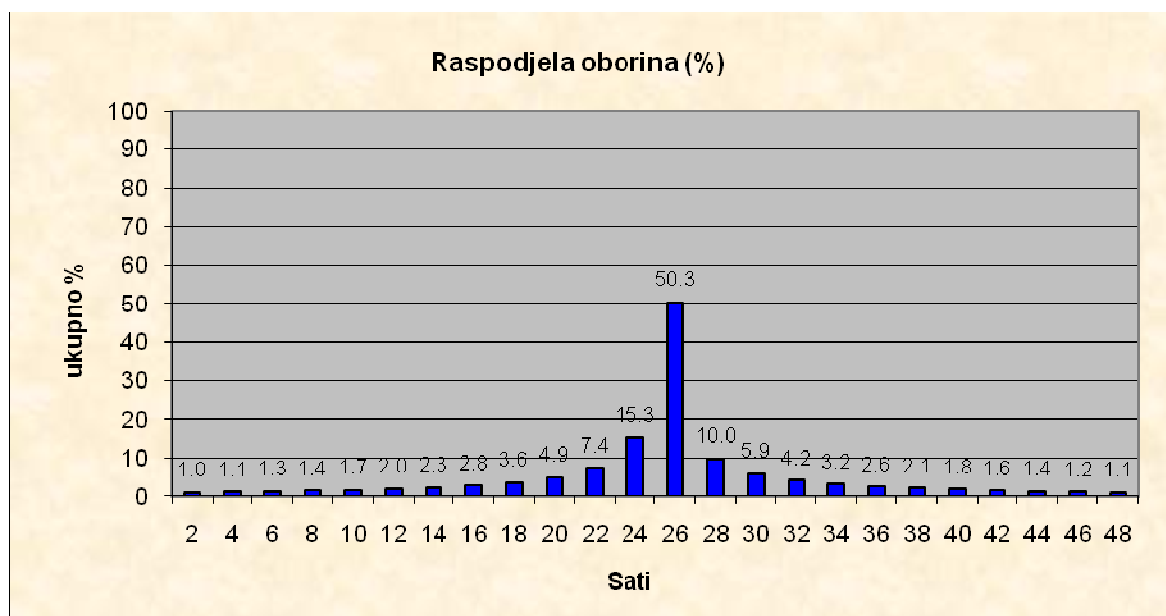


Slika 18. Hijetogram izmjeničnih blokova 24 sata

Radeći na isti način dobivaju se hijetogrami za 48 sati (u blokovima od 2 sata), za 120 sati i za 144 sata (u blokovima od 6 sati).

T (h)	I (mm/h)	P (mm)	Porast	Porast izmjeničnih blokova	Akumulirani izmjenični blokovi
2	25,17	50,34	50,34	1,01	1,01
4	16,41	65,66	15,32	1,13	2,14
6	12,60	75,63	9,97	1,27	3,42
8	10,38	83,05	7,43	1,45	4,87
10	8,90	88,97	5,91	1,67	6,54
12	7,82	93,87	4,90	1,95	8,49
14	7,00	98,04	4,17	2,33	10,81
16	6,35	101,66	3,62	2,85	13,66
18	5,83	104,86	3,19	3,62	17,28
20	5,39	107,70	2,85	4,90	22,18
22	5,01	110,27	2,56	7,43	29,61
24	4,69	112,59	2,33	15,32	44,93
26	4,41	114,72	2,12	50,34	95,27
28	4,17	116,67	1,95	9,97	105,24
30	3,95	118,47	1,80	5,91	111,15
32	3,75	120,14	1,67	4,17	115,32
34	3,58	121,69	1,55	3,19	118,52
36	3,42	123,14	1,45	2,56	121,08
38	3,28	124,50	1,36	2,12	123,20
40	3,14	125,77	1,27	1,80	125,00
42	3,02	126,97	1,20	1,55	126,56
44	2,91	128,10	1,13	1,36	127,91
46	2,81	129,17	1,07	1,20	129,11
48	2,71	130,18	1,01	1,07	130,18

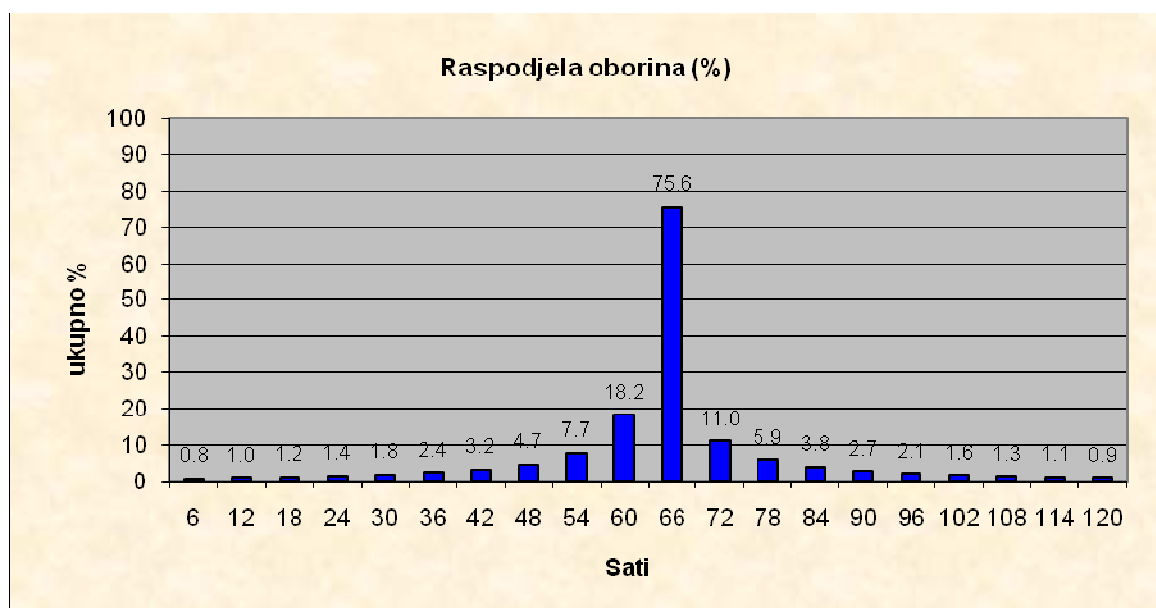
Tablica 13. Satna raspodjela oborina. Krivulje intenzitet- trajanje 48 sati.



Slika 19. Hijetogram izmjeničnih blokova 48 sati.

T (h)	I (mm/h)	P (mm)	Porast	Porast izmjeničnih blokova	Akumulirani izmjenični blokovi
6	12,60	75,63	75,63	0,80	0,80
12	7,82	93,87	18,24	0,96	1,76
18	5,83	104,86	10,99	1,17	2,93
24	4,69	112,59	7,73	1,45	4,38
30	3,95	118,47	5,87	1,82	6,20
36	3,42	123,14	4,67	2,37	8,57
42	3,02	126,97	3,83	3,21	11,78
48	2,71	130,18	3,21	4,67	16,46
54	2,46	132,92	2,74	7,73	24,19
60	2,25	135,29	2,37	18,24	42,43
66	2,08	137,36	2,07	75,63	118,06
72	1,93	139,19	1,82	10,99	129,05
78	1,81	140,80	1,62	5,87	134,92
84	1,69	142,25	1,45	3,83	138,75
90	1,59	143,55	1,30	2,74	141,50
96	1,51	144,72	1,17	2,07	143,56
102	1,43	145,78	1,06	1,62	145,18
108	1,36	146,74	0,96	1,30	146,48
114	1,29	147,62	0,88	1,06	147,54
120	1,24	148,42	0,80	0,88	148,42

Tablica 14. Satna raspodjela oborina. Krivulje intenziteta-trajanja 120 sati.

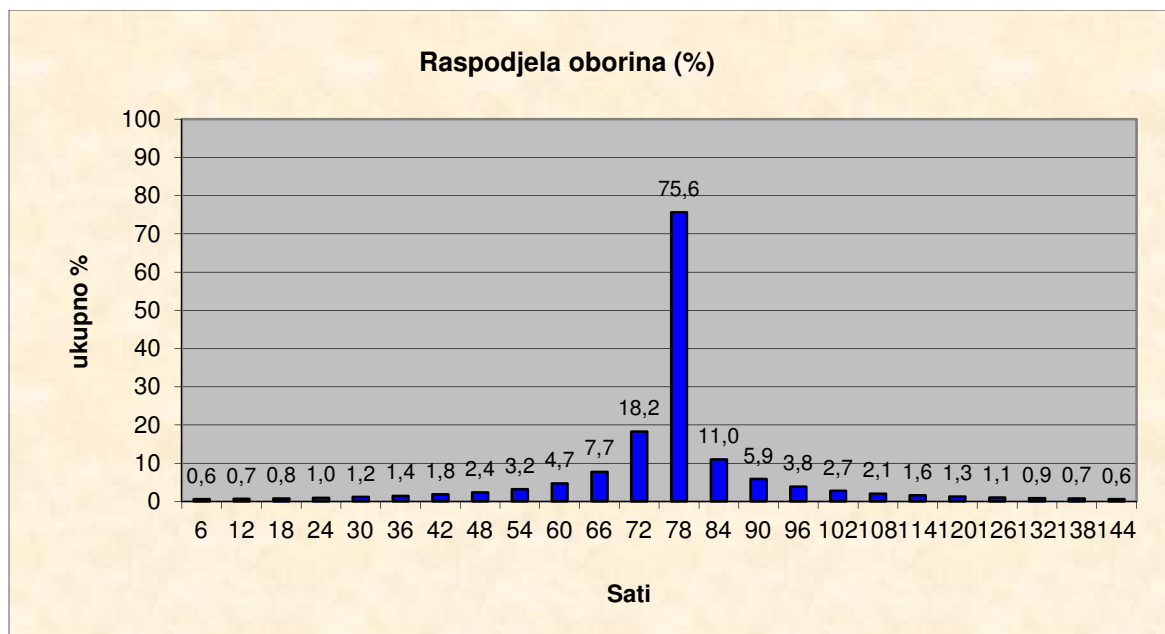


Slika 20. Hijetogram izmjeničnih blokova 120 sati.



T (h)	I (mm/h)	P (mm)	Porast	Porast izmjeničnih blokova	Akumulirani izmjenični blokovi
6	12,60	75,63	75,63	0,57	0,57
12	7,82	93,87	18,24	0,67	1,24
18	5,83	104,86	10,99	0,80	2,04
24	4,69	112,59	7,73	0,96	3,00
30	3,95	118,47	5,87	1,17	4,17
36	3,42	123,14	4,67	1,45	5,62
42	3,02	126,97	3,83	1,82	7,44
48	2,71	130,18	3,21	2,37	9,81
54	2,46	132,92	2,74	3,21	13,03
60	2,25	135,29	2,37	4,67	17,70
66	2,08	137,36	2,07	7,73	25,43
72	1,93	139,19	1,82	18,24	43,68
78	1,81	140,80	1,62	75,63	119,30
84	1,69	142,25	1,45	10,99	130,29
90	1,59	143,55	1,30	5,87	136,16
96	1,51	144,72	1,17	3,83	140,00
102	1,43	145,78	1,06	2,74	142,74
108	1,36	146,74	0,96	2,07	144,81
114	1,29	147,62	0,88	1,62	146,42
120	1,24	148,42	0,80	1,30	147,72
126	1,18	149,15	0,73	1,06	148,78
132	1,14	149,82	0,67	0,88	149,66
138	1,09	150,44	0,62	0,73	150,39
144	1,05	151,01	0,57	0,62	151,01

Tablica 15. Satna raspodjela oborina. Krivulje intenziteta-trajanja 144 sata.



Slika 21. Hijetogram izmjeničnih blokova 144 sata.

### 7.3. Trajanje oluje

Dizajnirana oluja (projektirani pljusak) je jedna epizoda oborine sintetičkog tipa sa kojim se ostvaruje jedna simulacija modela s ciljem dobivanja hidrograma. Sintetička oluja je hipotetička padalina koja reproducira nepovoljnije učinke sa statističkog stajališta, s ciljem formiranja poplava unutar dizajniranog modela, odnosno, radi se o oluji koja će stvarati hidrograme sa većim vrhom protoka i većim trajanjem za odabrane periode povrata. Ovaj pljusak je definiran određivanjem intenziteta, trajanja i vremenske raspodjele.

Intenzitet i raspodjela su se obrađivali u prethodnim točkama. Što se tiče trajanja, analizirajući hidrograme za razne periode povrata dobivene u "Hidrološkoj analizi" promatraju se sljedeća približna trajanja porasta i smanjenja poplavnog vala koji je promjenljiv prema periodu povrata:

Mjesto hidrograma	Vrijeme od početka do vrha (dani)	Vrijeme od vrha do kraja (dani)
VS Grancarevo (Trebišnjica)	1,5	> 10
VS Jablanica (Neretva)	1,2	3 – 4
VS Kovačevo Polje (Rama)	2,5	> 7
VS Konjic (Neretva)	2	> 7
VS Mostar (Neretva)	2	> 7

VS: Vodna stanica

**Tablica 16. Trajanje hidrograma**

Odabrana je oluja od 120 sati trajanja (5 dana), gdje se vrhunac oluje pojavljuje u drugoj polovici trećeg dana. Kiša od dva prethodna dana daje veću vlažnost tlu.

Izlaz (rezultat) hidrološkog modela predstavljat će veći broj dana za dovoljan prikaz silazne krivulje hidrograma.



