

INŠTITUT
ZA VODE
REPUBLIKE
SLOVENIJE

Institute
for Water of
the Republic
of Slovenia

*Voda za življenje, znanje za vode.
Water for Life, Knowledge for Water.*

Program dela IzVRS za leto 2013

I/2 Priprava in zagotovitev strokovnih podlag za izvajanje poplavne direktive (2007/60/ES)

I/2/1 Izdelava kart poplavne nevarnosti in kart razredov poplavne nevarnosti za 7 območij pomembnega vpliva poplav v RS

Naslov naloge:

Hidrološka študija visokih vod na porečju Lepene - za OPVP 60–Hrastovec–skladišče razstreliv

Vodja naloge:

Darko Anzeljc, univ.dipl.inž.grad.

LJUBLJANA, MAREC 2014

PROGRAM: Program dela IzVRS za leto 2013

I/2 Priprava in zagotovitev strokovnih
podlag za izvajanje poplavne direktive
(2007/60/ES)

I/2/1 Izdelava kart poplavne nevarnosti in kart
razredov poplavne nevarnosti za 7 območij
pomembnega vpliva poplav v RS

NASLOV NALOGE: **Hidrološka študija visokih vod na porečju
Lepene - za OPVP 60–Hrastovec–skladišče
razstreliv**

ŠIFRA NALOGE:

NAROČNIK: REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO IN OKOLJE

IZVAJALEC: INŠTITUT ZA VODE REPUBLIKE SLOVENIJE
Hajdrihova 28c
1000, Ljubljana

AVTOR(JI): Darko Anzeljc, univ.dipl.inž.grad.
Katja Sovre, univ.dipl.inž.vod. in kom.inž.

SODELAVCI:

KRAJ IN DATUM: LJUBLJANA, marec 2014



VSEBINA

KAZALO TABEL	II
KAZALO SLIK.....	II
KAZALO PRILOG	III
1.0 UVOD.....	1
2.0 HIDROLOŠKA SLIKA POREČJA	2
2.1 Hidrografske značilnosti porečja.....	2
2.2 Hidravlična prevodnost in pokrovnost tal.....	4
3.0 METEOROLOŠKI PODATKI.....	5
3.1 Padavinske postaje	5
3.2 Maksimalne dnevne padavine	5
3.3 Analiza nalivov	6
3.4 Padavine uporabljene v hidrološkem modelu	6
4.0 HIDROLOŠKI PODATKI	8
5.0 PADAVINSKE SITUACIJE.....	9
5.1 Padavinska situacija 18.-19.9.2007.....	10
5.2 Padavinska situacija 26.-31.10.2012.....	14
5.3 Padavinska situacija 4.-8.11.2012	19
6.0 VISOKE VODE	24
6.1 Visoke vode	24
7.0 ZAKLJUČEK.....	25
8.0 VIRI.....	26
9.0 PRILOGE.....	27



KAZALO TABEL

Tabela 1: Hidrografske značilnosti podporečij	3
Tabela 2: Dolžina glavnega vodotoka na odseku med vozliščema in povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema	3
Tabela 3: Hidrografske značilnosti prispevnega zaledja do posameznega hidrološkega prereza	3
Tabela 4: Pokrovnost tal za območje porečja Lepene in Sopote	4
Tabela 5: Hidravlična prevodnost tal porečja Lepene in Sopote	4
Tabela 6: Seznam obravnavanih padavinskih postaj	5
Tabela 7: Maksimalne in povprečne višine maksimalnih dnevnih padavin na posamezni padavinski postaji ter višina maksimalnih dnevnih padavin s 100-letno povratno dobo	6
Tabela 8: Vrednosti padavin s povratno dobo 500, 100 in 10 let, ki so bile uporabljene v hidrološkem modelu	7
Tabela 9: Rezultati verjetnostne analize maksimalnih pretokov (Log Pearson III) za posamezno vodomersko postajo	8
Tabela 10: Maksimalne vrednosti valov in čas meritve na Velunji, Sopoti in Lepeni	9
Tabela 11: Dnevne količine padavin septembra 2007	10
Tabela 12: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah september 2007	11
Tabela 13: Maksimalne padavine (september 2007) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba	11
Tabela 14: Dnevne količine padavin oktobra 2012	14
Tabela 15: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah oktober 2012	15
Tabela 16: Maksimalne padavine (oktober 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba	15
Tabela 17: Dnevne količine padavin novembra 2012	19
Tabela 18: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah november 2012	20
Tabela 19: Maksimalne padavine (november 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba	20
Tabela 20: Vrednosti maksimalnih pretokov Lepene in njenih pritokov	24

KAZALO SLIK

Slika 1: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	12
Slika 2: Histogram padavin postaje Celje-Levec	12
Slika 3: Histogram padavin postaje Celje-Medlog	12
Slika 4: Zabeležen hidrogram na Velunji v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	13
Slika 5: Zabeležen hidrograma na Lepeni v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu (26.10.-11.11.2012)	16
Slika 6: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	16
Slika 7: Histogram padavin postaje Celje-Levec	17
Slika 8: Histogram padavin postaje Celje-Medlog	17
Slika 9: Zabeležen hidrogram Lepena v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("prvi val")	18
Slika 10: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	20
Slika 11: Histogram padavin postaje Celje-Levec	21
Slika 12: Histogram padavin postaje Celje-Medlog	21
Slika 13: Zabeležen hidrogram Sopota v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")	22
Slika 14: Zabeležen hidrogram Velunja v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")	22



KAZALO PRILOG

DVD	priložen je digitalni medij na katerem so zapisane vsebine: pričujoče poročilo s prilogami, hidrološki modeli in visokovodni valovi
H-1	Pregledna situacija obravnavanih hidroloških prerezov ter podporečij Lepene v M 1 : 25.000
H-2	Situacija merilnih postaj M 1 : 100.000
H-3	Padavinske situacije M 1 : 100.000
H-4 in H-7	Podatki o maksimalnih dnevnih padavin v letu za vse obravnavane padavinske postaje
H-8 in H-10	Vrednosti rezultatov verjetnostne analize maksimalnih dnevnih padavin v letu za vse obravnavane padavinske postaje
H-11 do H-13	Podatki in analiza nalivov za padavinsko postajo Čelje
H-14 do H-16	Podatki in analiza nalivov za padavinsko postajo Šmartno pri Slovenj Gradcu
H-17	Celotna korektura povprečnih padavin
H-18 do H-24	Rezultati verjetnostne analize pretokov ter grafični prikaz rezultatov za obravnavane vodomerske postaje
H-25 do H-31	Visokovodni valovi s povratno dobo 10 let različnega trajanja padavin za izbrane hidrološke prereze
H-32 do H-38	Visokovodni valovi s povratno dobo 100 let različnega trajanja padavin za izbrane hidrološke prereze
H-39 do H-45	Visokovodni valovi s povratno dobo 500 let različnega trajanja padavin za izbrane hidrološke prereze



1.0 UVOD

Za porečje Lepene do iztoka v Velenjsko jezero je bila izdelana hidrološka študija visokih voda z določitvijo maksimalnih pretokov in visokovodnih valov s povratno dobo 10, 100 in 500 let v nekaterih ključnih prerezih Lepene in njenih pritokih in sicer kot vhodni podatek za izdelavo hidravličnega modela na območju pomembnega vpliva poplav (OPVP) 60–Hrastovec–skladišče razstreliv.

Za ustrežnejšo obravnavo (primerjavo) je bil izveden tudi hidrološki model Sopote (Lubele) do lokacije vodomerne postaje. Rezultati niso prikazani. Model je podan v prilogah.

Za potrebe obdelave so bili pridobljeni in analizirani meteorološki in hidrološki podatki Agencije RS za okolje (v nadaljevanju ARSO). Analiza padavin (maksimalne dnevne padavine, maksimalne padavine z različnim trajanjem 5 minut do 24 ur) je obravnavala 16 padavinskih postaj od tega sta dve postaji opremljeni z ombrografom.

Opređeljeno je prispevno območje Lepene in Sopote, ter njenih pritokov do iztoka iz Velenjskega jezera, določena so bila posamezna prispevna območja. Razvodnice prispevnih območij posameznih podporečij so bile določene na podlagi obstoječih digitalnih razvodnic ARSO (dobljenih na podlagi kart M 1:25.000). Za ostale hidrološke prereze smo orografske razvodnice določili s pomočjo digitalnega kartografskega gradiva TTN5 in DTK25. (GURS). Pokrovnost tal je bila določena s pomočjo podatkovnega sloja Corine Land Cover za Slovenijo. Odtočni potencial zemljine je bil ocenjen na podlagi rezultatov študije "Ocena hidravlične prevodnosti tal v Sloveniji za pedokartografske enote merila 1:250.000" (Biotehniška fakulteta UL, 2009). Glede na pokrovnost tal in odtočni potencial je bil določen izhodiščni parameter CN (številka krivulje) za določitev padavinskih izgub po SCS metodi.

Za posamezna prispevna območja je bil izdelan hidrološki model površinskega odtoka z različico programa HEC–HMS 3.5. Visokovodni valovi so bili izvrednoteni z metodo sintetičnega enotnega hidrograma po metodi SCS. Za modeliranje transformacije visokovodnega vala je bila uporabljena metoda Muskingum–Cunge. V meteorološkem modelu hidrološkega modela HEC–HMS, je bila za način podajanja padavin izbrana metoda uporabniško določenega histograma padavin.

Na osnovi verjetnostne analize padavin in izdelanega hidrološkega modela so bili izračunani maksimalni odtoki v odvisnosti od padavin s povratno dobo 10, 100 in 500 let.

V študiji so obravnavane sledeče vsebine:

- opis hidrografske, topografske in drugih značilnosti porečja,
- analiza meteoroloških in hidroloških podatkov,
- izračun maksimalnih pretokov in visokovodnih valov s povratno dobo 10, 100 in 500 let v izbranih hidroloških prerezih za različno trajanje padavin.



2.0 HIDROLOŠKA SLIKA POREČJA

Velenjsko jezero in Škalsko jezero sta umetni ugrezninski jezери, nastali kot posledica pogrezanja površine zaradi premogovništva. Velenjsko jezero napajata dva potoka, Sopota in Lepena preko Škalskega jezera, ki se potem preko Velenjskega jezera izteka v Pako. Prispevna površina Lepene do Škalskega jezera znaša dobrih 8 km². Prispevna površina Lepene, kakor tudi Sopote, do vodomerne postaje z enakim imenom Škale je nekoliko več, oziroma nekoliko manj od 7 km². Na postajah so na voljo podatki o pretokih od leta 1979 dalje. Potok Lepena izvira izpod Pivnikovega vrha in teče skozi Hrastovec. Lepeni se pred vtokom v jezero priključijo še trije manjši pritoki.

2.1 Hidrografske značilnosti porečja

Hidrografske značilnosti porečja so predstavljene s površino, povprečnim padcem terena ter dolžino in povprečnim padcem vodotoka za posamezno prispevno površino. Hidrografske značilnosti predstavljamo z naslednjimi parametri:

F..... skupna površina vodozbirnega zaledja do hidrološkega prereza (km²)

OLS..... povprečni padec terena do prereza vodotoka (%)

L..... hidravlična dolžina vodotoka do iztočnega prereza (km)

I..... povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema (%)

L_p..... dolžina glavnega vodotoka na odseku med vozliščema (km)

Površina porečja predstavlja površino, ki jo obdaja orografska razvodnica do hidrološkega profila. Povprečni padec terena je padec terena, merjen pravokotno na vodotok, medtem ko povprečni padec vodotoka predstavlja padec premice, ki veže začetek in konec odseka vodotoka tako, da je površina trikotnika, ki ga tvorita premica in horizontala enaka površini med vzdolžnim prerezom in horizontalo. Hidravlična dolžina vodotoka je najdaljša dolžina vodotoka in/ali grabna kjer je razvidno da se lahko tvori površinski tok.

Velikost posameznega prispevnega območja je bila določena s pomočjo podatkov o razvodnicah za raven merila 1:25.000 (ARSO), razvodnic ki smo jih določili na skanogramih državne topografske karte v merilu 1:25.000 in temeljnih topografskih načrtov v merilu 1:5.000 (GURS). Vrednosti padca terena, padca vodotoka in ostalih parametrov hidrografske značilnosti so bile določene s pomočjo podatkov digitalnega modela višin DMV12,5 in modela reliefa mrežne ločljivosti 5 m, vektorizirane državne topografske karte DTK5 in temeljnih topografskih načrtov TTN5 v merilu 1:5.000.

V **tabeli 1** so prikazane hidrografske značilnosti posameznih podporečij. Pomen oznak podporečij in prerezov je razviden iz **priloge H-1**.

oznaka podporečja	vodotok	F (km ²)	OLS (%)	L (km)
L01	Lepena	1,06	28,7	2,34
L02	Lepena	2,32	38,5	2,85
L03	Lepena	0,23	46,3	0,68
L04	Lepena	1,00	49,1	1,67
L05	Lepena	1,19	37,6	1,92
L06	Lepena	0,11	26,3	0,44



oznaka podporečja	vodotok	F (km ²)	OLS (%)	L (km)
L07	Lepena	1,17	30,7	1,96
L08a	Lepena	0,38	20,9	1,33
L08b	Lepena	0,81	22,5	1,89
L09	Lepena	2,10	14,9	2,16
S01	Sopota	4,88	41,1	3,49
S02	Sopota	1,81	25,4	1,86

Tabela 1: Hidrografske značilnosti podporečij

V **tabeli 2** so prikazane dolžine glavnega vodotoka in povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema.

odsek med vozliščema	vodotok	L _p (km)	I (%)
01y-02x	Lepena	0,25	11,6
02x-03x	Lepena	1,54	8,0
03y-04x	Lepena	0,39	3,0
04y-05x	Lepena	0,82	5,4
so1-so2	Sopota	2,19	2,6

Tabela 2: Dolžina glavnega vodotoka na odseku med vozliščema in povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema

V **tabeli 3** so prikazane hidrografske značilnosti prispevnega območja do posameznega hidrološkega prereza. Prikazane so hidrografske značilnosti: površina do posameznega prereza, naklon terena in dolžina vodotoka do posameznega prereza.

oznaka prereza	ime prereza	F (km ²)	L (km)	OLS (%)
so1	Sopota do profila	4,9	3,49	41,1
so2	Sopota v.p. Škale	6,7	5,67	36,9
01x	Lepena do levega pritoka (Škalske Cirkovce)	1,1	2,34	28,7
01y	Lepena pod levim pritokom (Škalske Cirkovce)	3,4	2,34	35,5
02x	Lepena do profila	3,6	2,59	36,1
03x	Lepena do levega pritoka (Hrastovec)	4,6	4,14	38,9
03y	Lepena pod levim pritokom (Hrastovec)	5,8	4,14	38,7
04x	Lepena do desnega pritoka (Špehove Toplice)	5,9	4,52	38,4
04y	Lepena v.p. Škale	7,1	4,52	37,1
05x	Lepena do potoka s Turna	7,5	5,34	36,3
05y	Lepena pod potokom s Turna	8,3	5,34	34,9
06x	Lepena pod Škalskim jezerom	10,4	6,01	30,9
01z	levi pritok do Lepene (Škalske Cirkovce)	2,3	2,85	38,5
03z	levi pritok do Lepene (Hrastovec)	1,2	1,92	37,6
04z	desni pritok do Lepene (Špehove Toplice)	1,2	1,96	30,7
05z	potok s Turna	0,8	1,89	22,5
so3	Lepena v.p. Pesje I (Velenjsko j.)	20,1	7,6	29,7
so4	Lepena do Pake	20,5	8,3	29,2

Tabela 3: Hidrografske značilnosti prispevnega zaledja do posameznega hidrološkega prereza



2.2 Hidravlična prevodnost in pokrovnost tal

Porečje Lepene do Škalskega jezera je pretežno pokrito z gozdom – 63 %, 19 % je pašnikov, 9 % urbanih površin, 8 % mešanih kmetijskih površin ter 2 % trajnih nasadov. Zelo podobna pokrovnost tal je na porečju Sopote do Velenjskega jezera, 61 % je gozdov, 17 % pašnikov ter 22 % mešanih kmetijskih površin. Deleži celotnega porečja Lepene do iztoka v Pako pa so sledeči: 52 % gozdov, 17 % pašnikov, 11 % mešanih kmetijskih površin, 7 % vod, 6 % urbanih površin, 3 % ozelenjenih površin, po 2 % industrijskih in rudniških površin ter 1 % trajnih nasadov. V **tabeli 4** so prikazani deleži pokrovnosti tal za posamezno podporečja.

oznaka podporečja	Gozdovi (%)	Meš. kmet. pov. (%)	Trajni nasadi (%)	Pašniki (%)	Urbano (%)	Industrijske, trgovinske, transportne pov. (%)	Rudniki (%)	Ozelenjene pov. (%)	Vode (%)
L01	55	28	0	17	0	0	0	0	0
L02	67	10	0	22	0	0	0	0	0
L03	83	17	0	0	0	0	0	0	0
L04	72	0	0	12	17	0	0	0	0
L05	60	0	0	29	11	0	0	0	0
L06	72	0	0	2	25	0	0	0	0
L07	46	5	0	34	15	0	0	0	0
L08a	49	0	14	36	1	0	0	0	0
L08b	49	0	14	36	1	0	0	0	0
S01	74	0	0	25	0	0	0	0	0
S02	47	44	0	9	0	0	0	0	0

Tabela 4: Pokrovnost tal za območje porečja Lepene in Sopote

Hidravlična prevodnost tal porečja Lepene do Škalskega jezera je večinoma srednja - 58 %, 26 % je visoke hidravlične prevodnosti ter 11 % nizke prevodnosti tal. Za preostalih 5 % površin pa hidravlične prevodnosti tal ni bilo mogoče določiti. Hidravlična prevodnost tal na porečju Sopote do Velenjskega jezera je večinoma srednja 82 %, 17 % je visoke prevodnosti, za 1 % površin pa je ni bilo mogoče določiti. Tam kjer je ni mogoče določiti, gre predvsem za urbana območja in rudniške površine.

Hidravlična prevodnost tal za posamezna podporečja je prikazana v spodnji **tabeli 5**.

oznaka podporečja	Nizka (%)	Srednja (%)	Visoka (%)	Ni mogoče določiti (%)
L01	12	76	11	0
L02	9	55	36	0
L03	0	30	70	0
L04	0	47	52	2
L05	10	83	6	1
L06	0	74	0	26
L07	0	62	30	9
L08a	60	40	0	0
L08b	60	40	0	9
S01	0	80	20	0
S02	0	84	14	2

Tabela 5: Hidravlična prevodnost tal porečja Lepene in Sopote



3.0 METEOROLOŠKI PODATKI

3.1 Padavinske postaje

Za obravnavano območje so bili na razpolago podatki padavinskih postaj v upravljanju ARSO. Padavinske postaje, katerih podatki so bili uporabljeni za analizo, se nahajajo v bližnji in širši okolici obravnavanega porečja. Za vse obravnavane postaje so bili na razpolago podatki o maksimalnih dnevni padavinah, podatki o urnih vrednostih padavin pa so zabeleženi le na postajah opremljenih z ombrografom. Taki postaji sta Celje in Šmartno pri Slovenj Gradcu. Za postaji je bila izdelana verjetnostna analiza nalivov. V **tabeli 6** je prikazana številka in ime padavinske postaje, nadmorska višina in lokacija (koordinate) postaje, ter obdobje pridobljenih podatkov. Lokacija obravnavanih padavinskih postaj je razvidna iz situacije v **prilogi H-2**.

	Št. in ime padavinske postaje	v.n.m.	obdobje	koordinata X	koordinata Y
268	CELJE	242 m	1864-2012	517778	121400
270	LOKOVINA PRI DOBRNI	403 m	1961-1990	516678	132125
271	GOMILSKO	294 m	1972-2012	503919	122534
272	JERONIM	760 m	1952-2012	496368	124742
274	MOZIRJE	347 m	1923-2009	497804	132139
275	RADEGUNDA	789 m	1961-2012	495211	135784
290	VERNERICA	1105 m	1961-2012	500384	147785
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	1923-2012	500000	145068
292	BELE VODE	965 m	1923-2012	495581	141643
293	TOPOLŠICA	390 m	1923-1990	501281	139511
294	ŠOŠTANJ	368 m	1961-1982	503846	137661
296	VELENJE	420 m	1924-2010	508975	135813
298	VITANJE	478 m	1923-2001	523072	137703
321	ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	444 m	1951-2012	508908	149509
322	MISLINJA	589 m	1952-2012	516537	145025
323	SLOVENJ GRADEC - GRADIŠČE	786 m	1952-2012	509120	153318

Tabela 6: Seznam obravnavanih padavinskih postaj

Za analizo padavin je bilo izbranih 16 padavinskih postaj, ki se nahajajo v bližnji in širši okolici porečja. Na podlagi razpoložljivih podatkov smo izdelali verjetnostno analizo maksimalnih dnevni padavin in verjetnostno analizo nalivov.

Izbrane so bile tudi štiri padavinske situacije posledica katerih je bilo visokovodno stanje, v letih 1990, 1998, 2007, 2012. Za obravnavane padavinske postaje so bili pridobljene razpoložljive dnevne in urne vrednosti padavin.

Ti podatki in rezultati so analizirani v sklopu analize padavinskih situacij (poglavje 5).

3.2 Maksimalne dnevne padavine

Za analizo smo uporabili podatke o maksimalnih dnevni padavinah v posameznem letu na posamezni padavinski postaji (**priloge H-4 do H-7**). Verjetnostna analiza po Gumbelovi porazdelitvi je bila izdelana za povratne dobe 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 in 500 let. V spodnji **tabeli 7** so prikazane maksimalne in povprečne višine maksimalnih dnevni padavin za celotno obdobje delovanja posamezne postaje, ter višina dnevni padavin s



100 letno povratno dobo. Izdelana je bila analiza maksimalnih dnevnih padavin za različna časovna obdobja. Vrednosti rezultatov verjetnostnih analiz Vrednosti rezultatov verjetnostnih analiz za obdobja 1961-2012, 1964-2012, 1970-2012, 1990-2012 ter 1966-1990 so prikazane v **prilogah H-16 in H-21**.

Št. in ime padavinske postaje	v.n.m.	obdobje	št.pod.	Hmax	Hpov	P100
268 CELJE	244 m	1864-2012	146	131,6	61,8	121
270 LOKOVINA PRI DOBRNI	403 m	1961-1990	30	97,1	63,4	126
271 GOMILSKO	294 m	1972-2012	38	173,1	77,9	190
272 JERONIM	760 m	1952-2012	61	193,5	82,2	184
274 MOZIRJE	347 m	1923-2009	65	151,6	69,3	148
275 RADEGUNDA	789 m	1961-2012	52	122,8	71,6	135
290 VERNERICA	1105 m	1961-2012	33	130,5	71,6	145
291 ZGORNJI RAZBOR	864 m	1923-2012	83	135,7	74,5	143
292 BELE VODE	965 m	1923-2012	76	147,8	78,6	155
293 TOPOLŠICA	390 m	1923-1990	59	133,5	71,0	143
294 ŠOŠTANJ	368 m	1961-1982	22	120,2	62,5	137
296 VELENJE	420 m	1924-2010	79	120,4	64,5	128
298 VITANJE	478 m	1923-2001	60	109,6	60,2	118
321 ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	1951-2012	62	141,2	69,2	137
322 MISLINJA	589 m	1952-2012	61	125,3	70,2	138
323 SLOVENJ GRADEC - GRADIŠČE	800 m	1952-2012	56	172,6	74,2	146

Tabela 7: Maksimalne in povprečne višine maksimalnih dnevnih padavin na posamezni padavinski postaji ter višina maksimalnih dnevnih padavin s 100-letno povratno dobo

3.3 Analiza nalivov

Vhodni podatek za račun pretokov so nalivi z neko povratno dobo. Analiza nalivov je bila izvedena iz razpoložljivih podatkov za postajo Celje (1964-2012) in Šmartno pri Slovenj Gradcu (1970-2012). Izračun je bil izveden po Gumbelovi verjetnostni porazdelitvi. Vrednosti 5 minutnih do 24-urnih višin padavin s povratno dobo 2, 5, 10, 20, 50, 100 ter 500 let so prikazane v **prilogah H-11 do H-16**.

3.4 Padavine uporabljene v hidrološkem modelu

Na podlagi primerjave rezultatov verjetnostne analize dnevnih padavin in 24-urnih nalivov, so bile določene vrednosti padavin s trajanjem 24 ur s povratno dobo 100 let za vse padavinske postaje. Za vsako podporečje so bile določene maksimalne povprečne 24 urne padavine s povratno dobo 100 let, na podlagi metode izohiet. Iz teh vrednosti so bile določene padavine s krajšim trajanjem na podlagi korelacije s postajo Šmartno pri Slovenj Gradcu (1970-2012). Za razmerje med povratnimi dobami, pa je bilo izbrano razmerje, dobljeno z verjetnostno analizo maksimalnih dnevnih padavin postaje Velenje (1924-2010). Padavine so prikazane v **prilogi H-17**.



V spodnji **tabeli 8** so prikazane privzete vrednosti, ki so bile uporabljene v hidrološkem modelu. Vrednosti prikazujejo višino padavin s povratno dobo 500, 100 in 10 let za trajanje naliva od 5 min do 1440 min.

Trajanje padavin (min)	Povratna doba (leta), Padavine (mm)		
	500	100	10
5	20,5	17,0	11,9
10	33,4	27,4	18,7
15	44,3	36,2	24,5
20	52,2	42,6	28,5
30	57,7	47,2	32,0
45	63,8	52,4	35,9
60	68,5	56,5	38,9
90	76,0	62,9	43,8
120	81,9	67,9	47,6
180	91,1	75,9	53,6
240	98,6	82,3	58,4
300	105	87,7	62,5
360	111	92,5	66,0
540	125	105	74,9
720	136	114	82,2
900	147	123	88,5
1080	156	131	94,1
1440	173	145	104

Tabela 8: Vrednosti padavin s povratno dobo 500, 100 in 10 let, ki so bile uporabljene v hidrološkem modelu

Za hidrološki model je bila privzeta predpostavka, da padavina s povratno dobo n povzroči pretok s povratno dobo n . Za izračun so bile uporabljene enakomerno porazdeljene padavine. V meteorološkem modelu hidrološkega modela HEC–HMS, je bila za način podajanja padavin izbrana metoda uporabniško določenega histograma padavin.



4.0 HIDROLOŠKI PODATKI

Iz merjenih maksimalnih pretokov vsakega leta je bila narejena osnovna statistična analiza pretokov. Verjetnostna analiza je bila izdelana po Log – Pearson III porazdelitvi za celotno obdobje delovanja postaje. Podatki o pretokih in rezultati verjetnostne analize ter grafični prikaz rezultatov so prikazani v **prilogi H-18 do H-24**. V **tabeli 9** so prikazani rezultati verjetnostne analize pretokov za povratne dobe 10, 100 in 500 let.

Hidrološke podatke do leta 2011 smo pridobili v spletnem arhivu ARSO, za leto 2012 pa so nam jih posredovali iz sektorja za analize in prognoze površinskih vod (ARSO). Analiza pretokov je bila izvedena po Log Pearson III porazdelitvi. Podatki in rezultati analiz so služili pri vrednotenju rezultatov hidrološkega modela.

Ime vodotoka	F (km ²)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Lepena v.p. Škale (1979-2012)	7,1	5	12	21
Sopota v.p. Škale (1979-2012)	6,72	6	12	16
Lepena v.p. Pesje (združene vse postaje, 1964-1968, 1979-1981, 1983-1984, 1986-1996, 2000-2012)	ca 20	9	30	64
Velunja v.p. Gaberke (1986-2012)	28,85	37	113	221
Velunja v.p. Šoštanj (1956-2012)		20	42	58
Paka v.p. Velenje (1953-1957, 1964-1968, 1978-2012)	63,3	45	149	318
Savinja v.p. Solčava (združeni, 1949-1951, 1953-1958, 1959-2012)	63,7	65	110	144
Savinja v.p. Solčava I (1959-2012)	89,45	68	117	155

Tabela 9: Rezultati verjetnostne analize maksimalnih pretokov (Log Pearson III) za posamezno vodomersko postajo

Izbrane so bile tudi štiri padavinske situacije posledica katerih je bilo visokovodno stanje, v letih 1990, 1998, 2007, 2012. Za obravnavane vodomerske postaje so bili pridobljeni razpoložljivi merjeni hidrogrami odtoka.

Podatki za Lepeno, Sopoto in Velunjo so bili analizirani v sklopu analize padavinskih situacij v naslednjem poglavju.



5.0 PADAVINSKE SITUACIJE

Za boljše razumevanje hidroloških razmer na porečju Lepene smo obdelali 2 padavinski situaciji v preteklem obdobju, katerih posledice so bile visoke vode. Podatke o padavinah in visokovodnih valovih je posredoval ARSO. Padavinske situacije, ki smo jih obravnavali so jesenske padavinske situacije za katere so značilne orografske padavine, ki nastajajo ob gorskih pregradah, ko se zrak ob pobočjih dviga. Te padavine so lahko zelo obilne. Iz analize količine in razporeditve padavin je možno z analizo merjenih pretokov (hidrogramov odtoka) oceniti koeficient odtoka pri določenih hidroloških razmerah.

Oblika visokovodnega vala je odvisna od količine in razporeditve padavin, vlažnosti zemljine, rabe tal, vegetacije, tipa zemljine, lokalnega naklona terena itd. Vsi ti različni dejavniki delujejo istočasno v različnih kombinacijah.

V nadaljevanju sta bili obravnavani dve padavinski situaciji z visokimi pretoki na Velunji (v.p. Gabrke) in eno na Sopotu (v.p. Škale), ter na Lepeni (v.p. Škale):

- 18. in 19. september 2007
- 26. oktober do 10. november 2012

Največje vrednosti visokovodnih valov v m^3/s izmerjenih na Velunji, Sopotu in Lepeni, ter čas meritve so prikazani v **tabeli 10**.

Vodomerna postaja	Qmax (m^3/s)	čas Qmax	Padavinska situacija
Velunja v.p. Gabrke	14,4	18.09.2007 ob 22:19	2007 (iz hidrograma ARSO)
Velunja v.p. Gabrke	67,9	05.11.2012 ob 11:47	2012 (iz hidrograma ARSO)
Sopota v.p. Škale	7,9	05.11.2012 ob 10:00	2012 (iz hidrograma ARSO)
Lepena v.p. Škale	1,4	28.10.2012 ob 08:10	2012 (iz hidrograma ARSO)

Tabela 10: *Maksimalne vrednosti valov in čas meritve na Velunji, Sopotu in Lepeni*



5.1 Padavinska situacija 18.-19.9.2007

Lahko rečemo, da situacija septembra 2007 ni bila tipična za jesenske orografske padavine, saj je zajela izredno ozko območje z izredno intenzivnimi padavinami, kar sta bolj karakteristiki poletnih neviht.

V **tabeli 11** so prikazane vrednosti dnevnih padavin izmerjenih ob 7 h 18. in 19. septembra 2007 na nekaterih padavinskih postajah. Največja intenziteta padavin je bila 18.9.2007, kar je razvidno iz **tabele 12**. V predhodnih 6 dneh ni bilo padavin.

Na podlagi verjetnostne analize nalivov za padavinsko postajo Šmartno pri Slovenj Gradcu lahko povemo, da so imele padavine s trajanjem 12 do 15 ur povratno dobo ca 10 let (**tabela 13**). Maksimalna dnevna padavina 19.9.2007 je na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu dosegla povratno dobo ca 5 let, Bele vode in Zgornji Razbor ca 2 leti, na Mislinji 10-20 let in v Celju ca 20 let. Iz zgoraj povedanega lahko sklepamo, da so imele padavine na porečju Velunje povratno ca 5 let, Sopote in Lepene pa povratno dobo ca 10 let.

Dnevne padavine 2007 (mm)								
Padavinska postaja			predhodna namočenost 1.-17.9.	17.9.	18.9.	19.9.	20.9.	skupne padavine 18.-19.9.
268	CELJE	244 m	49,8	0	2,1	101,9	0	104,0
271	GOMILSKO	294 m	58,4	0	2,3	173,1	0	175,4
272	JERONIM	760 m	61,6	0	1,9	193,5	0	195,4
274	MOZIRJE	347 m	93,4	0	2,0	151,6	0	153,6
275	RADEGUNDA	789 m	104,2	0	3,5	122,8	0	126,3
290	VERNERICA	1105 m	95,1	0	2,4	79,8	0	82,2
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	90,3	0	1,7	72,3	0	74,0
292	BELE VODE	965 m	70,8	0	5,9	79,3	0	85,2
321	ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	88,5	0	0,9	87,3	0	88,2
322	MISLINJA	589 m	104,2	0	2,0	104,3	0	106,3

Tabela 11: Dnevne količine padavin septembra 2007

Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
17.09. 00:00	0	0	0
17.09. 01:00	0	0	0
17.09. 02:00	0	0	0
17.09. 03:00	0	0	0
17.09. 04:00	0	0	0
17.09. 05:00	0	0	0
17.09. 06:00	0	0	0
17.09. 07:00	0	0	0
17.09. 08:00	0	0	0
17.09. 09:00	0	0	0
17.09. 10:00	0	0	0
17.09. 11:00	0	0	0
17.09. 12:00	0	0	0
17.09. 13:00	0	0	0
17.09. 14:00	0	0	0
17.09. 15:00	0,3	0	0
17.09. 16:00	0,6	0	0
17.09. 17:00	0,1	0	0
17.09. 18:00	0	0	0
17.09. 19:00	0	0	0
17.09. 20:00	0	0	0



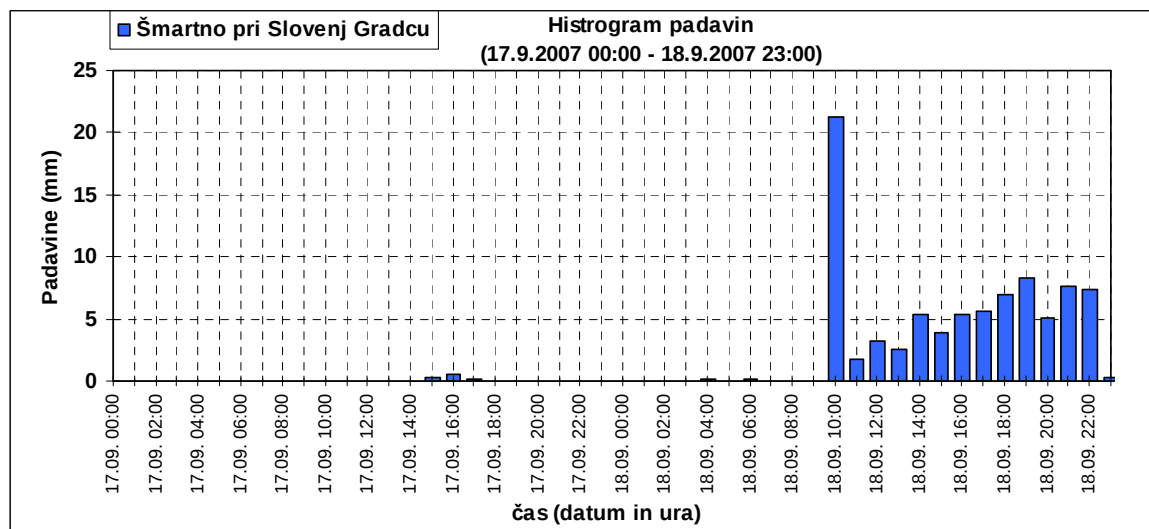
Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
17.09. 21:00	0	0	0
17.09. 22:00	0	0	0
17.09. 23:00	0	0	0
18.09. 00:00	0	0	0
18.09. 01:00	0	0	0
18.09. 02:00	0	0	0
18.09. 03:00	0	0	0
18.09. 04:00	0,1	0	0
18.09. 05:00	0	0	0
18.09. 06:00	0,1	0	0
18.09. 07:00	0	0	0,2
18.09. 08:00	0	0,5	0,4
18.09. 09:00	0	0	0
18.09. 10:00	21,2	0	0
18.09. 11:00	1,8	7,8	6,6
18.09. 12:00	3,2	7,4	5,4
18.09. 13:00	2,6	11,0	6,0
18.09. 14:00	5,3	5,9	4,2
18.09. 15:00	3,9	11,7	7,2
18.09. 16:00	5,3	8,2	5,0
18.09. 17:00	5,6	5,3	4,0
18.09. 18:00	7,0	20,1	21,4
18.09. 19:00	8,3	14,2	16,6
18.09. 20:00	5,1	2,4	2,8
18.09. 21:00	7,6	4,9	4,8
18.09. 22:00	7,3	4,7	4,4
18.09. 23:00	0,3	1,3	1,2
skupaj	85,7	105,4	90,2

Tabela 12: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah september 2007

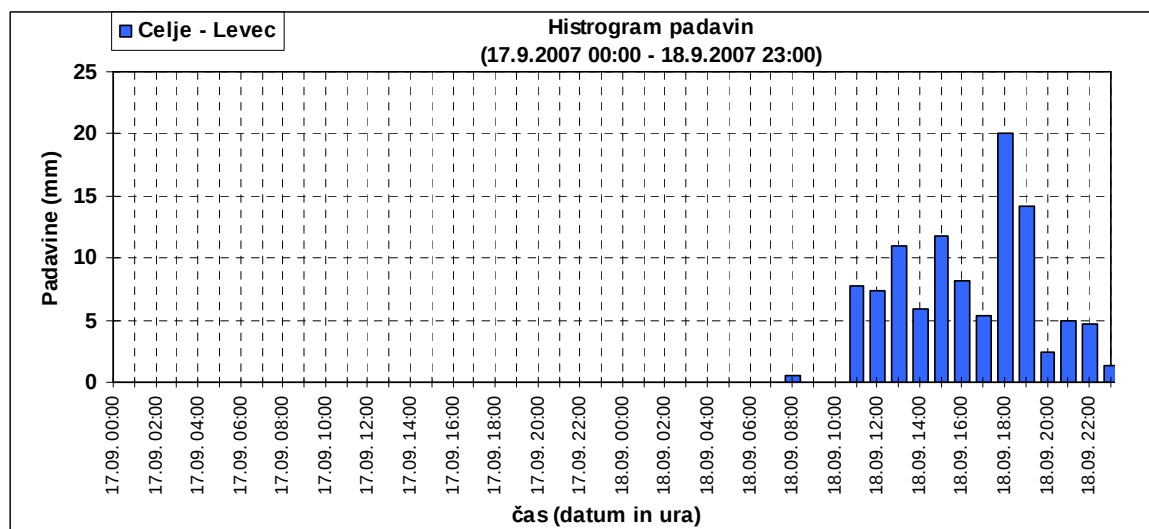
Maksimalne padavine glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba										
trajanje (ur)	1	2	3	4	5	6	9	12	15	24
(mm)	21,2	23	26,2	28,8	35,3	40,9	55,9	76,9	84,5	84,7
p.d. (let)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	>2	10	10	<5

Tabela 13: Maksimalne padavine (september 2007) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba

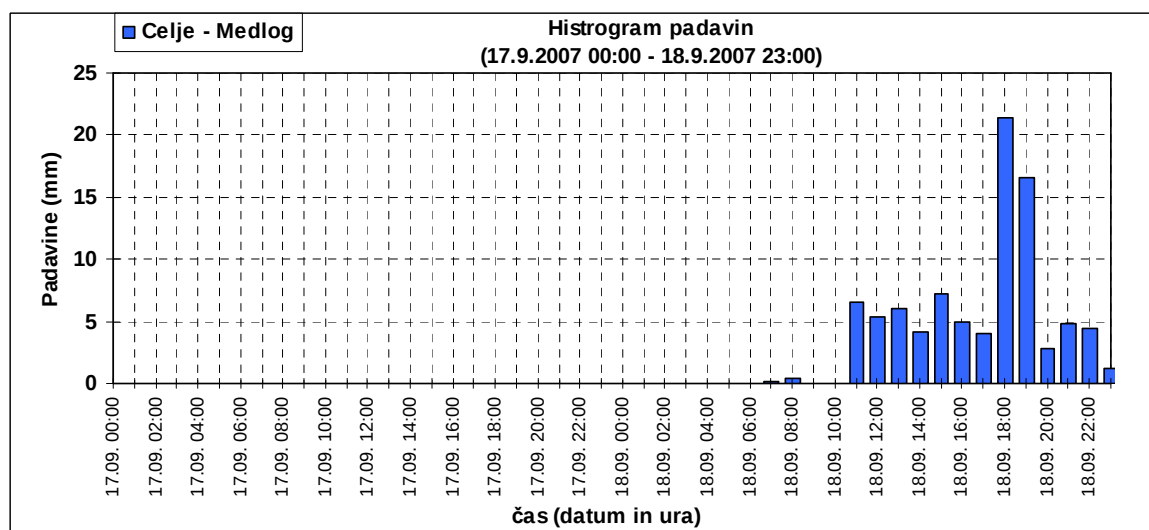
Grafi na **sliki 1 do slike 3** prikazujejo urno razporeditev padavin na bližnjih ombrografskih postajah. Najvišja urna intenziteta padavin je bila na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in Celje-Medlog (21 mm).



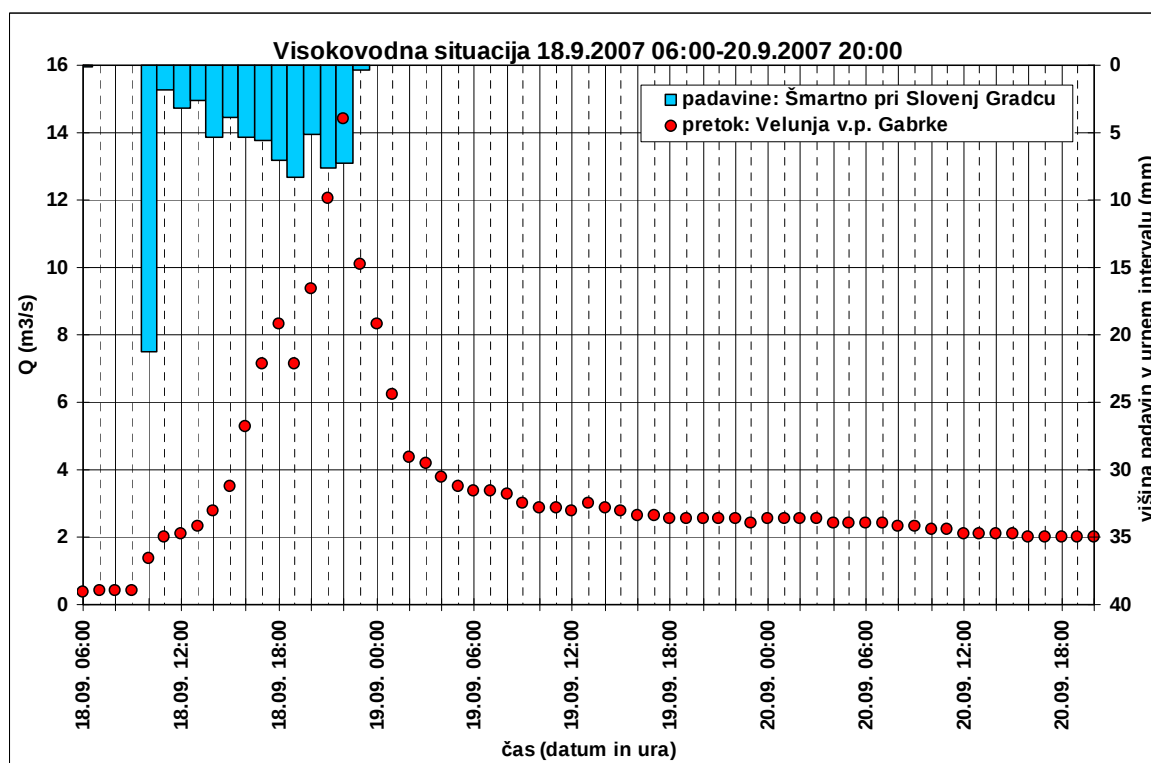
Slika 1: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu



Slika 2: Histogram padavin postaje Celje-Levec



Slika 3: Histogram padavin postaje Celje-Medlog



Slika 4: Zabeležen hidrogram na Velunji v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu

Graf na **sliki 4** prikazuje zabeležen hidrogram na Velunji v.p. Gabrke, ker za Lepeno ni bilo razpoložljivih podatkov.

Koeficient odtoka je razmerje med količino padavin, ki so odtekle in količino padavin, ki so dejansko padle. Vrednost koeficienta odtoka je odvisna od več dejavnikov med drugim tudi od predhodne namočenosti tal in akumuliranih snežnih padavin.

Za visokovodno situacijo septembra 2007 ocenjujemo, da je bil koeficient odtoka na Velunji ca 0,4 do 0,5.

Na podlagi analiz lahko povemo sledeče:

- Padavine so bile kratkotrajne.
- Padavine na Velunji so dosegle povratno dobo ca 5 let, Sopote in Lepene ca 10 let.
- Padavine so padle na suho zemljinu.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok na Velunji ($14,4 \text{ m}^3/\text{s}$) s povratno dobo 2-5 let.



5.2 Padavinska situacija 26.-31.10.2012

V **tabeli 14** so prikazane vrednosti dnevnih padavin izmerjenih ob 7 h v obdobju od 27. do 29. oktobra 2012 na nekaterih padavinskih postajah. Padavine izmerjene 27.10. do 29.10. so povzročile prvi visokovodni val. Nato so za dva dni prenehale. Sledil je drugi val padavin (izmerjenih 1.-3.11.) in povzročil drugi visokovodni val. Sledil je dan brez padavin, ter nato ponovno dvodnevni pojav padavin (5.-6.11.). Med 18.10. in 26.10. ni bilo padavin.

Največja intenziteta padavin je bila 27.10.2012, kar je razvidno iz **tabele 15**.

Dnevne padavine 2012 (mm)								
Padavinska postaja			predhodna namočenost 1.-25.10.	26.10.	27.10.	28.10.	29.10.	skupne padavine 26.-29.10.
268	CELJE (Medlog)	244 m	75,5	0	49,8	60,3	19,7	129,8
271	GOMILSKO	294 m	91,4	0	67,0	76,0	16,4	159,4
272	JERONIM	760 m	109,8	0	78,8	76,4	19,8	175,0
275	RADEGUNDA	789 m	104,8	0	56,5	66,9	17,4	140,8
290	VERNERICA	1105 m	90,5	0	35,6	44,7	22,4	102,7
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	103,9	0	36,9	50,0	20,0	106,9
292	BELE VODE	965 m	123,7	0	52,7	72,0	20,7	145,4
321	SMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	63,8	0	37,3	53,3	11,5	102,1
322	MISLINJA	589 m	71,7	0	41,2	24,8	13,4	79,4

Tabela 14: Dnevne količine padavin oktobra 2012

Maksimalna dnevna padavina 28.10.2012 je na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in Zgornji Razbor dosegla povratno <2 let, Bele vode ca 2 leti in v Celju ca 2 leti. Iz zgoraj povedanega lahko sklepamo, da so imele padavine na porečju Lepene povratno dobo ca 2 leti.

Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
26.10. 15:00	0	0,1	0,0
26.10. 16:00	0	0	0,0
26.10. 17:00	0,1	0	0,1
26.10. 18:00	1,2	3,7	3,1
26.10. 19:00	1,4	2,3	2,2
26.10. 20:00	0,6	3,1	3,0
26.10. 21:00	0,3	3,7	3,5
26.10. 22:00	1,5	1,2	1,3
26.10. 23:00	1,5	1,1	1,0
27.10. 00:00	3,8	1,7	1,4
27.10. 01:00	3,7	6,5	6,0
27.10. 02:00	11,0	11,8	10,5
27.10. 03:00	7,4	9,5	9,4
27.10. 04:00	4,1	2,2	2,3
27.10. 05:00	0,5	0,9	1,1
27.10. 06:00	0,2	1,1	1,1
27.10. 07:00	1,7	2,9	3,0
27.10. 08:00	1,1	0,6	0,8
27.10. 09:00	0,3	0,1	0,0
27.10. 10:00	0,6	0	0,0
27.10. 11:00	1,6	0,1	0,0
27.10. 12:00	1,5	0,2	0,6
27.10. 13:00	3,6	0	0,0



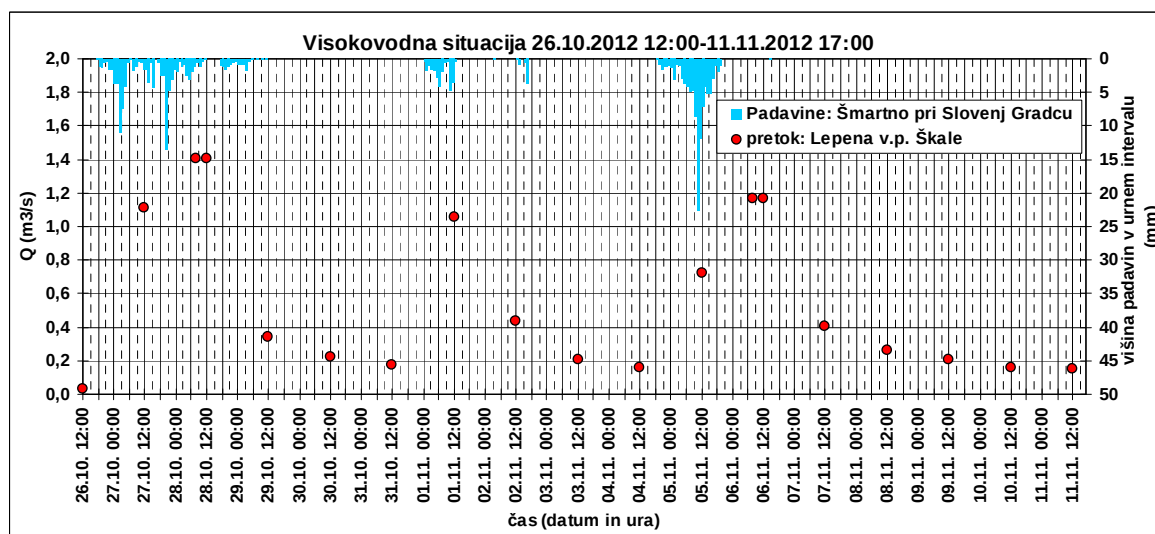
Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
27.10. 14:00	0,5	0,2	0,2
27.10. 15:00	4,4	2,2	2,2
27.10. 16:00	0	0,3	0,5
27.10. 17:00	0,5	2,2	2,2
27.10. 18:00	2,5	0,2	0,6
27.10. 19:00	2,6	0,2	0,1
27.10. 20:00	13,5	0,9	1,0
27.10. 21:00	4,8	6,9	5,0
27.10. 22:00	3,1	13,6	11,8
27.10. 23:00	1,6	6,5	6,7
28.10. 00:00	2	1,7	1,5
28.10. 01:00	0,4	2,0	1,9
28.10. 02:00	1,1	3,7	3,4
28.10. 03:00	0,7	5,0	5,5
28.10. 04:00	2,6	6,4	7,1
28.10. 05:00	3,2	5,4	5,8
28.10. 06:00	2,0	1,0	0,9
28.10. 07:00	1,1	2,4	2,8
28.10. 08:00	0,6	1,3	1,6
28.10. 09:00	1,1	1,3	1,3
28.10. 10:00	0,3	1,6	1,8
28.10. 11:00	0,2	1,4	1,3
28.10. 12:00	0	0,1	0,1
28.10. 13:00	0	0	0,0
28.10. 14:00	0	0	0,0
28.10. 15:00	0	0	0,0
28.10. 16:00	0	0,9	0,8
28.10. 17:00	0,9	3,8	4,0
28.10. 18:00	1,2	3,5	3,4
28.10. 19:00	1,6	0,7	0,7
28.10. 20:00	1,2	0,1	0,1
28.10. 21:00	0,8	0,1	0,1
28.10. 22:00	0,5	0,6	0,5
28.10. 23:00	0,3	1,1	1,1
29.10. 00:00	0,8	1	1,0
29.10. 01:00	0,7	1,4	1,5
29.10. 02:00	0,8	1,1	1,1
29.10. 03:00	1,7	0	0
29.10. 04:00	0,3	0	0
29.10. 05:00	0,2	0	0
29.10. 06:00	0	0	0
29.10. 07:00	0,1	0	0
29.10. 08:00	0	0	0
29.10. 09:00	0,1	0	0
29.10. 10:00	0	0	0
29.10. 11:00	0,2	0	0
skupaj	107,9	133,6	129,74

Tabela 15: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah oktober 2012

Maksimalne padavine glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba										
trajanje (ur)	1	2	3	4	5	6	9	12	15	24
(mm)	13,5	18,4	22,5	26,2	30	31,5	33,9	39,1	43	74,6
p.d. (let)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	>2

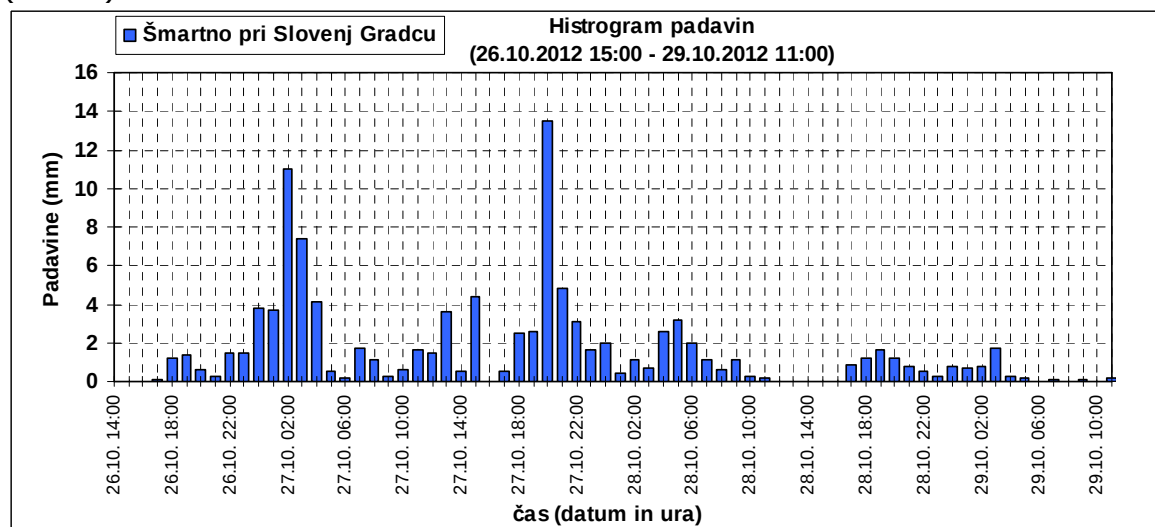
Tabela 16: Maksimalne padavine (oktober 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba

Na spodnjem grafu (**slika 5**) je prikazana razporeditev padavin v obravnavani visokovodni situaciji.

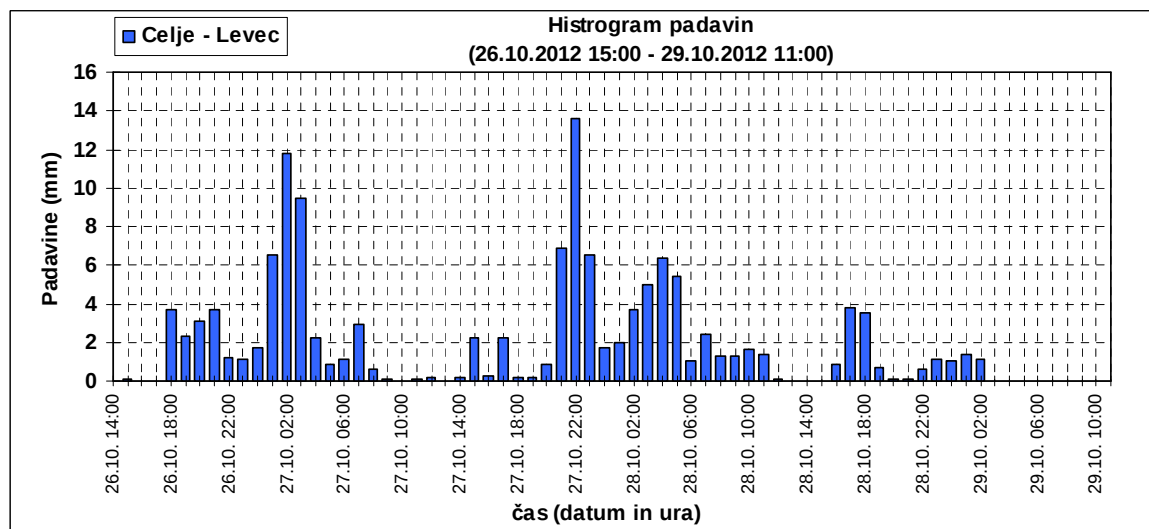


Slika 5: Zabeležen hidrograma na Lepeni v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu (26.10.-11.11.2012)

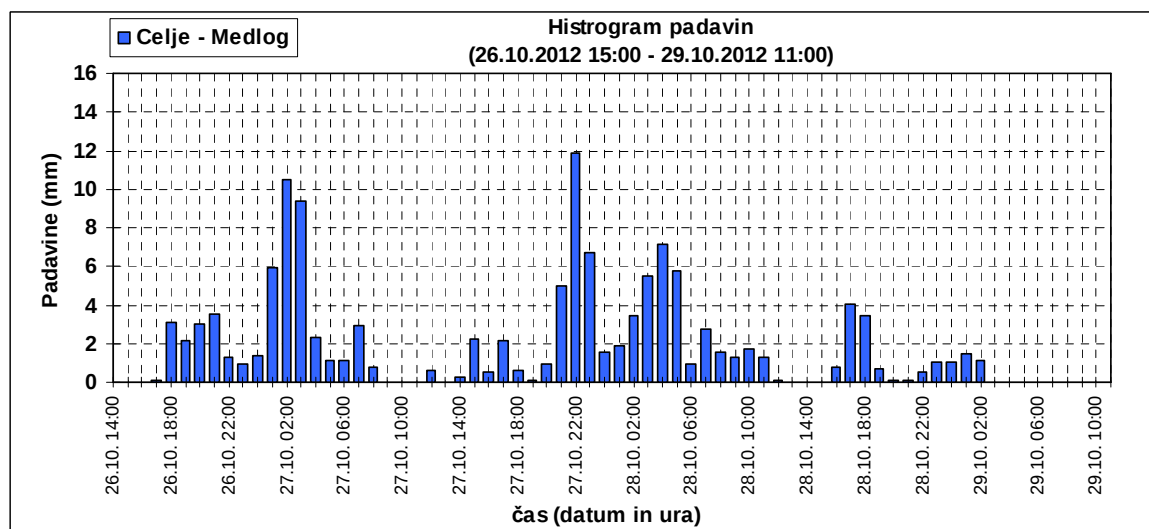
Grafi na **sliki 6 do slike 8** prikazujejo urno razporeditev padavin na bližnjih ombrografskih postajah za prvi val obravnavane visokovodne situacije. Najvišja urna intenziteta padavin je bila na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in Celje-Medlog (14 mm).



Slika 6: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu



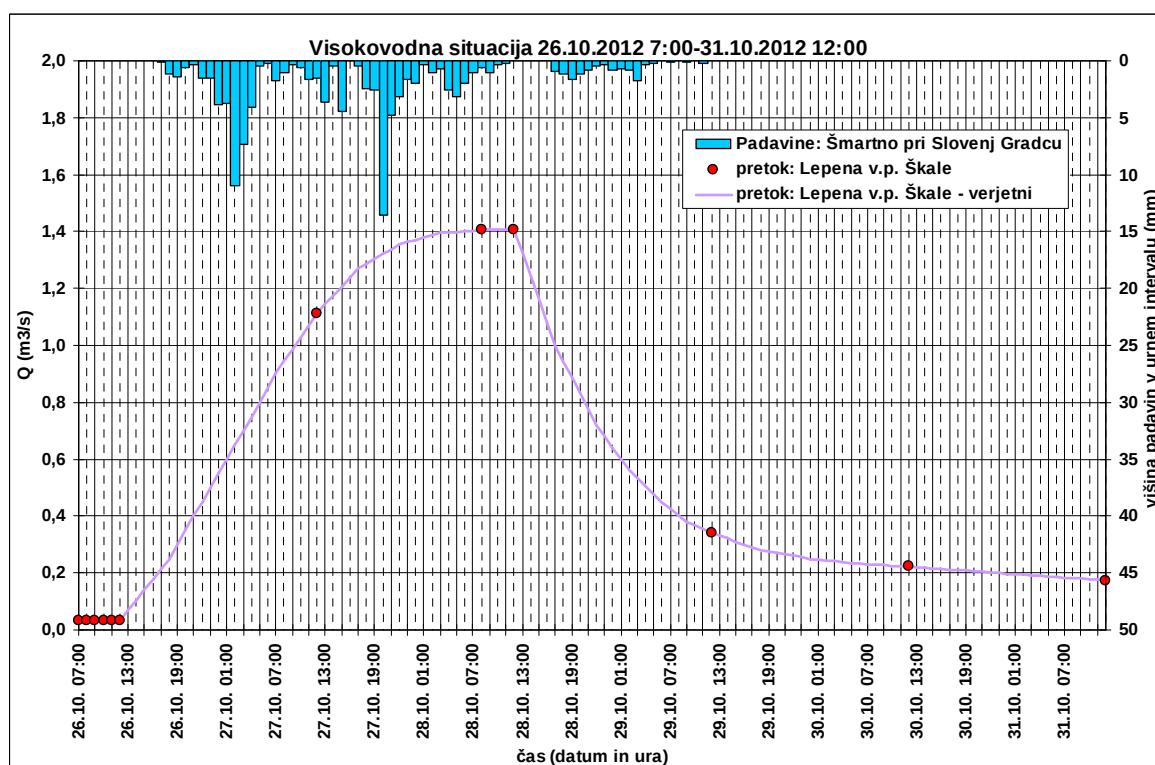
Slika 7: Histogram padavin postaje Celje-Levec



Slika 8: Histogram padavin postaje Celje-Medlog

Koeficient odtoka je razmerje med količino padavin, ki so odtekle in količino padavin, ki so dejansko padle. Vrednost koeficienta odtoka je odvisna od več dejavnikov med drugim tudi od predhodne namočenosti tal in akumuliranih snežnih padavin.

Za visokovodno situacijo oktober 2012 (prvi val s konico $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$) ocenjujemo, da je bil koeficienta odtoka Lepene ca 0,3.



Slika 9: Zabeležen hidrogram Lepena v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("prvi val")

Na podlagi analiz lahko povemo sledeče:

- Padavine niso imele velike intenzitete in predhodne namočenosti ni bilo.
- Vrednosti pretokov so dobljene iz trenutnih opazovanj, možno da maksimalna gladina ni zabeležena.
- Padavine, ki so povzročile maksimalni pretok 1,4 m³/s so dosegle povratno dobo ca 2 leti.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok s povratno dobo manj od 2 let.



5.3 Padavinska situacija 4.-8.11.2012

V **tabeli 17** so prikazane vrednosti dnevnih padavin izmerjenih ob 7 h v obdobju od 26.10. do 7.11.2012 na nekaterih padavinskih postajah. Padavine izmerjene 27.10. do 29.10. so povzročile prvi visokovodni val. Nato so za dva dni prenehale. Sledil je drugi val padavin (izmerjenih 1.-3.11.) in povzročil drugi visokovodni val. Sledil je dan brez padavin, ter nato ponovno dvodnevni pojav padavin (5.-6.11.).

Vrednosti pretokov na Lepeni so dobljene iz trenutnih opazovanj zato je možno, da maksimalna gladina ni zabeležena.

Največja intenziteta padavin v obdobju 4.-8. 11 je bila 5.11.2012, kar je razvidno iz **tabele 18**.

Dnevne padavine 2012 (mm)								
Padavinska postaja			predhodna namočenost 26.10-3.11.	4.11.	5.11.	6.11.	7.11.	skupne padavine 4.-7.11.
268	CELJE (Medlog)	244 m	162,0	0	3,3	31,0	0,3	34,6
271	GOMILSKO	294 m	183,0	0	19,7	33,4	0,3	53,4
272	JERONIM	760 m	212,7	0,3	27,5	78,1	2,6	108,5
275	RADEGUNDA	789 m	182,6	0	26,7	101,2	0	127,9
290	VERNERICA	1105 m	148,2	0	43,1	58,1	0	101,2
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	151,2	0	54,9	70,0	0	124,9
292	BELE VODE	965 m	193,2	0	55,1	85,2	0	140,3
321	ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	131,5	0	26,5	72,9	0	99,4
322	MISLINJA	589 m	111,5	0	8,4	90,4	0	98,8

Tabela 17: Dnevne količine padavin novembra 2012

Maksimalna dnevna padavina 6.11.2012 je na postajah Bele vode in Šmartno pri Slovenj Gradcu dosegla povratno dobo 2-5 let, na Zgornjem Razboru ca 2 leti, na Mislinji 5-10 let in v Celju manj od 2 let.

Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
04.11. 14:00	0	0	0
04.11. 15:00	0	0	0
04.11. 16:00	0	0	0
04.11. 17:00	0	0,2	0,2
04.11. 18:00	0,2	0,5	0,5
04.11. 19:00	0,7	0,4	0,3
04.11. 20:00	1,5	0	0
04.11. 21:00	1,2	0	0
04.11. 22:00	1,2	0,1	0
04.11. 23:00	1,0	0,1	0,1
05.11. 00:00	1,4	0	0
05.11. 01:00	3,1	0	0
05.11. 02:00	0,7	0	0
05.11. 03:00	0,9	0	0
05.11. 04:00	2,9	0	0
05.11. 05:00	3,8	0,1	0,1
05.11. 06:00	4,2	0,9	0,8
05.11. 07:00	4,9	1,2	1,6
05.11. 08:00	4,7	0,8	1,1
05.11. 09:00	8,5	0,3	0,4
05.11. 10:00	22,7	0	0
05.11. 11:00	12,0	0,1	0



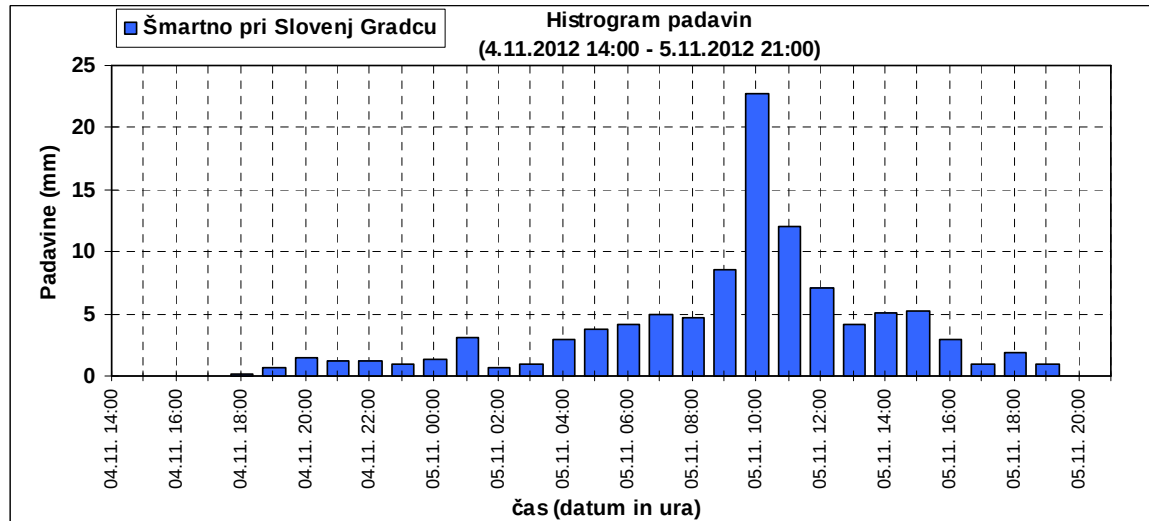
Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
05.11. 12:00	7,1	6,4	8,7
05.11. 13:00	4,1	0,8	2,1
05.11. 14:00	5,1	7,5	6,6
05.11. 15:00	5,2	3,2	2,2
05.11. 16:00	2,9	4,3	4,1
05.11. 17:00	0,9	2,9	3,2
05.11. 18:00	1,9	1,1	1,1
05.11. 19:00	0,9	0,8	0,9
05.11. 20:00	0	0,2	0,1
05.11. 21:00	0	0,6	0,7
skupaj	103,7	32,5	34,7

Tabela 18: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah november 2012

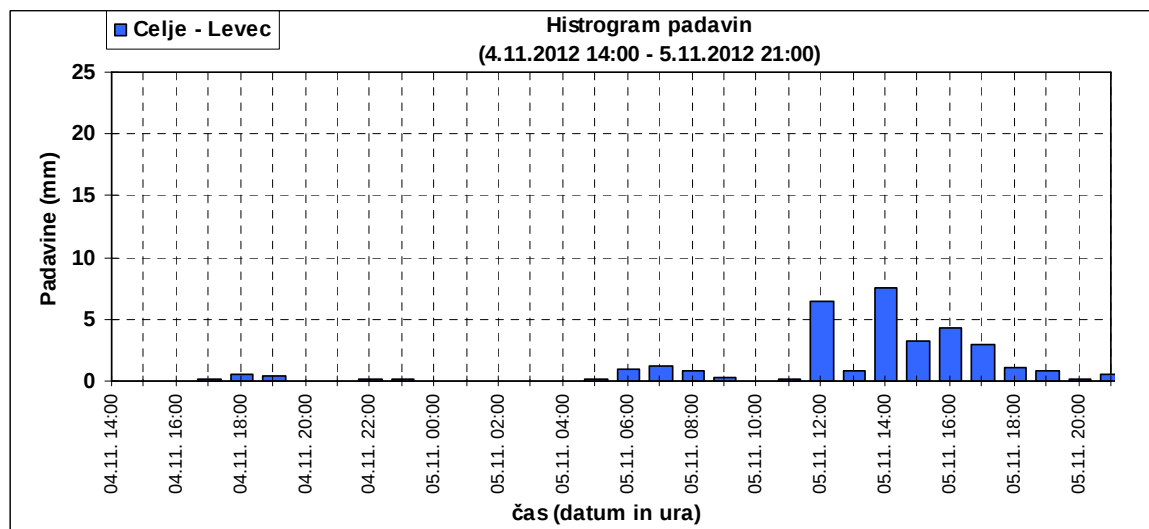
Maksimalne padavine glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba										
trajanje (ur)	1	2	3	4	5	6	9	12	15	24
(mm)	22,7	34,7	43,2	50,3	55	59,9	74,3	85,2	90,9	102,8
p.d. (let)	ca 2	>2	ca 5	2-5	ca 10	10	20	20	>20	>10

Tabela 19: Maksimalne padavine (november 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba

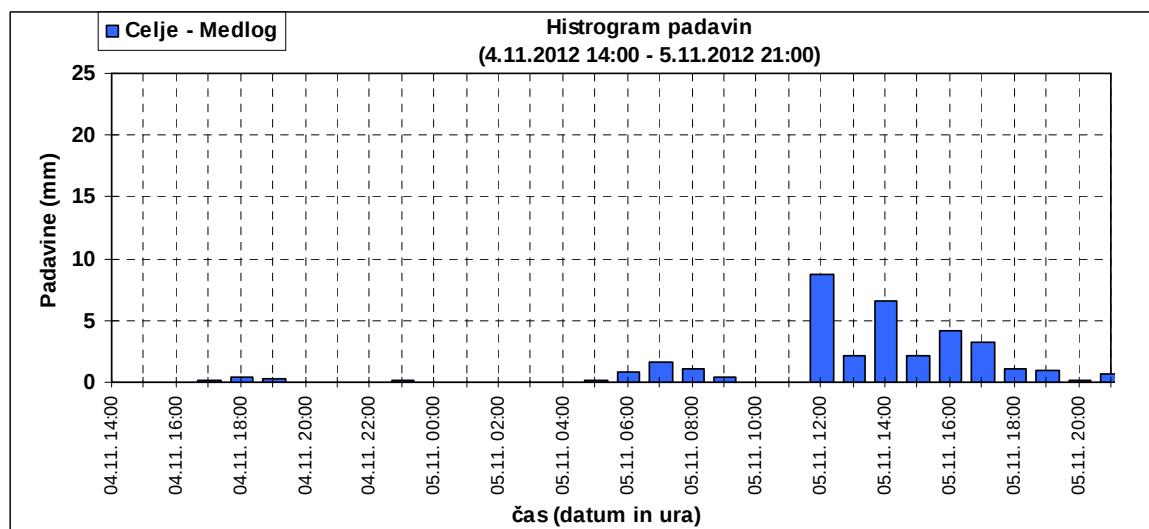
Grafi na **sliki 10 do slike 12** prikazujejo urno razporeditev padavin na bližnjih ombrografskih postajah za tretji val obravnavane visokovodne situacije. Najvišja urna intenziteta padavin je bila na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu (22,7 mm).



Slika 10: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu



Slika 11: Histogram padavin postaje Celje-Levec



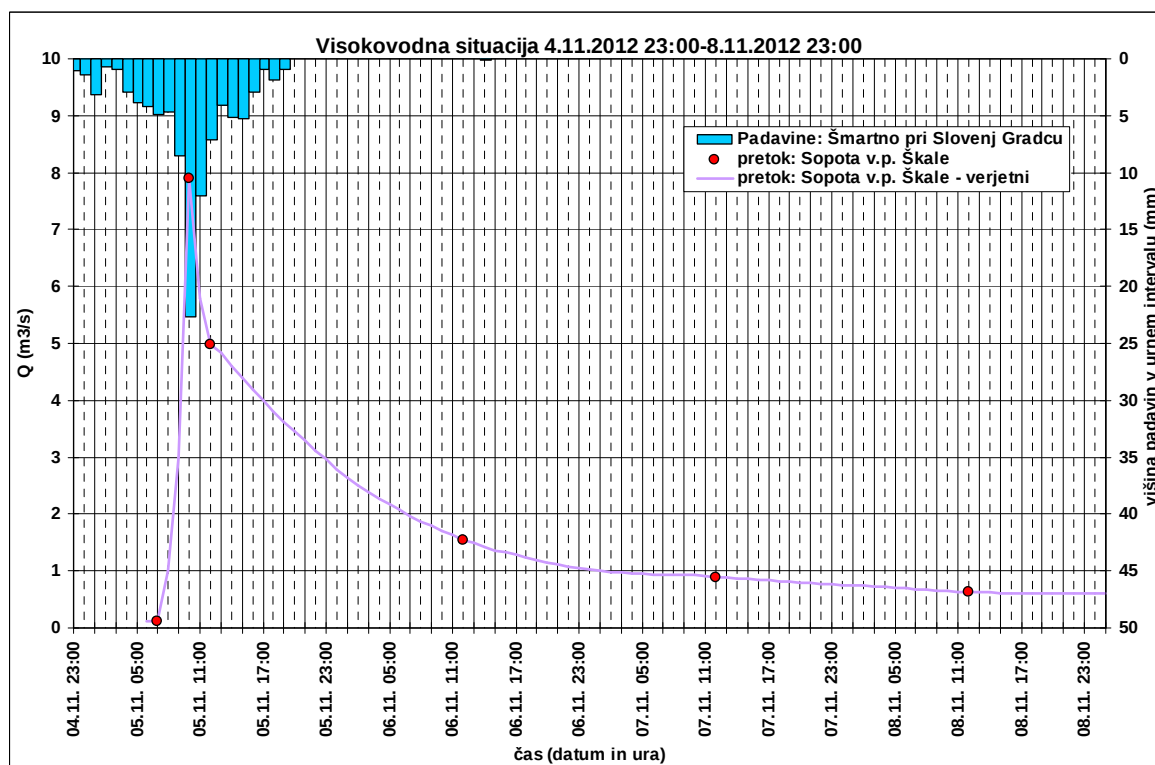
Slika 12: Histogram padavin postaje Celje-Medlog

Koeficient odtoka je razmerje med količino padavin, ki so odtekle in količino padavin, ki so dejansko padle. Vrednost koeficienta odtoka je odvisna od več dejavnikov med drugim tudi od predhodne namočenosti tal in akumuliranih snežnih padavin.

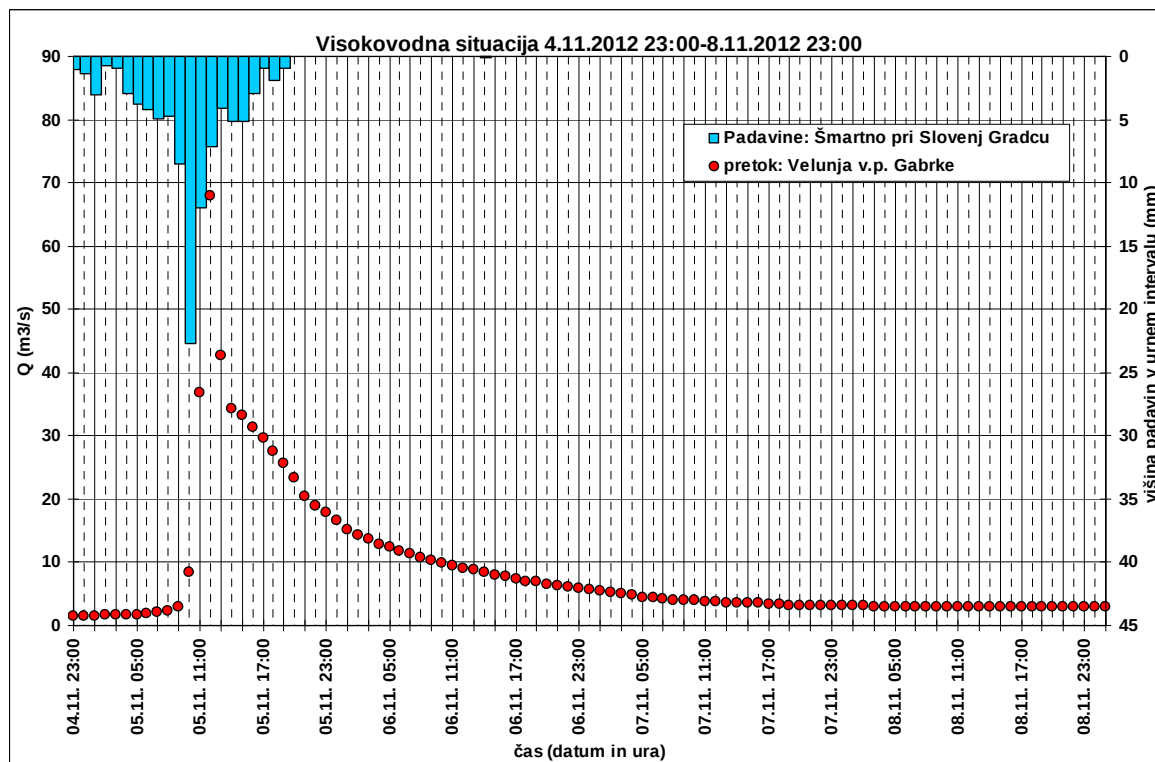
Za visokovodno situacijo november 2012 (tretji val s konico 7,9 m³/s) ocenjujemo, da je bil koeficienta odtoka Sopote 0,7-0,8.

Za visokovodno situacijo november 2012 (tretji val s konico 67,9 m³/s) ocenjujemo, da je bil koeficienta odtoka Velunje 0,75-0,85.

Menimo, da je vzrok za večji koeficient odtoka predvsem v daljšem trajanju padavin.



Slika 13: Zabeležen hidrogram Sopot v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")



Slika 14: Zabeležen hidrogram Velunja v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")



Na podlagi analiz lahko povemo sledeče:

- Padavine so bile dolgotrajne, v treh delih.
- Intenzivnost padavin (3 val) se je zmanjševala iz zahoda proti vzhodu, kar je razvidno tudi iz doseženih maksimalnih pretokov, kjer sta Velunja in Sopota dosegla maksimalni konici v "tretjem valu" Lepena pa v "prvem valu".
- Padavine, ki so povzročile maksimalni pretok na Sopotu $7,9 \text{ m}^3/\text{s}$ so dosegle povratno dobo 2-5 let.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok s povratno dobo ca 20 let.
- Padavine, ki so povzročile maksimalni pretok na Velunji $67,9 \text{ m}^3/\text{s}$ so dosegle povratno dobo <5 let.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok s povratno dobo ca 20-50 let.



6.0 VISOKE VODE

6.1 Visoke vode

Za določitev vrednosti visokih vod v posameznih hidroloških prerezih je bil uporabljen hidrološki model HEC-HMS 3.5.

Za izdelavo hidrološkega modela so bile uporabljene vrednosti padavin različnega trajanja, hidrografske karakteristike (površina in nagnjenost vodozbirnega zaledja, ter dolžina vodotoka), izbrane krivulje CN v katerem je upoštevana tudi karakteristika tal, ter pokrovnost tal. Predpostavljene so bile enakomerno porazdeljene padavine do posameznih obravnavanih prereзов.

V pregledni situaciji obravnavanega območja v merilu M 1:25.000 (*priloga H-1*) so prikazane lokacije hidroloških prereзов v katerih so bile določene visoke vode s povratno dobo 10, 100 in 500 let. Vrednosti visokih vod v posameznih hidroloških prerezih so prikazane v spodnji **tabeli 20**.

V *prilogah H-25 do H-45* so za izbrane hidrološke prereze (v **tabeli 20** označeni z *) prikazani visokovodni valovi s povratno dobo 10, 100 in 500 let. V prilogah so prikazani tudi komplementarni valovi za podporečja, ki so potrebni za hidravlični model.

oznaka prereza	ime prereza	F (km ²)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)	
01x	Lepena do levega pritoka (Škalske Cirkovce)	1,1	1,26	3,0	4,6	
01y	Lepena pod levim pritokom (Škalske Cirkovce)	3,4	3,8	9,0	14	
02x	Lepena do profila	3,6	4,0	9,3	14	
03x	Lepena do levega pritoka (Hrastovec)	4,6	4,7	11	18	
03y	Lepena pod levim pritokom (Hrastovec)	5,8	5,9	14	22	*
04x	Lepena do desnega pritoka (Špehove Toplice)	5,9	6,0	14	23	*
04y	Lepena v.p. Škale	7,1	7,1	17	27	*
05x	Lepena do potoka s Turna	7,5	7,4	18	28	*
05y	Lepena pod potokom s Turna	8,3	8,1	20	31	*
01z	levi pritok do Lepene (Škalske Cirkovce)	2,3	2,5	6,0	9,4	
03z	levi pritok do Lepene (Hrastovec)	1,2	1,18	3,0	4,7	
04z	desni pritok do Lepene (Špehove Toplice)	1,2	1,14	2,8	4,5	*
05z	potok s Turna	0,8	0,72	1,8	2,8	*

Tabela 20: Vrednosti maksimalnih pretokov Lepene in njenih pritokov



7.0 ZAKLJUČEK

Namen študije je določitev »dejanskih« visokih vod Lepene in pritokov s povratno dobo 10, 100 in 500 let za posamezne hidrološke prereze, ki upoštevajo današnjo urejenost vodotokov, in sicer za potrebe izdelave kart razredov poplavne nevarnosti za območja pomembnega vpliva poplav Hrastovec-skladišče razstreliv.

Maksimalne vrednosti pretokov v posameznih hidroloških prerezi bodo t.i. ovojnica vseh dogodkov. Verjetnost, da nastopijo te vrednosti na različnih delih vodotokov istočasno, je manjša kot 10% v primeru 10-letnih vod, manjša kot 1% v primeru 100-letnih vod ter manjša kot 0,2% v primeru 500-letnih vod.

S simulacijo visokih vod dobimo rezultat, ki naj bi napovedal visoke vode v prihodnosti. Nobenega zagotovila pa nimamo, da bo klima ostala ista, da umetni posegi na vodotokih in v zaledju ne bodo vplivali na formiranje višjih visokih vod, da makro posegi v okolje ne spreminjajo padavinskih pojavov itd. Zato je veljavnost vrednosti visokih vod predvidena le za neko obdobje in jih je potrebno občasno preverjati.

Poročilo sestavila:

Darko Anzeljc, univ.dipl.inž.grad.

Katja Sovre, univ.dipl.inž.vod. in kom. inž.



8.0 VIRI

ARSO MKO, 2012. Podatki o padavinah in pretokih (Spletni arhiv podatkov).

<http://www.arso.gov.si/vreme/>, <http://www.arso.gov.si/vode/podatki/>

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, Pokrovnost tal CORINE Land Cover Slovenija (2006).

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, TTN 5 (M 1:5000) in TTN 10 (M 1:10000). Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, DTK 25 (M 1:25000). Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, DPK 250 (M 1:250000). Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

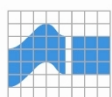
Ocena hidravlične prevodnosti tal v Sloveniji za pedokartografske enote merila 1:250 000. 2009. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 14 str.

Atlas okolja. Hidrogeološka karta 1:250.000

Podatke, ki niso dostopni na spletnih straneh, smo za obravnavo padavinskih situacij (padavine in pretoki) pridobili od ARSO



9.0 PRILOGE



INŠTITUT
ZA VODE
REPUBLIKE
SLOVENIJE

Institute
for Water of
the Republic
of Slovenia

*Voda za življenje, znanje za vode.
Water for Life, Knowledge for Water.*

Program dela IzVRS za leto 2013

I/2 Priprava in zagotovitev strokovnih podlag za izvajanje poplavne direktive (2007/60/ES)

I/2/1 Izdelava kart poplavne nevarnosti in kart razredov poplavne nevarnosti za 7 območij pomembnega vpliva poplav v RS

Naslov naloge:

Hidrološka študija visokih vod na porečju Lepene - za OPVP 60–Hrastovec–skladišče razstreliv

Vodja naloge:

Darko Anzeljc, univ.dipl.inž.grad.

LJUBLJANA, MAREC 2014

PROGRAM: Program dela IzVRS za leto 2013

I/2 Priprava in zagotovitev strokovnih
podlag za izvajanje poplavne direktive
(2007/60/ES)

I/2/1 Izdelava kart poplavne nevarnosti in kart
razredov poplavne nevarnosti za 7 območij
pomembnega vpliva poplav v RS

NASLOV NALOGE: **Hidrološka študija visokih vod na porečju
Lepene - za OPVP 60–Hrastovec–skladišče
razstreliv**

ŠIFRA NALOGE:

NAROČNIK: REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO IN OKOLJE

IZVAJALEC: INŠTITUT ZA VODE REPUBLIKE SLOVENIJE
Hajdrihova 28c
1000, Ljubljana

AVTOR(JI): Darko Anzeljc, univ.dipl.inž.grad.
Katja Sovre, univ.dipl.inž.vod. in kom.inž.

SODELAVCI:

KRAJ IN DATUM: LJUBLJANA, marec 2014



VSEBINA

KAZALO TABEL	II
KAZALO SLIK.....	II
KAZALO PRILOG	III
1.0 UVOD.....	1
2.0 HIDROLOŠKA SLIKA POREČJA	2
2.1 Hidrografske značilnosti porečja.....	2
2.2 Hidravlična prevodnost in pokrovnost tal.....	4
3.0 METEOROLOŠKI PODATKI.....	5
3.1 Padavinske postaje	5
3.2 Maksimalne dnevne padavine	5
3.3 Analiza nalivov	6
3.4 Padavine uporabljene v hidrološkem modelu	6
4.0 HIDROLOŠKI PODATKI	8
5.0 PADAVINSKE SITUACIJE.....	9
5.1 Padavinska situacija 18.-19.9.2007.....	10
5.2 Padavinska situacija 26.-31.10.2012.....	14
5.3 Padavinska situacija 4.-8.11.2012	19
6.0 VISOKE VODE	24
6.1 Visoke vode	24
7.0 ZAKLJUČEK.....	25
8.0 VIRI.....	26
9.0 PRILOGE.....	27



KAZALO TABEL

Tabela 1:	Hidrografske značilnosti podporečij	3
Tabela 2:	Dolžina glavnega vodotoka na odseku med vozliščema in povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema	3
Tabela 3:	Hidrografske značilnosti prispevnega zaledja do posameznega hidrološkega prereza	3
Tabela 4:	Pokrovnost tal za območje porečja Lepene in Sopote	4
Tabela 5:	Hidravlična prevodnost tal porečja Lepene in Sopote	4
Tabela 6:	Seznam obravnavanih padavinskih postaj	5
Tabela 7:	Maksimalne in povprečne višine maksimalnih dnevnih padavin na posamezni padavinski postaji ter višina maksimalnih dnevnih padavin s 100-letno povratno dobo	6
Tabela 8:	Vrednosti padavin s povratno dobo 500, 100 in 10 let, ki so bile uporabljene v hidrološkem modelu	7
Tabela 9:	Rezultati verjetnostne analize maksimalnih pretokov (Log Pearson III) za posamezno vodomersko postajo	8
Tabela 10:	Maksimalne vrednosti valov in čas meritve na Velunji, Sopoti in Lepeni	9
Tabela 11:	Dnevne količine padavin septembra 2007	10
Tabela 12:	Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah september 2007	11
Tabela 13:	Maksimalne padavine (september 2007) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba	11
Tabela 14:	Dnevne količine padavin oktobra 2012	14
Tabela 15:	Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah oktober 2012	15
Tabela 16:	Maksimalne padavine (oktober 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba	15
Tabela 17:	Dnevne količine padavin novembra 2012	19
Tabela 18:	Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah november 2012	20
Tabela 19:	Maksimalne padavine (november 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba	20
Tabela 20:	Vrednosti maksimalnih pretokov Lepene in njenih pritokov	24

KAZALO SLIK

Slika 1:	Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	12
Slika 2:	Histogram padavin postaje Celje-Levec	12
Slika 3:	Histogram padavin postaje Celje-Medlog	12
Slika 4:	Zabeležen hidrogram na Velunji v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	13
Slika 5:	Zabeležen hidrograma na Lepeni v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu (26.10.-11.11.2012)	16
Slika 6:	Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	16
Slika 7:	Histogram padavin postaje Celje-Levec	17
Slika 8:	Histogram padavin postaje Celje-Medlog	17
Slika 9:	Zabeležen hidrogram Lepena v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("prvi val")	18
Slika 10:	Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	20
Slika 11:	Histogram padavin postaje Celje-Levec	21
Slika 12:	Histogram padavin postaje Celje-Medlog	21
Slika 13:	Zabeležen hidrogram Sopota v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")	22
Slika 14:	Zabeležen hidrogram Velunja v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")	22



KAZALO PRILOG

DVD	priložen je digitalni medij na katerem so zapisane vsebine: pričujoče poročilo s prilogami, hidrološki modeli in visokovodni valovi
H-1	Pregledna situacija obravnavanih hidroloških prerezov ter podporečij Lepene v M 1 : 25.000
H-2	Situacija merilnih postaj M 1 : 100.000
H-3	Padavinske situacije M 1 : 100.000
H-4 in H-7	Podatki o maksimalnih dnevnih padavin v letu za vse obravnavane padavinske postaje
H-8 in H-10	Vrednosti rezultatov verjetnostne analize maksimalnih dnevnih padavin v letu za vse obravnavane padavinske postaje
H-11 do H-13	Podatki in analiza nalivov za padavinsko postajo Čelje
H-14 do H-16	Podatki in analiza nalivov za padavinsko postajo Šmartno pri Slovenj Gradcu
H-17	Celotna korektura povprečnih padavin
H-18 do H-24	Rezultati verjetnostne analize pretokov ter grafični prikaz rezultatov za obravnavane vodomerske postaje
H-25 do H-31	Visokovodni valovi s povratno dobo 10 let različnega trajanja padavin za izbrane hidrološke prereze
H-32 do H-38	Visokovodni valovi s povratno dobo 100 let različnega trajanja padavin za izbrane hidrološke prereze
H-39 do H-45	Visokovodni valovi s povratno dobo 500 let različnega trajanja padavin za izbrane hidrološke prereze



1.0 UVOD

Za porečje Lepene do iztoka v Velenjsko jezero je bila izdelana hidrološka študija visokih voda z določitvijo maksimalnih pretokov in visokovodnih valov s povratno dobo 10, 100 in 500 let v nekaterih ključnih prerezi Lepene in njenih pritokih in sicer kot vhodni podatek za izdelavo hidravličnega modela na območju pomembnega vpliva poplav (OPVP) 60–Hrastovec–skladišče razstreliv.

Za ustreznejšo obravnavo (primerjavo) je bil izveden tudi hidrološki model Sopote (Lubele) do lokacije vodomerne postaje. Rezultati niso prikazani. Model je podan v prilogah.

Za potrebe obdelave so bili pridobljeni in analizirani meteorološki in hidrološki podatki Agencije RS za okolje (v nadaljevanju ARSO). Analiza padavin (maksimalne dnevne padavine, maksimalne padavine z različnim trajanjem 5 minut do 24 ur) je obravnavala 16 padavinskih postaj od tega sta dve postaji opremljeni z ombrografom.

Opređeljeno je prispevno območje Lepene in Sopote, ter njenih pritokov do iztoka iz Velenjskega jezera, določena so bila posamezna prispevna območja. Razvodnice prispevnih območij posameznih podporečij so bile določene na podlagi obstoječih digitalnih razvodnic ARSO (dobljenih na podlagi kart M 1:25.000). Za ostale hidrološke prereze smo orografske razvodnice določili s pomočjo digitalnega kartografskega gradiva TTN5 in DTK25. (GURS). Pokrovnost tal je bila določena s pomočjo podatkovnega sloja Corine Land Cover za Slovenijo. Odtočni potencial zemljine je bil ocenjen na podlagi rezultatov študije "Ocena hidravlične prevodnosti tal v Sloveniji za pedokartografske enote merila 1:250.000" (Biotehniška fakulteta UL, 2009). Glede na pokrovnost tal in odtočni potencial je bil določen izhodiščni parameter CN (številka krivulje) za določitev padavinskih izgub po SCS metodi.

Za posamezna prispevna območja je bil izdelan hidrološki model površinskega odtoka z različico programa HEC–HMS 3.5. Visokovodni valovi so bili izvrednoteni z metodo sintetičnega enotnega hidrograma po metodi SCS. Za modeliranje transformacije visokovodnega vala je bila uporabljena metoda Muskingum–Cunge. V meteorološkem modelu hidrološkega modela HEC–HMS, je bila za način podajanja padavin izbrana metoda uporabniško določenega histograma padavin.

Na osnovi verjetnostne analize padavin in izdelanega hidrološkega modela so bili izračunani maksimalni odtoki v odvisnosti od padavin s povratno dobo 10, 100 in 500 let.

V študiji so obravnavane sledeče vsebine:

- opis hidrografske, topografske in drugih značilnosti porečja,
- analiza meteoroloških in hidroloških podatkov,
- izračun maksimalnih pretokov in visokovodnih valov s povratno dobo 10, 100 in 500 let v izbranih hidroloških prerezi za različno trajanje padavin.



2.0 HIDROLOŠKA SLIKA POREČJA

Velenjsko jezero in Škalsko jezero sta umetni ugrezninski jezери, nastali kot posledica pogrezanja površine zaradi premogovništva. Velenjsko jezero napajata dva potoka, Sopota in Lepena preko Škalskega jezera, ki se potem preko Velenjskega jezera izteka v Pako. Prispevna površina Lepene do Škalskega jezera znaša dobrih 8 km². Prispevna površina Lepene, kakor tudi Sopote, do vodomerne postaje z enakim imenom Škale je nekoliko več, oziroma nekoliko manj od 7 km². Na postajah so na voljo podatki o pretokih od leta 1979 dalje. Potok Lepena izvira izpod Pivnikovega vrha in teče skozi Hrastovec. Lepeni se pred vtokom v jezero priključijo še trije manjši pritoki.

2.1 Hidrografske značilnosti porečja

Hidrografske značilnosti porečja so predstavljene s površino, povprečnim padcem terena ter dolžino in povprečnim padcem vodotoka za posamezno prispevno površino. Hidrografske značilnosti predstavljamo z naslednjimi parametri:

F..... skupna površina vodozbirnega zaledja do hidrološkega prereza (km²)

OLS..... povprečni padec terena do prereza vodotoka (%)

L..... hidravlična dolžina vodotoka do iztočnega prereza (km)

I..... povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema (%)

L_p..... dolžina glavnega vodotoka na odseku med vozliščema (km)

Površina porečja predstavlja površino, ki jo obdaja orografska razvodnica do hidrološkega profila. Povprečni padec terena je padec terena, merjen pravokotno na vodotok, medtem ko povprečni padec vodotoka predstavlja padec premice, ki veže začetek in konec odseka vodotoka tako, da je površina trikotnika, ki ga tvorita premica in horizontala enaka površini med vzdolžnim prerezom in horizontalo. Hidravlična dolžina vodotoka je najdaljša dolžina vodotoka in/ali grabna kjer je razvidno da se lahko tvori površinski tok.

Velikost posameznega prispevnega območja je bila določena s pomočjo podatkov o razvodnicah za raven merila 1:25.000 (ARSO), razvodnic ki smo jih določili na skanogramih državne topografske karte v merilu 1:25.000 in temeljnih topografskih načrtov v merilu 1:5.000 (GURS). Vrednosti padca terena, padca vodotoka in ostalih parametrov hidrografskih značilnosti so bile določene s pomočjo podatkov digitalnega modela višin DMV12,5 in modela reliefa mrežne ločljivosti 5 m, vektorizirane državne topografske karte DTK5 in temeljnih topografskih načrtov TTN5 v merilu 1:5.000.

V **tabeli 1** so prikazane hidrografske značilnosti posameznih podporečij. Pomen oznak podporečij in prerezov je razviden iz **priloge H-1**.

oznaka podporečja	vodotok	F (km ²)	OLS (%)	L (km)
L01	Lepena	1,06	28,7	2,34
L02	Lepena	2,32	38,5	2,85
L03	Lepena	0,23	46,3	0,68
L04	Lepena	1,00	49,1	1,67
L05	Lepena	1,19	37,6	1,92
L06	Lepena	0,11	26,3	0,44



oznaka podporečja	vodotok	F (km ²)	OLS (%)	L (km)
L07	Lepena	1,17	30,7	1,96
L08a	Lepena	0,38	20,9	1,33
L08b	Lepena	0,81	22,5	1,89
L09	Lepena	2,10	14,9	2,16
S01	Sopota	4,88	41,1	3,49
S02	Sopota	1,81	25,4	1,86

Tabela 1: Hidrografske značilnosti podporečij

V **tabeli 2** so prikazane dolžine glavnega vodotoka in povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema.

odsek med vozliščema	vodotok	L _p (km)	I (%)
01y-02x	Lepena	0,25	11,6
02x-03x	Lepena	1,54	8,0
03y-04x	Lepena	0,39	3,0
04y-05x	Lepena	0,82	5,4
so1-so2	Sopota	2,19	2,6

Tabela 2: Dolžina glavnega vodotoka na odseku med vozliščema in povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema

V **tabeli 3** so prikazane hidrografske značilnosti prispevnega območja do posameznega hidrološkega prereza. Prikazane so hidrografske značilnosti: površina do posameznega prereza, naklon terena in dolžina vodotoka do posameznega prereza.

oznaka prereza	ime prereza	F (km ²)	L (km)	OLS (%)
so1	Sopota do profila	4,9	3,49	41,1
so2	Sopota v.p. Škale	6,7	5,67	36,9
01x	Lepena do levega pritoka (Škalske Cirkovce)	1,1	2,34	28,7
01y	Lepena pod levim pritokom (Škalske Cirkovce)	3,4	2,34	35,5
02x	Lepena do profila	3,6	2,59	36,1
03x	Lepena do levega pritoka (Hrastovec)	4,6	4,14	38,9
03y	Lepena pod levim pritokom (Hrastovec)	5,8	4,14	38,7
04x	Lepena do desnega pritoka (Špehove Toplice)	5,9	4,52	38,4
04y	Lepena v.p. Škale	7,1	4,52	37,1
05x	Lepena do potoka s Turna	7,5	5,34	36,3
05y	Lepena pod potokom s Turna	8,3	5,34	34,9
06x	Lepena pod Škalskim jezerom	10,4	6,01	30,9
01z	levi pritok do Lepene (Škalske Cirkovce)	2,3	2,85	38,5
03z	levi pritok do Lepene (Hrastovec)	1,2	1,92	37,6
04z	desni pritok do Lepene (Špehove Toplice)	1,2	1,96	30,7
05z	potok s Turna	0,8	1,89	22,5
so3	Lepena v.p. Pesje I (Velenjsko j.)	20,1	7,6	29,7
so4	Lepena do Pake	20,5	8,3	29,2

Tabela 3: Hidrografske značilnosti prispevnega zaledja do posameznega hidrološkega prereza



2.2 Hidravlična prevodnost in pokrovnost tal

Porečje Lepene do Škalskega jezera je pretežno pokrito z gozdom – 63 %, 19 % je pašnikov, 9 % urbanih površin, 8 % mešanih kmetijskih površin ter 2 % trajnih nasadov. Zelo podobna pokrovnost tal je na porečju Sopote do Velenjskega jezera, 61 % je gozdov, 17 % pašnikov ter 22 % mešanih kmetijskih površin. Deleži celotnega porečja Lepene do izтока v Pako pa so sledeči: 52 % gozdov, 17 % pašnikov, 11 % mešanih kmetijskih površin, 7 % vod, 6 % urbanih površin, 3 % ozelenjenih površin, po 2 % industrijskih in rudniških površin ter 1 % trajnih nasadov. V **tabeli 4** so prikazani deleži pokrovnosti tal za posamezno podporečja.

oznaka podporečja	Gozdovi (%)	Meš. kmet. pov. (%)	Trajni nasadi (%)	Pašniki (%)	Urbano (%)	Industrijske, trgovinske, transportne pov. (%)	Rudniki (%)	Ozelenjene pov. (%)	Vode (%)
L01	55	28	0	17	0	0	0	0	0
L02	67	10	0	22	0	0	0	0	0
L03	83	17	0	0	0	0	0	0	0
L04	72	0	0	12	17	0	0	0	0
L05	60	0	0	29	11	0	0	0	0
L06	72	0	0	2	25	0	0	0	0
L07	46	5	0	34	15	0	0	0	0
L08a	49	0	14	36	1	0	0	0	0
L08b	49	0	14	36	1	0	0	0	0
S01	74	0	0	25	0	0	0	0	0
S02	47	44	0	9	0	0	0	0	0

Tabela 4: Pokrovnost tal za območje porečja Lepene in Sopote

Hidravlična prevodnost tal porečja Lepene do Škalskega jezera je večinoma srednja - 58 %, 26 % je visoke hidravlične prevodnosti ter 11 % nizke prevodnosti tal. Za preostalih 5 % površin pa hidravlične prevodnosti tal ni bilo mogoče določiti. Hidravlična prevodnost tal na porečju Sopote do Velenjskega jezera je večinoma srednja 82 %, 17 % je visoke prevodnosti, za 1 % površin pa je ni bilo mogoče določiti. Tam kjer je ni mogoče določiti, gre predvsem za urbana območja in rudniške površine.

Hidravlična prevodnost tal za posamezna podporečja je prikazana v spodnji **tabeli 5**.

oznaka podporečja	Nizka (%)	Srednja (%)	Visoka (%)	Ni mogoče določiti (%)
L01	12	76	11	0
L02	9	55	36	0
L03	0	30	70	0
L04	0	47	52	2
L05	10	83	6	1
L06	0	74	0	26
L07	0	62	30	9
L08a	60	40	0	0
L08b	60	40	0	9
S01	0	80	20	0
S02	0	84	14	2

Tabela 5: Hidravlična prevodnost tal porečja Lepene in Sopote



3.0 METEOROLOŠKI PODATKI

3.1 Padavinske postaje

Za obravnavano območje so bili na razpolago podatki padavinskih postaj v upravljanju ARSO. Padavinske postaje, katerih podatki so bili uporabljeni za analizo, se nahajajo v bližnji in širši okolici obravnavanega porečja. Za vse obravnavane postaje so bili na razpolago podatki o maksimalnih dnevni padavinah, podatki o urnih vrednostih padavin pa so zabeleženi le na postajah opremljenih z ombrografom. Taki postaji sta Celje in Šmartno pri Slovenj Gradcu. Za postaji je bila izdelana verjetnostna analiza nalivov. V **tabeli 6** je prikazana številka in ime padavinske postaje, nadmorska višina in lokacija (koordinate) postaje, ter obdobje pridobljenih podatkov. Lokacija obravnavanih padavinskih postaj je razvidna iz situacije v **prilogi H-2**.

	Št. in ime padavinske postaje	v.n.m.	obdobje	koordinata X	koordinata Y
268	CELJE	242 m	1864-2012	517778	121400
270	LOKOVINA PRI DOBRNI	403 m	1961-1990	516678	132125
271	GOMILSKO	294 m	1972-2012	503919	122534
272	JERONIM	760 m	1952-2012	496368	124742
274	MOZIRJE	347 m	1923-2009	497804	132139
275	RADEGUNDA	789 m	1961-2012	495211	135784
290	VERNERICA	1105 m	1961-2012	500384	147785
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	1923-2012	500000	145068
292	BELE VODE	965 m	1923-2012	495581	141643
293	TOPOLŠICA	390 m	1923-1990	501281	139511
294	ŠOŠTANJ	368 m	1961-1982	503846	137661
296	VELENJE	420 m	1924-2010	508975	135813
298	VITANJE	478 m	1923-2001	523072	137703
321	ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	444 m	1951-2012	508908	149509
322	MISLINJA	589 m	1952-2012	516537	145025
323	SLOVENJ GRADEC - GRADIŠČE	786 m	1952-2012	509120	153318

Tabela 6: Seznam obravnavanih padavinskih postaj

Za analizo padavin je bilo izbranih 16 padavinskih postaj, ki se nahajajo v bližnji in širši okolici porečja. Na podlagi razpoložljivih podatkov smo izdelali verjetnostno analizo maksimalnih dnevni padavin in verjetnostno analizo nalivov.

Izbrane so bile tudi štiri padavinske situacije posledica katerih je bilo visokovodno stanje, v letih 1990, 1998, 2007, 2012. Za obravnavane padavinske postaje so bili pridobljene razpoložljive dnevne in urne vrednosti padavin.

Ti podatki in rezultati so analizirani v sklopu analize padavinskih situacij (poglavje 5).

3.2 Maksimalne dnevne padavine

Za analizo smo uporabili podatke o maksimalnih dnevni padavinah v posameznem letu na posamezni padavinski postaji (**priloge H-4 do H-7**). Verjetnostna analiza po Gumbelovi porazdelitvi je bila izdelana za povratne dobe 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 in 500 let. V spodnji **tabeli 7** so prikazane maksimalne in povprečne višine maksimalnih dnevni padavin za celotno obdobje delovanja posamezne postaje, ter višina dnevni padavin s



100 letno povratno dobo. Izdelana je bila analiza maksimalnih dnevnih padavin za različna časovna obdobja. Vrednosti rezultatov verjetnostnih analiz Vrednosti rezultatov verjetnostnih analiz za obdobja 1961-2012, 1964-2012, 1970-2012, 1990-2012 ter 1966-1990 so prikazane v **prilogah H-16 in H-21**.

Št. in ime padavinske postaje	v.n.m.	obdobje	št.pod.	Hmax	Hpov	P100
268 CELJE	244 m	1864-2012	146	131,6	61,8	121
270 LOKOVINA PRI DOBRNI	403 m	1961-1990	30	97,1	63,4	126
271 GOMILSKO	294 m	1972-2012	38	173,1	77,9	190
272 JERONIM	760 m	1952-2012	61	193,5	82,2	184
274 MOZIRJE	347 m	1923-2009	65	151,6	69,3	148
275 RADEGUNDA	789 m	1961-2012	52	122,8	71,6	135
290 VERNERICA	1105 m	1961-2012	33	130,5	71,6	145
291 ZGORNJI RAZBOR	864 m	1923-2012	83	135,7	74,5	143
292 BELE VODE	965 m	1923-2012	76	147,8	78,6	155
293 TOPOLŠICA	390 m	1923-1990	59	133,5	71,0	143
294 ŠOŠTANJ	368 m	1961-1982	22	120,2	62,5	137
296 VELENJE	420 m	1924-2010	79	120,4	64,5	128
298 VITANJE	478 m	1923-2001	60	109,6	60,2	118
321 ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	1951-2012	62	141,2	69,2	137
322 MISLINJA	589 m	1952-2012	61	125,3	70,2	138
323 SLOVENJ GRADEC - GRADIŠČE	800 m	1952-2012	56	172,6	74,2	146

Tabela 7: Maksimalne in povprečne višine maksimalnih dnevnih padavin na posamezni padavinski postaji ter višina maksimalnih dnevnih padavin s 100-letno povratno dobo

3.3 Analiza nalivov

Vhodni podatek za račun pretokov so nalivi z neko povratno dobo. Analiza nalivov je bila izvedena iz razpoložljivih podatkov za postajo Celje (1964-2012) in Šmartno pri Slovenj Gradcu (1970-2012). Izračun je bil izveden po Gumbelovi verjetnostni porazdelitvi. Vrednosti 5 minutnih do 24-urnih višin padavin s povratno dobo 2, 5, 10, 20, 50, 100 ter 500 let so prikazane v **prilogah H-11 do H-16**.

3.4 Padavine uporabljene v hidrološkem modelu

Na podlagi primerjave rezultatov verjetnostne analize dnevnih padavin in 24-urnih nalivov, so bile določene vrednosti padavin s trajanjem 24 ur s povratno dobo 100 let za vse padavinske postaje. Za vsako podporečje so bile določene maksimalne povprečne 24 urne padavine s povratno dobo 100 let, na podlagi metode izohiet. Iz teh vrednosti so bile določene padavine s krajšim trajanjem na podlagi korelacije s postajo Šmartno pri Slovenj Gradcu (1970-2012). Za razmerje med povratnimi dobami, pa je bilo izbrano razmerje, dobljeno z verjetnostno analizo maksimalnih dnevnih padavin postaje Velenje (1924-2010). Padavine so prikazane v **prilogi H-17**.



V spodnji **tabeli 8** so prikazane privzete vrednosti, ki so bile uporabljene v hidrološkem modelu. Vrednosti prikazujejo višino padavin s povratno dobo 500, 100 in 10 let za trajanje naliva od 5 min do 1440 min.

Trajanje padavin (min)	Povratna doba (leta), Padavine (mm)		
	500	100	10
5	20,5	17,0	11,9
10	33,4	27,4	18,7
15	44,3	36,2	24,5
20	52,2	42,6	28,5
30	57,7	47,2	32,0
45	63,8	52,4	35,9
60	68,5	56,5	38,9
90	76,0	62,9	43,8
120	81,9	67,9	47,6
180	91,1	75,9	53,6
240	98,6	82,3	58,4
300	105	87,7	62,5
360	111	92,5	66,0
540	125	105	74,9
720	136	114	82,2
900	147	123	88,5
1080	156	131	94,1
1440	173	145	104

Tabela 8: Vrednosti padavin s povratno dobo 500, 100 in 10 let, ki so bile uporabljene v hidrološkem modelu

Za hidrološki model je bila privzeta predpostavka, da padavina s povratno dobo n povzroči pretok s povratno dobo n . Za izračun so bile uporabljene enakomerno porazdeljene padavine. V meteorološkem modelu hidrološkega modela HEC–HMS, je bila za način podajanja padavin izbrana metoda uporabniško določenega histograma padavin.



4.0 HIDROLOŠKI PODATKI

Iz merjenih maksimalnih pretokov vsakega leta je bila narejena osnovna statistična analiza pretokov. Verjetnostna analiza je bila izdelana po Log – Pearson III porazdelitvi za celotno obdobje delovanja postaje. Podatki o pretokih in rezultati verjetnostne analize ter grafični prikaz rezultatov so prikazani v **prilogi H-18 do H-24**. V **tabeli 9** so prikazani rezultati verjetnostne analize pretokov za povratne dobe 10, 100 in 500 let.

Hidrološke podatke do leta 2011 smo pridobili v spletnem arhivu ARSO, za leto 2012 pa so nam jih posredovali iz sektorja za analize in prognoze površinskih vod (ARSO). Analiza pretokov je bila izvedena po Log Pearson III porazdelitvi. Podatki in rezultati analiz so služili pri vrednotenju rezultatov hidrološkega modela.

Ime vodotoka	F (km ²)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Lepena v.p. Škale (1979-2012)	7,1	5	12	21
Sopota v.p. Škale (1979-2012)	6,72	6	12	16
Lepena v.p. Pesje (združene vse postaje, 1964-1968, 1979-1981, 1983-1984, 1986-1996, 2000-2012)	ca 20	9	30	64
Velunja v.p. Gaberke (1986-2012)	28,85	37	113	221
Velunja v.p. Šoštanj (1956-2012)		20	42	58
Paka v.p. Velenje (1953-1957, 1964-1968, 1978-2012)	63,3	45	149	318
Savinja v.p. Solčava (združeni, 1949-1951, 1953-1958, 1959-2012)	63,7	65	110	144
Savinja v.p. Solčava I (1959-2012)	89,45	68	117	155

Tabela 9: Rezultati verjetnostne analize maksimalnih pretokov (Log Pearson III) za posamezno vodomersko postajo

Izbrane so bile tudi štiri padavinske situacije posledica katerih je bilo visokovodno stanje, v letih 1990, 1998, 2007, 2012. Za obravnavane vodomerske postaje so bili pridobljeni razpoložljivi merjeni hidrogrami odtoka.

Podatki za Lepeno, Sopoto in Velunjo so bili analizirani v sklopu analize padavinskih situacij v naslednjem poglavju.



5.0 PADAVINSKE SITUACIJE

Za boljše razumevanje hidroloških razmer na porečju Lepene smo obdelali 2 padavinski situaciji v preteklem obdobju, katerih posledice so bile visoke vode. Podatke o padavinah in visokovodnih valovih je posredoval ARSO. Padavinske situacije, ki smo jih obravnavali so jesenske padavinske situacije za katere so značilne orografske padavine, ki nastajajo ob gorskih pregradah, ko se zrak ob pobočjih dviga. Te padavine so lahko zelo obilne. Iz analize količine in razporeditve padavin je možno z analizo merjenih pretokov (hidrogramov odtoka) oceniti koeficient odtoka pri določenih hidroloških razmerah.

Oblika visokovodnega vala je odvisna od količine in razporeditve padavin, vlažnosti zemljine, rabe tal, vegetacije, tipa zemljine, lokalnega naklona terena itd. Vsi ti različni dejavniki delujejo istočasno v različnih kombinacijah.

V nadaljevanju sta bili obravnavani dve padavinski situaciji z visokimi pretoki na Velunji (v.p. Gabrke) in eno na Sopotu (v.p. Škale), ter na Lepeni (v.p. Škale):

- 18. in 19. september 2007
- 26. oktober do 10. november 2012

Največje vrednosti visokovodnih valov v m^3/s izmerjenih na Velunji, Sopotu in Lepeni, ter čas meritve so prikazani v **tabeli 10**.

Vodomerna postaja	Qmax (m^3/s)	čas Qmax	Padavinska situacija
Velunja v.p. Gabrke	14,4	18.09.2007 ob 22:19	2007 (iz hidrograma ARSO)
Velunja v.p. Gabrke	67,9	05.11.2012 ob 11:47	2012 (iz hidrograma ARSO)
Sopota v.p. Škale	7,9	05.11.2012 ob 10:00	2012 (iz hidrograma ARSO)
Lepena v.p. Škale	1,4	28.10.2012 ob 08:10	2012 (iz hidrograma ARSO)

Tabela 10: *Maksimalne vrednosti valov in čas meritve na Velunji, Sopotu in Lepeni*



5.1 Padavinska situacija 18.-19.9.2007

Lahko rečemo, da situacija septembra 2007 ni bila tipična za jesenske orografske padavine, saj je zajela izredno ozko območje z izredno intenzivnimi padavinami, kar sta bolj karakteristiki poletnih neviht.

V **tabeli 11** so prikazane vrednosti dnevnih padavin izmerjenih ob 7 h 18. in 19. septembra 2007 na nekaterih padavinskih postajah. Največja intenziteta padavin je bila 18.9.2007, kar je razvidno iz **tabele 12**. V predhodnih 6 dneh ni bilo padavin.

Na podlagi verjetnostne analize nalivov za padavinsko postajo Šmartno pri Slovenj Gradcu lahko povemo, da so imele padavine s trajanjem 12 do 15 ur povratno dobo ca 10 let (**tabela 13**). Maksimalna dnevna padavina 19.9.2007 je na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu dosegla povratno dobo ca 5 let, Bele vode in Zgornji Razbor ca 2 leti, na Mislinji 10-20 let in v Celju ca 20 let. Iz zgoraj povedanega lahko sklepamo, da so imele padavine na porečju Velunje povratno ca 5 let, Sopote in Lepene pa povratno dobo ca 10 let.

Dnevne padavine 2007 (mm)								
Padavinska postaja			predhodna namočenost 1.-17.9.	17.9.	18.9.	19.9.	20.9.	skupne padavine 18.-19.9.
268	CELJE	244 m	49,8	0	2,1	101,9	0	104,0
271	GOMILSKO	294 m	58,4	0	2,3	173,1	0	175,4
272	JERONIM	760 m	61,6	0	1,9	193,5	0	195,4
274	MOZIRJE	347 m	93,4	0	2,0	151,6	0	153,6
275	RADEGUNDA	789 m	104,2	0	3,5	122,8	0	126,3
290	VERNERICA	1105 m	95,1	0	2,4	79,8	0	82,2
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	90,3	0	1,7	72,3	0	74,0
292	BELE VODE	965 m	70,8	0	5,9	79,3	0	85,2
321	ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	88,5	0	0,9	87,3	0	88,2
322	MISLINJA	589 m	104,2	0	2,0	104,3	0	106,3

Tabela 11: Dnevne količine padavin septembra 2007

Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
17.09. 00:00	0	0	0
17.09. 01:00	0	0	0
17.09. 02:00	0	0	0
17.09. 03:00	0	0	0
17.09. 04:00	0	0	0
17.09. 05:00	0	0	0
17.09. 06:00	0	0	0
17.09. 07:00	0	0	0
17.09. 08:00	0	0	0
17.09. 09:00	0	0	0
17.09. 10:00	0	0	0
17.09. 11:00	0	0	0
17.09. 12:00	0	0	0
17.09. 13:00	0	0	0
17.09. 14:00	0	0	0
17.09. 15:00	0,3	0	0
17.09. 16:00	0,6	0	0
17.09. 17:00	0,1	0	0
17.09. 18:00	0	0	0
17.09. 19:00	0	0	0
17.09. 20:00	0	0	0



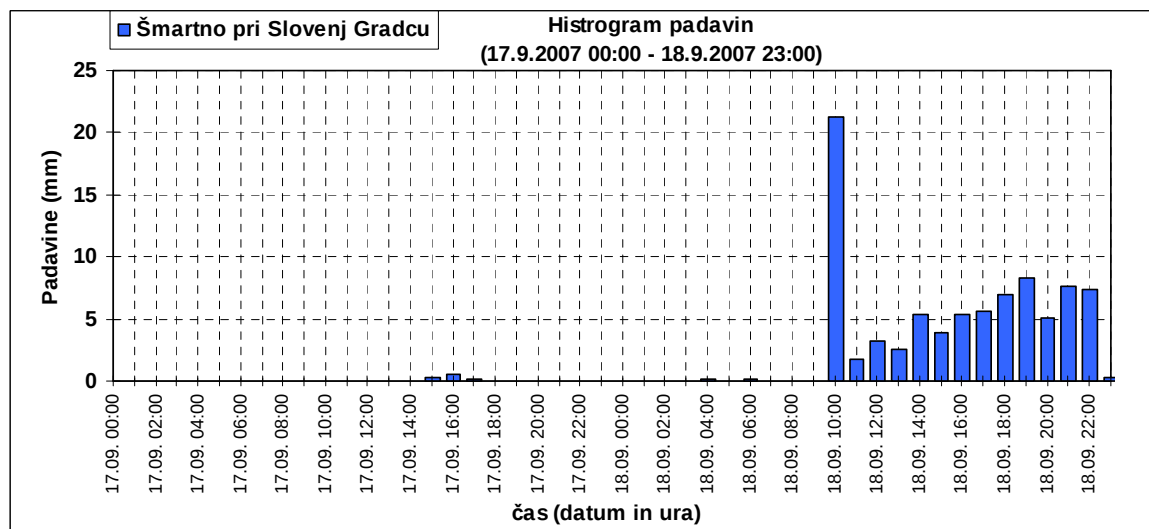
Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
17.09. 21:00	0	0	0
17.09. 22:00	0	0	0
17.09. 23:00	0	0	0
18.09. 00:00	0	0	0
18.09. 01:00	0	0	0
18.09. 02:00	0	0	0
18.09. 03:00	0	0	0
18.09. 04:00	0,1	0	0
18.09. 05:00	0	0	0
18.09. 06:00	0,1	0	0
18.09. 07:00	0	0	0,2
18.09. 08:00	0	0,5	0,4
18.09. 09:00	0	0	0
18.09. 10:00	21,2	0	0
18.09. 11:00	1,8	7,8	6,6
18.09. 12:00	3,2	7,4	5,4
18.09. 13:00	2,6	11,0	6,0
18.09. 14:00	5,3	5,9	4,2
18.09. 15:00	3,9	11,7	7,2
18.09. 16:00	5,3	8,2	5,0
18.09. 17:00	5,6	5,3	4,0
18.09. 18:00	7,0	20,1	21,4
18.09. 19:00	8,3	14,2	16,6
18.09. 20:00	5,1	2,4	2,8
18.09. 21:00	7,6	4,9	4,8
18.09. 22:00	7,3	4,7	4,4
18.09. 23:00	0,3	1,3	1,2
skupaj	85,7	105,4	90,2

Tabela 12: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah september 2007

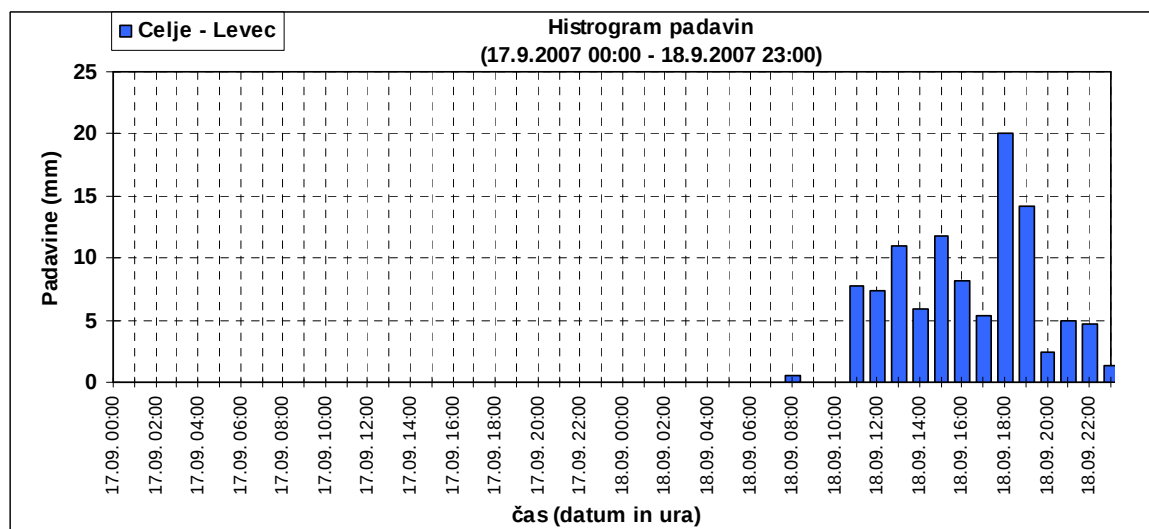
Maksimalne padavine glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba										
trajanje (ur)	1	2	3	4	5	6	9	12	15	24
(mm)	21,2	23	26,2	28,8	35,3	40,9	55,9	76,9	84,5	84,7
p.d. (let)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	>2	10	10	<5

Tabela 13: Maksimalne padavine (september 2007) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba

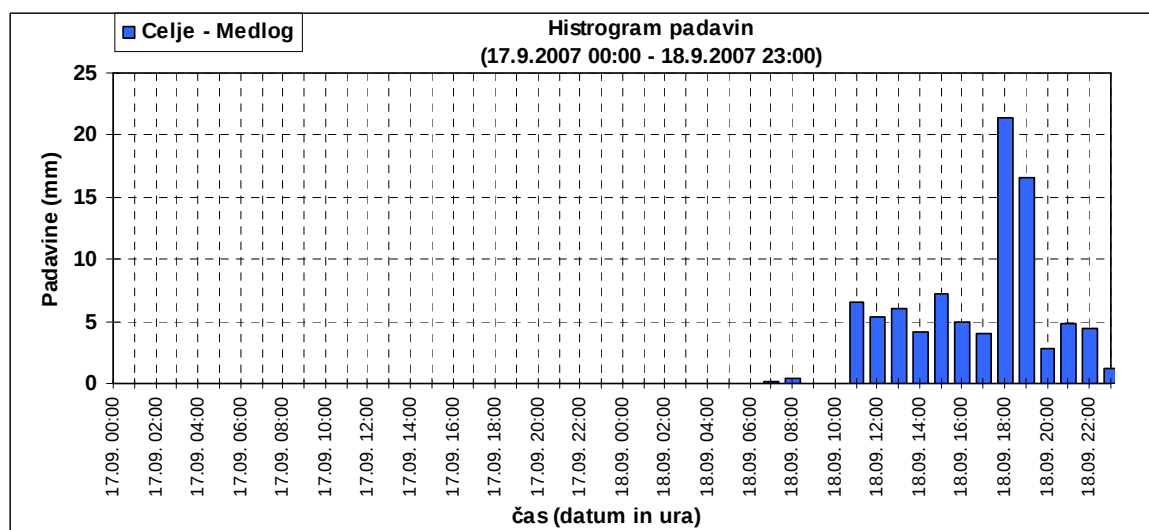
Grafi na **sliki 1 do slike 3** prikazujejo urno razporeditev padavin na bližnjih ombrografskih postajah. Najvišja urna intenziteta padavin je bila na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in Celje-Medlog (21 mm).



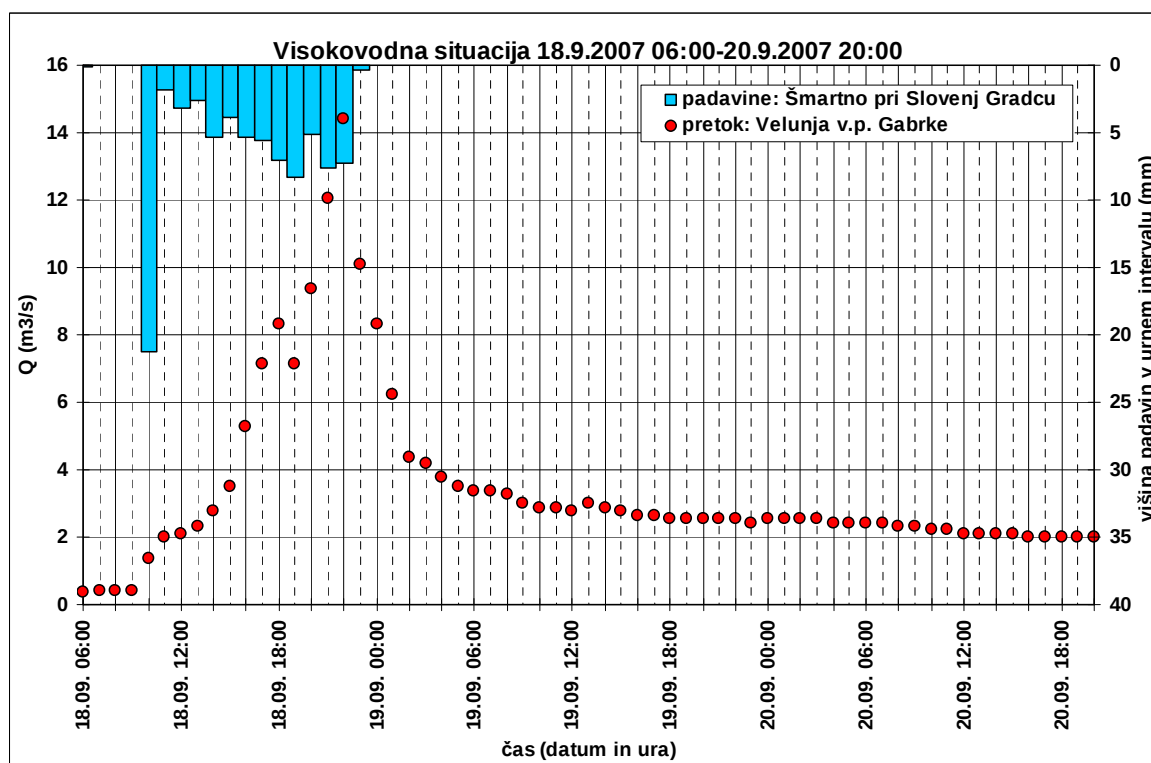
Slika 1: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu



Slika 2: Histogram padavin postaje Celje-Levec



Slika 3: Histogram padavin postaje Celje-Medlog



Slika 4: Zabeležen hidrogram na Velunji v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu

Graf na **sliki 4** prikazuje zabeležen hidrogram na Velunji v.p. Gabrke, ker za Lepeno ni bilo razpoložljivih podatkov.

Koeficient odtoka je razmerje med količino padavin, ki so odtekle in količino padavin, ki so dejansko padle. Vrednost koeficienta odtoka je odvisna od več dejavnikov med drugim tudi od predhodne namočenosti tal in akumuliranih snežnih padavin.

Za visokovodno situacijo septembra 2007 ocenjujemo, da je bil koeficient odtoka na Velunji ca 0,4 do 0,5.

Na podlagi analiz lahko povemo sledeče:

- Padavine so bile kratkotrajne.
- Padavine na Velunji so dosegle povratno dobo ca 5 let, Sopote in Lepene ca 10 let.
- Padavine so padle na suho zemljinu.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok na Velunji ($14,4 \text{ m}^3/\text{s}$) s povratno dobo 2-5 let.



5.2 Padavinska situacija 26.-31.10.2012

V **tabeli 14** so prikazane vrednosti dnevnih padavin izmerjenih ob 7 h v obdobju od 27. do 29. oktobra 2012 na nekaterih padavinskih postajah. Padavine izmerjene 27.10. do 29.10. so povzročile prvi visokovodni val. Nato so za dva dni prenehale. Sledil je drugi val padavin (izmerjenih 1.-3.11.) in povzročil drugi visokovodni val. Sledil je dan brez padavin, ter nato ponovno dvodnevni pojav padavin (5.-6.11.). Med 18.10. in 26.10. ni bilo padavin.

Največja intenziteta padavin je bila 27.10.2012, kar je razvidno iz **tabele 15**.

Dnevne padavine 2012 (mm)								
Padavinska postaja			predhodna namočenost 1.-25.10.	26.10.	27.10.	28.10.	29.10.	skupne padavine 26.-29.10.
268	CELJE (Medlog)	244 m	75,5	0	49,8	60,3	19,7	129,8
271	GOMILSKO	294 m	91,4	0	67,0	76,0	16,4	159,4
272	JERONIM	760 m	109,8	0	78,8	76,4	19,8	175,0
275	RADEGUNDA	789 m	104,8	0	56,5	66,9	17,4	140,8
290	VERNERICA	1105 m	90,5	0	35,6	44,7	22,4	102,7
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	103,9	0	36,9	50,0	20,0	106,9
292	BELE VODE	965 m	123,7	0	52,7	72,0	20,7	145,4
321	SMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	63,8	0	37,3	53,3	11,5	102,1
322	MISLINJA	589 m	71,7	0	41,2	24,8	13,4	79,4

Tabela 14: Dnevne količine padavin oktobra 2012

Maksimalna dnevna padavina 28.10.2012 je na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in Zgornji Razbor dosegla povratno <2 let, Bele vode ca 2 leti in v Celju ca 2 leti. Iz zgoraj povedanega lahko sklepamo, da so imele padavine na porečju Lepene povratno dobo ca 2 leti.

Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
26.10. 15:00	0	0,1	0,0
26.10. 16:00	0	0	0,0
26.10. 17:00	0,1	0	0,1
26.10. 18:00	1,2	3,7	3,1
26.10. 19:00	1,4	2,3	2,2
26.10. 20:00	0,6	3,1	3,0
26.10. 21:00	0,3	3,7	3,5
26.10. 22:00	1,5	1,2	1,3
26.10. 23:00	1,5	1,1	1,0
27.10. 00:00	3,8	1,7	1,4
27.10. 01:00	3,7	6,5	6,0
27.10. 02:00	11,0	11,8	10,5
27.10. 03:00	7,4	9,5	9,4
27.10. 04:00	4,1	2,2	2,3
27.10. 05:00	0,5	0,9	1,1
27.10. 06:00	0,2	1,1	1,1
27.10. 07:00	1,7	2,9	3,0
27.10. 08:00	1,1	0,6	0,8
27.10. 09:00	0,3	0,1	0,0
27.10. 10:00	0,6	0	0,0
27.10. 11:00	1,6	0,1	0,0
27.10. 12:00	1,5	0,2	0,6
27.10. 13:00	3,6	0	0,0



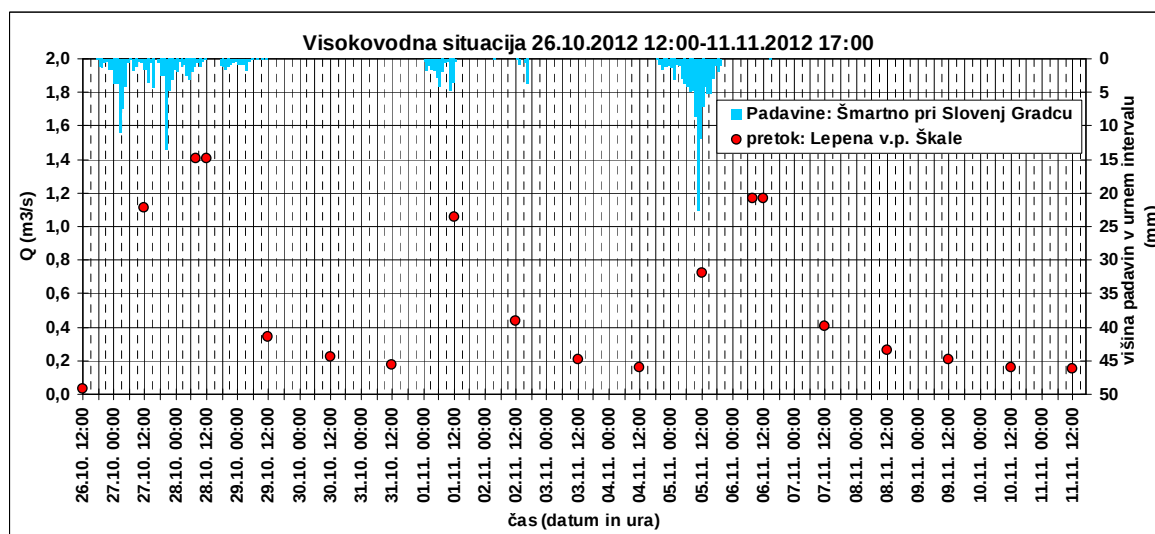
Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
27.10. 14:00	0,5	0,2	0,2
27.10. 15:00	4,4	2,2	2,2
27.10. 16:00	0	0,3	0,5
27.10. 17:00	0,5	2,2	2,2
27.10. 18:00	2,5	0,2	0,6
27.10. 19:00	2,6	0,2	0,1
27.10. 20:00	13,5	0,9	1,0
27.10. 21:00	4,8	6,9	5,0
27.10. 22:00	3,1	13,6	11,8
27.10. 23:00	1,6	6,5	6,7
28.10. 00:00	2	1,7	1,5
28.10. 01:00	0,4	2,0	1,9
28.10. 02:00	1,1	3,7	3,4
28.10. 03:00	0,7	5,0	5,5
28.10. 04:00	2,6	6,4	7,1
28.10. 05:00	3,2	5,4	5,8
28.10. 06:00	2,0	1,0	0,9
28.10. 07:00	1,1	2,4	2,8
28.10. 08:00	0,6	1,3	1,6
28.10. 09:00	1,1	1,3	1,3
28.10. 10:00	0,3	1,6	1,8
28.10. 11:00	0,2	1,4	1,3
28.10. 12:00	0	0,1	0,1
28.10. 13:00	0	0	0,0
28.10. 14:00	0	0	0,0
28.10. 15:00	0	0	0,0
28.10. 16:00	0	0,9	0,8
28.10. 17:00	0,9	3,8	4,0
28.10. 18:00	1,2	3,5	3,4
28.10. 19:00	1,6	0,7	0,7
28.10. 20:00	1,2	0,1	0,1
28.10. 21:00	0,8	0,1	0,1
28.10. 22:00	0,5	0,6	0,5
28.10. 23:00	0,3	1,1	1,1
29.10. 00:00	0,8	1	1,0
29.10. 01:00	0,7	1,4	1,5
29.10. 02:00	0,8	1,1	1,1
29.10. 03:00	1,7	0	0
29.10. 04:00	0,3	0	0
29.10. 05:00	0,2	0	0
29.10. 06:00	0	0	0
29.10. 07:00	0,1	0	0
29.10. 08:00	0	0	0
29.10. 09:00	0,1	0	0
29.10. 10:00	0	0	0
29.10. 11:00	0,2	0	0
skupaj	107,9	133,6	129,74

Tabela 15: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah oktober 2012

Maksimalne padavine glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba										
trajanje (ur)	1	2	3	4	5	6	9	12	15	24
(mm)	13,5	18,4	22,5	26,2	30	31,5	33,9	39,1	43	74,6
p.d. (let)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	>2

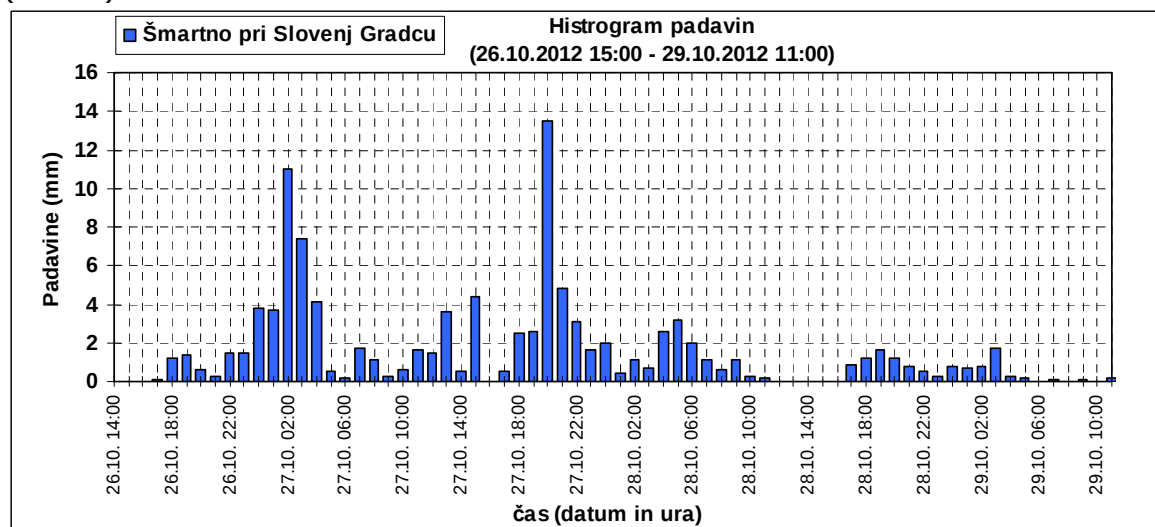
Tabela 16: Maksimalne padavine (oktober 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba

Na spodnjem grafu (*slika 5*) je prikazana razporeditev padavin v obravnavani visokovodni situaciji.

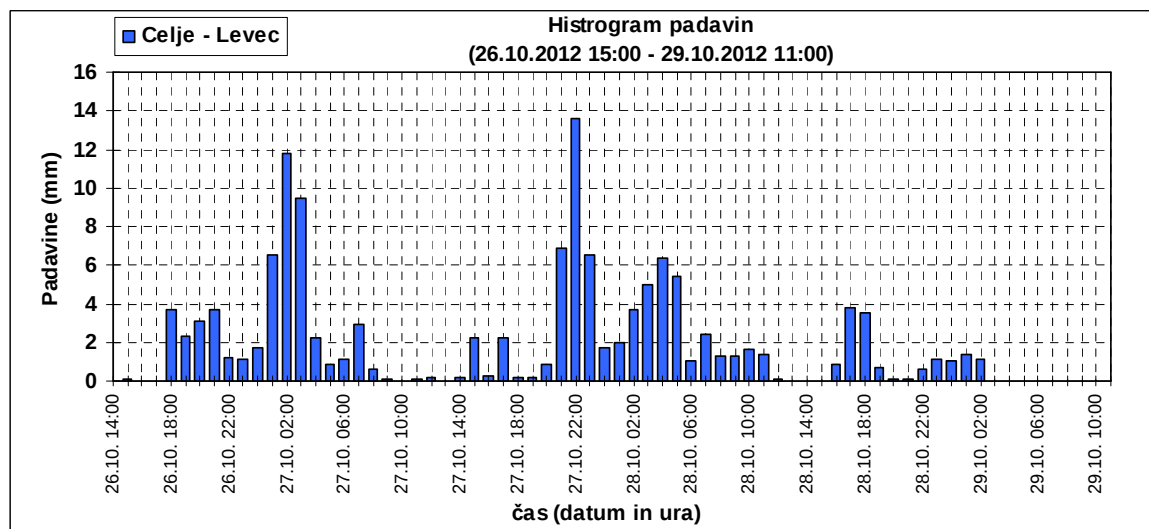


Slika 5: Zabeležen hidrograma na Lepeni v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu (26.10.-11.11.2012)

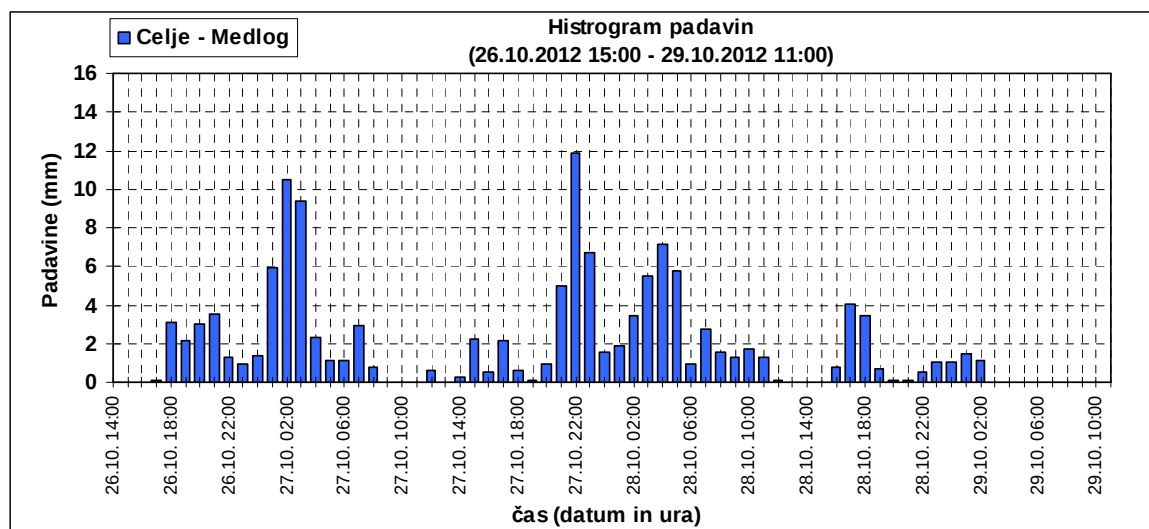
Grafi na **sliki 6 do slike 8** prikazujejo urno razporeditev padavin na bližnjih ombrografskih postajah za prvi val obravnavane visokovodne situacije. Najvišja urna intenziteta padavin je bila na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in Celje-Medlog (14 mm).



Slika 6: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu



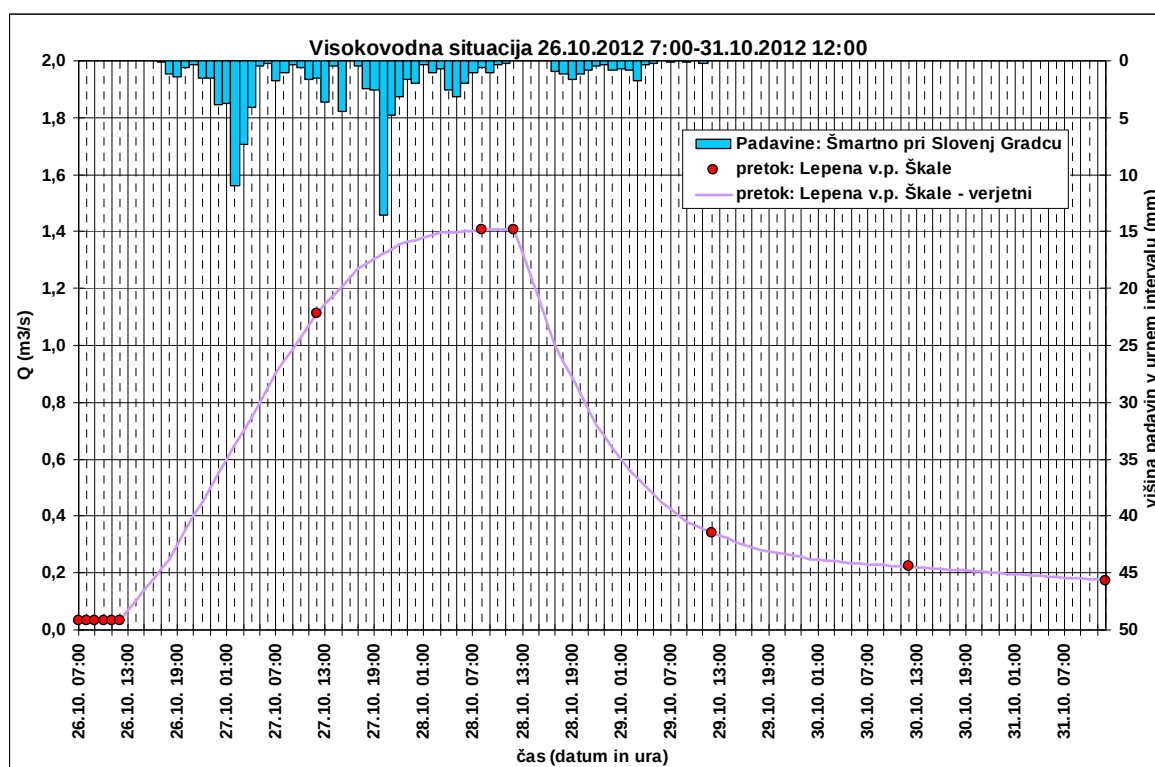
Slika 7: Histogram padavin postaje Celje-Levec



Slika 8: Histogram padavin postaje Celje-Medlog

Koeficient odtoka je razmerje med količino padavin, ki so odtekle in količino padavin, ki so dejansko padle. Vrednost koeficienta odtoka je odvisna od več dejavnikov med drugim tudi od predhodne namočenosti tal in akumuliranih snežnih padavin.

Za visokovodno situacijo oktober 2012 (prvi val s konico $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$) ocenjujemo, da je bil koeficienta odtoka Lepene ca 0,3.



Slika 9: Zabeležen hidrogram Lepena v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("prvi val")

Na podlagi analiz lahko povemo sledeče:

- Padavine niso imele velike intenzitete in predhodne namočenosti ni bilo.
- Vrednosti pretokov so dobljene iz trenutnih opazovanj, možno da maksimalna gladina ni zabeležena.
- Padavine, ki so povzročile maksimalni pretok $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ so dosegle povratno dobo ca 2 leti.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok s povratno dobo manj od 2 let.



5.3 Padavinska situacija 4.-8.11.2012

V **tabeli 17** so prikazane vrednosti dnevnih padavin izmerjenih ob 7 h v obdobju od 26.10. do 7.11.2012 na nekaterih padavinskih postajah. Padavine izmerjene 27.10. do 29.10. so povzročile prvi visokovodni val. Nato so za dva dni prenehale. Sledil je drugi val padavin (izmerjenih 1.-3.11.) in povzročil drugi visokovodni val. Sledil je dan brez padavin, ter nato ponovno dvodnevni pojav padavin (5.-6.11.).

Vrednosti pretokov na Lepeni so dobljene iz trenutnih opazovanj zato je možno, da maksimalna gladina ni zabeležena.

Največja intenziteta padavin v obdobju 4.-8. 11 je bila 5.11.2012, kar je razvidno iz **tabele 18**.

Dnevne padavine 2012 (mm)								
Padavinska postaja			predhodna namočenost 26.10-3.11.	4.11.	5.11.	6.11.	7.11.	skupne padavine 4.-7.11.
268	CELJE (Medlog)	244 m	162,0	0	3,3	31,0	0,3	34,6
271	GOMILSKO	294 m	183,0	0	19,7	33,4	0,3	53,4
272	JERONIM	760 m	212,7	0,3	27,5	78,1	2,6	108,5
275	RADEGUNDA	789 m	182,6	0	26,7	101,2	0	127,9
290	VERNERICA	1105 m	148,2	0	43,1	58,1	0	101,2
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	151,2	0	54,9	70,0	0	124,9
292	BELE VODE	965 m	193,2	0	55,1	85,2	0	140,3
321	ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	131,5	0	26,5	72,9	0	99,4
322	MISLINJA	589 m	111,5	0	8,4	90,4	0	98,8

Tabela 17: Dnevne količine padavin novembra 2012

Maksimalna dnevna padavina 6.11.2012 je na postajah Bele vode in Šmartno pri Slovenj Gradcu dosegla povratno dobo 2-5 let, na Zgornjem Razboru ca 2 leti, na Mislinji 5-10 let in v Celju manj od 2 let.

Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
04.11. 14:00	0	0	0
04.11. 15:00	0	0	0
04.11. 16:00	0	0	0
04.11. 17:00	0	0,2	0,2
04.11. 18:00	0,2	0,5	0,5
04.11. 19:00	0,7	0,4	0,3
04.11. 20:00	1,5	0	0
04.11. 21:00	1,2	0	0
04.11. 22:00	1,2	0,1	0
04.11. 23:00	1,0	0,1	0,1
05.11. 00:00	1,4	0	0
05.11. 01:00	3,1	0	0
05.11. 02:00	0,7	0	0
05.11. 03:00	0,9	0	0
05.11. 04:00	2,9	0	0
05.11. 05:00	3,8	0,1	0,1
05.11. 06:00	4,2	0,9	0,8
05.11. 07:00	4,9	1,2	1,6
05.11. 08:00	4,7	0,8	1,1
05.11. 09:00	8,5	0,3	0,4
05.11. 10:00	22,7	0	0
05.11. 11:00	12,0	0,1	0



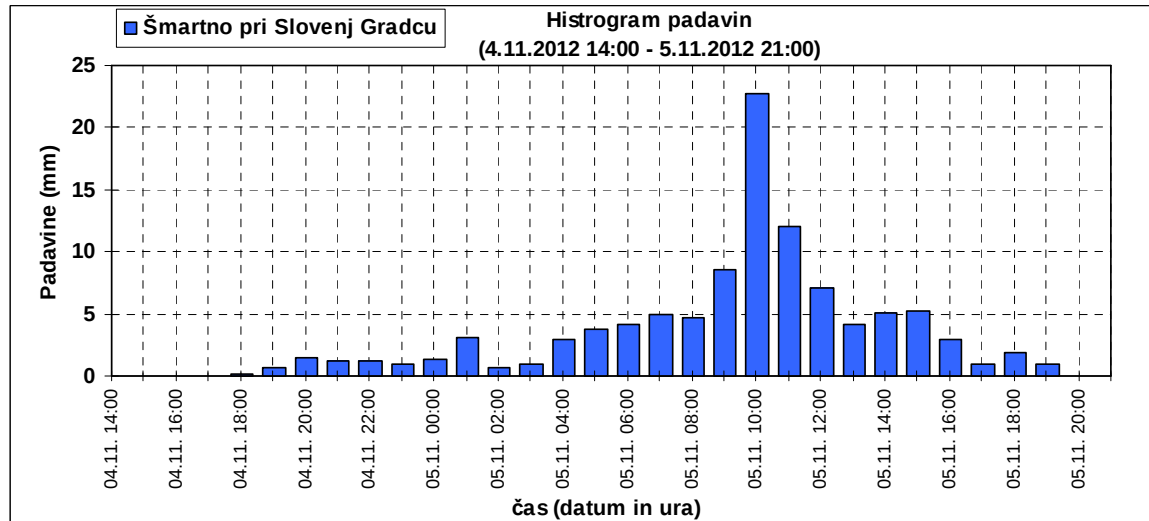
Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
05.11. 12:00	7,1	6,4	8,7
05.11. 13:00	4,1	0,8	2,1
05.11. 14:00	5,1	7,5	6,6
05.11. 15:00	5,2	3,2	2,2
05.11. 16:00	2,9	4,3	4,1
05.11. 17:00	0,9	2,9	3,2
05.11. 18:00	1,9	1,1	1,1
05.11. 19:00	0,9	0,8	0,9
05.11. 20:00	0	0,2	0,1
05.11. 21:00	0	0,6	0,7
skupaj	103,7	32,5	34,7

Tabela 18: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah november 2012

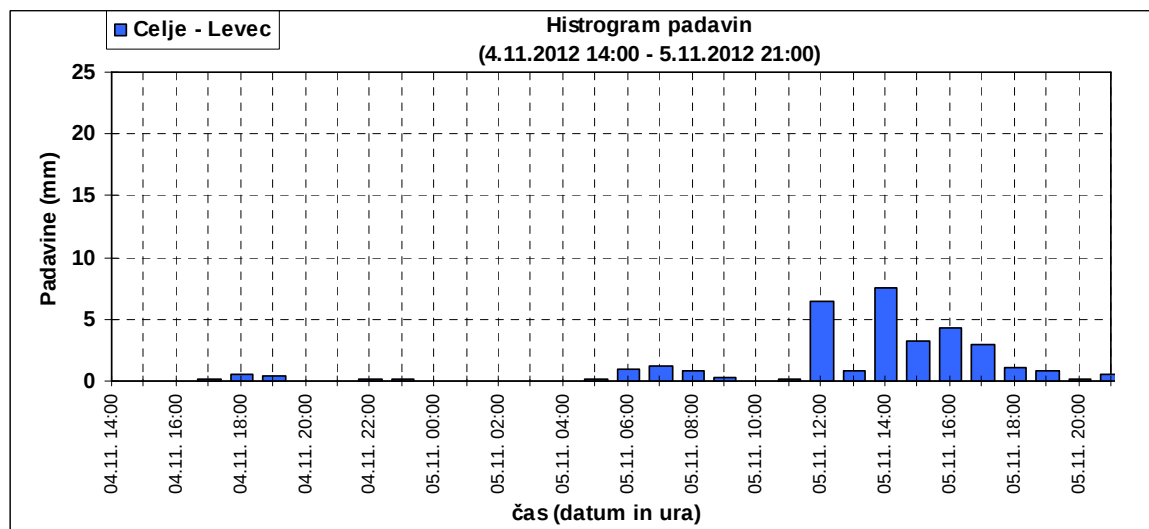
Maksimalne padavine glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba										
trajanje (ur)	1	2	3	4	5	6	9	12	15	24
(mm)	22,7	34,7	43,2	50,3	55	59,9	74,3	85,2	90,9	102,8
p.d. (let)	ca 2	>2	ca 5	2-5	ca 10	10	20	20	>20	>10

Tabela 19: Maksimalne padavine (november 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba

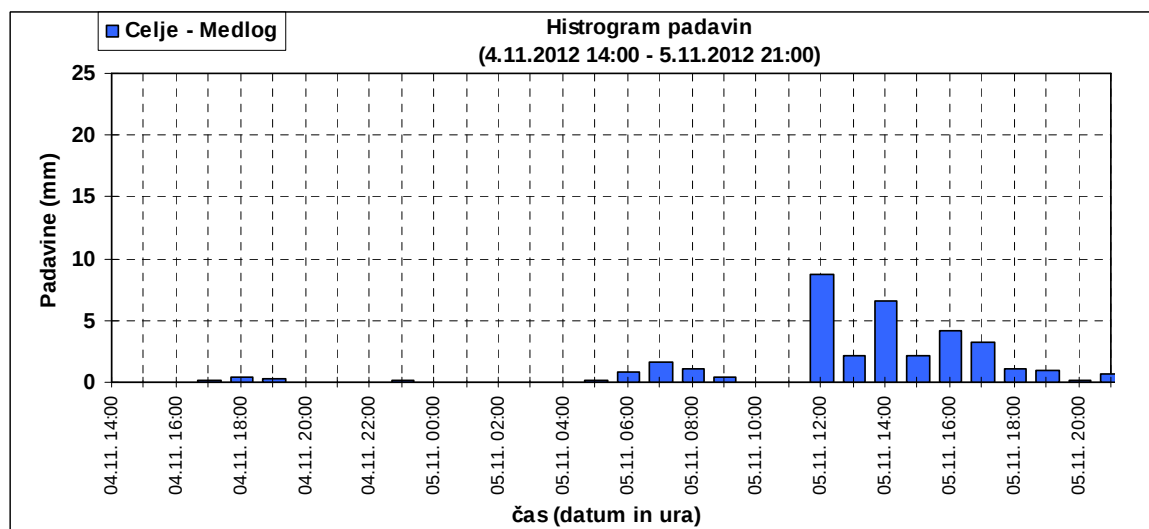
Grafi na **sliki 10 do slike 12** prikazujejo urno razporeditev padavin na bližnjih ombrografskih postajah za tretji val obravnavane visokovodne situacije. Najvišja urna intenziteta padavin je bila na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu (22,7 mm).



Slika 10: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu



Slika 11: Histogram padavin postaje Celje-Levec



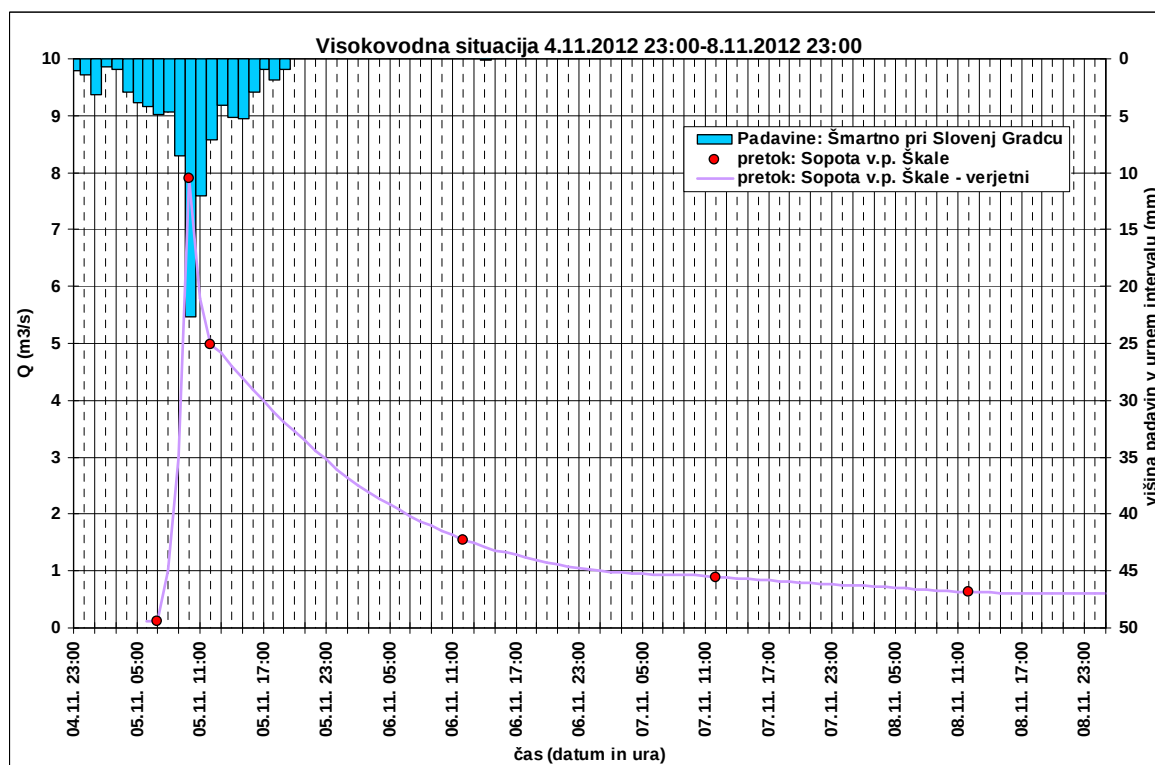
Slika 12: Histogram padavin postaje Celje-Medlog

Koeficient odtoka je razmerje med količino padavin, ki so odtekle in količino padavin, ki so dejansko padle. Vrednost koeficienta odtoka je odvisna od več dejavnikov med drugim tudi od predhodne namočenosti tal in akumuliranih snežnih padavin.

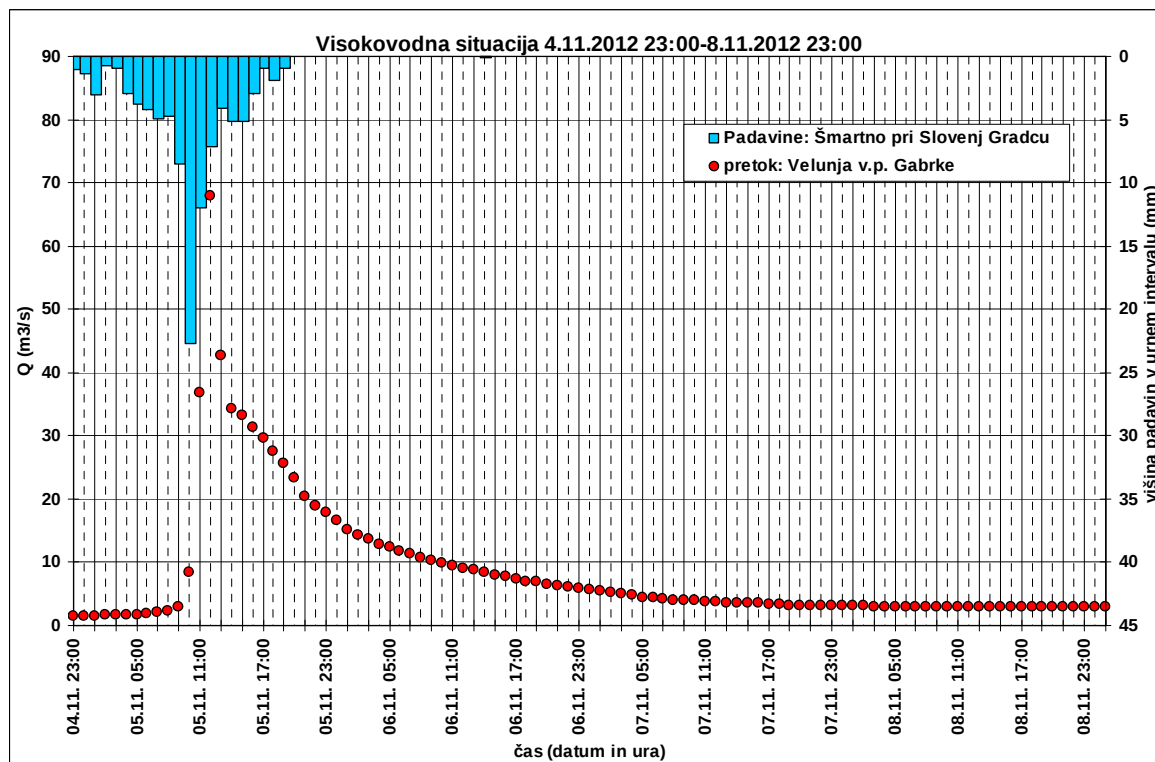
Za visokovodno situacijo november 2012 (tretji val s konico 7,9 m³/s) ocenjujemo, da je bil koeficienta odtoka Sopote 0,7-0,8.

Za visokovodno situacijo november 2012 (tretji val s konico 67,9 m³/s) ocenjujemo, da je bil koeficienta odtoka Velunje 0,75-0,85.

Menimo, da je vzrok za večji koeficient odtoka predvsem v daljšem trajanju padavin.



Slika 13: Zabeležen hidrogram Sopot v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")



Slika 14: Zabeležen hidrogram Velunja v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")



Na podlagi analiz lahko povemo sledeče:

- Padavine so bile dolgotrajne, v treh delih.
- Intenzivnost padavin (3 val) se je zmanjševala iz zahoda proti vzhodu, kar je razvidno tudi iz doseženih maksimalnih pretokov, kjer sta Velunja in Sopota dosegla maksimalni konici v "tretjem valu" Lepena pa v "prvem valu".
- Padavine, ki so povzročile maksimalni pretok na Sopoti $7,9 \text{ m}^3/\text{s}$ so dosegle povratno dobo 2-5 let.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok s povratno dobo ca 20 let.
- Padavine, ki so povzročile maksimalni pretok na Velunji $67,9 \text{ m}^3/\text{s}$ so dosegle povratno dobo <5 let.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok s povratno dobo ca 20-50 let.



6.0 VISOKE VODE

6.1 Visoke vode

Za določitev vrednosti visokih vod v posameznih hidroloških prerezih je bil uporabljen hidrološki model HEC-HMS 3.5.

Za izdelavo hidrološkega modela so bile uporabljene vrednosti padavin različnega trajanja, hidrografske karakteristike (površina in nagnjenost vodozbirnega zaledja, ter dolžina vodotoka), izbrane krivulje CN v katerem je upoštevana tudi karakteristika tal, ter pokrovnost tal. Predpostavljene so bile enakomerno porazdeljene padavine do posameznih obravnavanih prerezov.

V pregledni situaciji obravnavanega območja v merilu M 1:25.000 (*priloga H-1*) so prikazane lokacije hidroloških prerezov v katerih so bile določene visoke vode s povratno dobo 10, 100 in 500 let. Vrednosti visokih vod v posameznih hidroloških prerezih so prikazane v spodnji **tabeli 20**.

V *prilogah H-25 do H-45* so za izbrane hidrološke prereze (v **tabeli 20** označeni z *) prikazani visokovodni valovi s povratno dobo 10, 100 in 500 let. V prilogah so prikazani tudi komplementarni valovi za podporečja, ki so potrebni za hidravlični model.

oznaka prereza	ime prereza	F (km ²)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)	
01x	Lepena do levega pritoka (Škalske Cirkovce)	1,1	1,26	3,0	4,6	
01y	Lepena pod levim pritokom (Škalske Cirkovce)	3,4	3,8	9,0	14	
02x	Lepena do profila	3,6	4,0	9,3	14	
03x	Lepena do levega pritoka (Hrastovec)	4,6	4,7	11	18	
03y	Lepena pod levim pritokom (Hrastovec)	5,8	5,9	14	22	*
04x	Lepena do desnega pritoka (Špehove Toplice)	5,9	6,0	14	23	*
04y	Lepena v.p. Škale	7,1	7,1	17	27	*
05x	Lepena do potoka s Turna	7,5	7,4	18	28	*
05y	Lepena pod potokom s Turna	8,3	8,1	20	31	*
01z	levi pritok do Lepene (Škalske Cirkovce)	2,3	2,5	6,0	9,4	
03z	levi pritok do Lepene (Hrastovec)	1,2	1,18	3,0	4,7	
04z	desni pritok do Lepene (Špehove Toplice)	1,2	1,14	2,8	4,5	*
05z	potok s Turna	0,8	0,72	1,8	2,8	*

Tabela 20: Vrednosti maksimalnih pretokov Lepene in njenih pritokov



7.0 ZAKLJUČEK

Namen študije je določitev »dejanskih« visokih vod Lepene in pritokov s povratno dobo 10, 100 in 500 let za posamezne hidrološke prereze, ki upoštevajo današnjo urejenost vodotokov, in sicer za potrebe izdelave kart razredov poplavne nevarnosti za območja pomembnega vpliva poplav Hrastovec-skladišče razstreliv.

Maksimalne vrednosti pretokov v posameznih hidroloških prerezi bodo t.i. ovojnica vseh dogodkov. Verjetnost, da nastopijo te vrednosti na različnih delih vodotokov istočasno, je manjša kot 10% v primeru 10-letnih vod, manjša kot 1% v primeru 100-letnih vod ter manjša kot 0,2% v primeru 500-letnih vod.

S simulacijo visokih vod dobimo rezultat, ki naj bi napovedal visoke vode v prihodnosti. Nobenega zagotovila pa nimamo, da bo klima ostala ista, da umetni posegi na vodotokih in v zaledju ne bodo vplivali na formiranje višjih visokih vod, da makro posegi v okolje ne spreminjajo padavinskih pojavov itd. Zato je veljavnost vrednosti visokih vod predvidena le za neko obdobje in jih je potrebno občasno preverjati.

Poročilo sestavila:

Darko Anzeljc, univ.dipl.inž.grad.

Katja Sovre, univ.dipl.inž.vod. in kom. inž.



8.0 VIRI

ARSO MKO, 2012. Podatki o padavinah in pretokih (Spletni arhiv podatkov).

<http://www.arso.gov.si/vreme/>, <http://www.arso.gov.si/vode/podatki/>

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, Pokrovnost tal CORINE Land Cover Slovenija (2006).

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, TTN 5 (M 1:5000) in TTN 10 (M 1:10000). Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, DTK 25 (M 1:25000). Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, DPK 250 (M 1:250000). Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

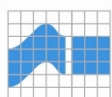
Ocena hidravlične prevodnosti tal v Sloveniji za pedokartografske enote merila 1:250 000. 2009. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 14 str.

Atlas okolja. Hidrogeološka karta 1:250.000

Podatke, ki niso dostopni na spletnih straneh, smo za obravnavo padavinskih situacij (padavine in pretoki) pridobili od ARSO



9.0 PRILOGE



INŠTITUT
ZA VODE
REPUBLIKE
SLOVENIJE

Institute
for Water of
the Republic
of Slovenia

*Voda za življenje, znanje za vode.
Water for Life, Knowledge for Water.*

Program dela IzVRS za leto 2013

I/2 Priprava in zagotovitev strokovnih podlag za izvajanje poplavne direktive (2007/60/ES)

I/2/1 Izdelava kart poplavne nevarnosti in kart razredov poplavne nevarnosti za 7 območij pomembnega vpliva poplav v RS

Naslov naloge:

Hidrološka študija visokih vod na porečju Lepene - za OPVP 60–Hrastovec–skladišče razstreliv

Vodja naloge:

Darko Anzeljc, univ.dipl.inž.grad.

LJUBLJANA, MAREC 2014

PROGRAM: Program dela IzVRS za leto 2013

I/2 Priprava in zagotovitev strokovnih
podlag za izvajanje poplavne direktive
(2007/60/ES)

I/2/1 Izdelava kart poplavne nevarnosti in kart
razredov poplavne nevarnosti za 7 območij
pomembnega vpliva poplav v RS

NASLOV NALOGE: **Hidrološka študija visokih vod na porečju
Lepene - za OPVP 60–Hrastovec–skladišče
razstreliv**

ŠIFRA NALOGE:

NAROČNIK: REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO IN OKOLJE

IZVAJALEC: INŠTITUT ZA VODE REPUBLIKE SLOVENIJE
Hajdrihova 28c
1000, Ljubljana

AVTOR(JI): Darko Anzeljc, univ.dipl.inž.grad.
Katja Sovre, univ.dipl.inž.vod. in kom.inž.

SODELAVCI:

KRAJ IN DATUM: LJUBLJANA, marec 2014



VSEBINA

KAZALO TABEL	II
KAZALO SLIK.....	II
KAZALO PRILOG	III
1.0 UVOD.....	1
2.0 HIDROLOŠKA SLIKA POREČJA	2
2.1 Hidrografske značilnosti porečja.....	2
2.2 Hidravlična prevodnost in pokrovnost tal.....	4
3.0 METEOROLOŠKI PODATKI.....	5
3.1 Padavinske postaje	5
3.2 Maksimalne dnevne padavine	5
3.3 Analiza nalivov	6
3.4 Padavine uporabljene v hidrološkem modelu	6
4.0 HIDROLOŠKI PODATKI	8
5.0 PADAVINSKE SITUACIJE.....	9
5.1 Padavinska situacija 18.-19.9.2007.....	10
5.2 Padavinska situacija 26.-31.10.2012.....	14
5.3 Padavinska situacija 4.-8.11.2012	19
6.0 VISOKE VODE	24
6.1 Visoke vode	24
7.0 ZAKLJUČEK.....	25
8.0 VIRI.....	26
9.0 PRILOGE.....	27



KAZALO TABEL

Tabela 1: Hidrografske značilnosti podporečij	3
Tabela 2: Dolžina glavnega vodotoka na odseku med vozliščema in povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema	3
Tabela 3: Hidrografske značilnosti prispevnega zaledja do posameznega hidrološkega prereza	3
Tabela 4: Pokrovnost tal za območje porečja Lepene in Sopote	4
Tabela 5: Hidravlična prevodnost tal porečja Lepene in Sopote	4
Tabela 6: Seznam obravnavanih padavinskih postaj	5
Tabela 7: Maksimalne in povprečne višine maksimalnih dnevnih padavin na posamezni padavinski postaji ter višina maksimalnih dnevnih padavin s 100-letno povratno dobo	6
Tabela 8: Vrednosti padavin s povratno dobo 500, 100 in 10 let, ki so bile uporabljene v hidrološkem modelu	7
Tabela 9: Rezultati verjetnostne analize maksimalnih pretokov (Log Pearson III) za posamezno vodomersko postajo	8
Tabela 10: Maksimalne vrednosti valov in čas meritve na Velunji, Sopoti in Lepeni	9
Tabela 11: Dnevne količine padavin septembra 2007	10
Tabela 12: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah september 2007	11
Tabela 13: Maksimalne padavine (september 2007) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba	11
Tabela 14: Dnevne količine padavin oktobra 2012	14
Tabela 15: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah oktober 2012	15
Tabela 16: Maksimalne padavine (oktober 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba	15
Tabela 17: Dnevne količine padavin novembra 2012	19
Tabela 18: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah november 2012	20
Tabela 19: Maksimalne padavine (november 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba	20
Tabela 20: Vrednosti maksimalnih pretokov Lepene in njenih pritokov	24

KAZALO SLIK

Slika 1: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	12
Slika 2: Histogram padavin postaje Celje-Levec	12
Slika 3: Histogram padavin postaje Celje-Medlog	12
Slika 4: Zabeležen hidrogram na Velunji v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	13
Slika 5: Zabeležen hidrograma na Lepeni v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu (26.10.-11.11.2012)	16
Slika 6: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	16
Slika 7: Histogram padavin postaje Celje-Levec	17
Slika 8: Histogram padavin postaje Celje-Medlog	17
Slika 9: Zabeležen hidrogram Lepena v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("prvi val")	18
Slika 10: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu	20
Slika 11: Histogram padavin postaje Celje-Levec	21
Slika 12: Histogram padavin postaje Celje-Medlog	21
Slika 13: Zabeležen hidrogram Sopota v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")	22
Slika 14: Zabeležen hidrogram Velunja v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")	22



KAZALO PRILOG

DVD	priložen je digitalni medij na katerem so zapisane vsebine: pričujoče poročilo s prilogami, hidrološki modeli in visokovodni valovi
H-1	Pregledna situacija obravnavanih hidroloških prereзов ter podporečij Lepene v M 1 : 25.000
H-2	Situacija merilnih postaj M 1 : 100.000
H-3	Padavinske situacije M 1 : 100.000
H-4 in H-7	Podatki o maksimalnih dnevnih padavin v letu za vse obravnavane padavinske postaje
H-8 in H-10	Vrednosti rezultatov verjetnostne analize maksimalnih dnevnih padavin v letu za vse obravnavane padavinske postaje
H-11 do H-13	Podatki in analiza nalivov za padavinsko postajo Čelje
H-14 do H-16	Podatki in analiza nalivov za padavinsko postajo Šmartno pri Slovenj Gradcu
H-17	Celotna korektura povprečnih padavin
H-18 do H-24	Rezultati verjetnostne analize pretokov ter grafični prikaz rezultatov za obravnavane vodomerske postaje
H-25 do H-31	Visokovodni valovi s povratno dobo 10 let različnega trajanja padavin za izbrane hidrološke prereze
H-32 do H-38	Visokovodni valovi s povratno dobo 100 let različnega trajanja padavin za izbrane hidrološke prereze
H-39 do H-45	Visokovodni valovi s povratno dobo 500 let različnega trajanja padavin za izbrane hidrološke prereze



1.0 UVOD

Za porečje Lepene do iztoka v Velenjsko jezero je bila izdelana hidrološka študija visokih voda z določitvijo maksimalnih pretokov in visokovodnih valov s povratno dobo 10, 100 in 500 let v nekaterih ključnih prerezih Lepene in njenih pritokih in sicer kot vhodni podatek za izdelavo hidravličnega modela na območju pomembnega vpliva poplav (OPVP) 60–Hrastovec–skladišče razstreliv.

Za ustreznejšo obravnavo (primerjavo) je bil izveden tudi hidrološki model Sopote (Lubele) do lokacije vodomerne postaje. Rezultati niso prikazani. Model je podan v prilogah.

Za potrebe obdelave so bili pridobljeni in analizirani meteorološki in hidrološki podatki Agencije RS za okolje (v nadaljevanju ARSO). Analiza padavin (maksimalne dnevne padavine, maksimalne padavine z različnim trajanjem 5 minut do 24 ur) je obravnavala 16 padavinskih postaj od tega sta dve postaji opremljeni z ombrografom.

Opređeljeno je prispevno območje Lepene in Sopote, ter njenih pritokov do iztoka iz Velenjskega jezera, določena so bila posamezna prispevna območja. Razvodnice prispevnih območij posameznih podporečij so bile določene na podlagi obstoječih digitalnih razvodnic ARSO (dobljenih na podlagi kart M 1:25.000). Za ostale hidrološke prereze smo orografske razvodnice določili s pomočjo digitalnega kartografskega gradiva TTN5 in DTK25. (GURS). Pokrovnost tal je bila določena s pomočjo podatkovnega sloja Corine Land Cover za Slovenijo. Odtočni potencial zemljine je bil ocenjen na podlagi rezultatov študije "Ocena hidravlične prevodnosti tal v Sloveniji za pedokartografske enote merila 1:250.000" (Biotehniška fakulteta UL, 2009). Glede na pokrovnost tal in odtočni potencial je bil določen izhodiščni parameter CN (številka krivulje) za določitev padavinskih izgub po SCS metodi.

Za posamezna prispevna območja je bil izdelan hidrološki model površinskega odtoka z različico programa HEC–HMS 3.5. Visokovodni valovi so bili izvrednoteni z metodo sintetičnega enotnega hidrograma po metodi SCS. Za modeliranje transformacije visokovodnega vala je bila uporabljena metoda Muskingum–Cunge. V meteorološkem modelu hidrološkega modela HEC–HMS, je bila za način podajanja padavin izbrana metoda uporabniško določenega histograma padavin.

Na osnovi verjetnostne analize padavin in izdelanega hidrološkega modela so bili izračunani maksimalni odtoki v odvisnosti od padavin s povratno dobo 10, 100 in 500 let.

V študiji so obravnavane sledeče vsebine:

- opis hidrografske, topografske in drugih značilnosti porečja,
- analiza meteoroloških in hidroloških podatkov,
- izračun maksimalnih pretokov in visokovodnih valov s povratno dobo 10, 100 in 500 let v izbranih hidroloških prerezih za različno trajanje padavin.



2.0 HIDROLOŠKA SLIKA POREČJA

Velenjsko jezero in Škalsko jezero sta umetni ugrezninski jezери, nastali kot posledica pogrezanja površine zaradi premogovništva. Velenjsko jezero napajata dva potoka, Sopota in Lepena preko Škalskega jezera, ki se potem preko Velenjskega jezera izteka v Pako. Prispevna površina Lepene do Škalskega jezera znaša dobrih 8 km². Prispevna površina Lepene, kakor tudi Sopote, do vodomerne postaje z enakim imenom Škale je nekoliko več, oziroma nekoliko manj od 7 km². Na postajah so na voljo podatki o pretokih od leta 1979 dalje. Potok Lepena izvira izpod Pivnikovega vrha in teče skozi Hrastovec. Lepeni se pred vtokom v jezero priključijo še trije manjši pritoki.

2.1 Hidrografske značilnosti porečja

Hidrografske značilnosti porečja so predstavljene s površino, povprečnim padcem terena ter dolžino in povprečnim padcem vodotoka za posamezno prispevno površino. Hidrografske značilnosti predstavljamo z naslednjimi parametri:

F..... skupna površina vodozbirnega zaledja do hidrološkega prereza (km²)

OLS..... povprečni padec terena do prereza vodotoka (%)

L..... hidravlična dolžina vodotoka do iztočnega prereza (km)

I..... povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema (%)

L_p..... dolžina glavnega vodotoka na odseku med vozliščema (km)

Površina porečja predstavlja površino, ki jo obdaja orografska razvodnica do hidrološkega profila. Povprečni padec terena je padec terena, merjen pravokotno na vodotok, medtem ko povprečni padec vodotoka predstavlja padec premice, ki veže začetek in konec odseka vodotoka tako, da je površina trikotnika, ki ga tvorita premica in horizontala enaka površini med vzdolžnim prerezom in horizontalo. Hidravlična dolžina vodotoka je najdaljša dolžina vodotoka in/ali grabna kjer je razvidno da se lahko tvori površinski tok.

Velikost posameznega prispevnega območja je bila določena s pomočjo podatkov o razvodnicah za raven merila 1:25.000 (ARSO), razvodnic ki smo jih določili na skanogramih državne topografske karte v merilu 1:25.000 in temeljnih topografskih načrtov v merilu 1:5.000 (GURS). Vrednosti padca terena, padca vodotoka in ostalih parametrov hidrografskih značilnosti so bile določene s pomočjo podatkov digitalnega modela višin DMV12,5 in modela reliefa mrežne ločljivosti 5 m, vektorizirane državne topografske karte DTK5 in temeljnih topografskih načrtov TTN5 v merilu 1:5.000.

V **tabeli 1** so prikazane hidrografske značilnosti posameznih podporečij. Pomen oznak podporečij in prerezov je razviden iz **priloge H-1**.

oznaka podporečja	vodotok	F (km ²)	OLS (%)	L (km)
L01	Lepena	1,06	28,7	2,34
L02	Lepena	2,32	38,5	2,85
L03	Lepena	0,23	46,3	0,68
L04	Lepena	1,00	49,1	1,67
L05	Lepena	1,19	37,6	1,92
L06	Lepena	0,11	26,3	0,44



oznaka podporečja	vodotok	F (km ²)	OLS (%)	L (km)
L07	Lepena	1,17	30,7	1,96
L08a	Lepena	0,38	20,9	1,33
L08b	Lepena	0,81	22,5	1,89
L09	Lepena	2,10	14,9	2,16
S01	Sopota	4,88	41,1	3,49
S02	Sopota	1,81	25,4	1,86

Tabela 1: Hidrografske značilnosti podporečij

V **tabeli 2** so prikazane dolžine glavnega vodotoka in povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema.

odsek med vozliščema	vodotok	L _p (km)	I (%)
01y-02x	Lepena	0,25	11,6
02x-03x	Lepena	1,54	8,0
03y-04x	Lepena	0,39	3,0
04y-05x	Lepena	0,82	5,4
so1-so2	Sopota	2,19	2,6

Tabela 2: Dolžina glavnega vodotoka na odseku med vozliščema in povprečni padec glavnega vodotoka na odseku med vozliščema

V **tabeli 3** so prikazane hidrografske značilnosti prispevnega območja do posameznega hidrološkega prereza. Prikazane so hidrografske značilnosti: površina do posameznega prereza, naklon terena in dolžina vodotoka do posameznega prereza.

oznaka prereza	ime prereza	F (km ²)	L (km)	OLS (%)
so1	Sopota do profila	4,9	3,49	41,1
so2	Sopota v.p. Škale	6,7	5,67	36,9
01x	Lepena do levega pritoka (Škalske Cirkovce)	1,1	2,34	28,7
01y	Lepena pod levim pritokom (Škalske Cirkovce)	3,4	2,34	35,5
02x	Lepena do profila	3,6	2,59	36,1
03x	Lepena do levega pritoka (Hrastovec)	4,6	4,14	38,9
03y	Lepena pod levim pritokom (Hrastovec)	5,8	4,14	38,7
04x	Lepena do desnega pritoka (Špehove Toplice)	5,9	4,52	38,4
04y	Lepena v.p. Škale	7,1	4,52	37,1
05x	Lepena do potoka s Turna	7,5	5,34	36,3
05y	Lepena pod potokom s Turna	8,3	5,34	34,9
06x	Lepena pod Škalskim jezerom	10,4	6,01	30,9
01z	levi pritok do Lepene (Škalske Cirkovce)	2,3	2,85	38,5
03z	levi pritok do Lepene (Hrastovec)	1,2	1,92	37,6
04z	desni pritok do Lepene (Špehove Toplice)	1,2	1,96	30,7
05z	potok s Turna	0,8	1,89	22,5
so3	Lepena v.p. Pesje I (Velenjsko j.)	20,1	7,6	29,7
so4	Lepena do Pake	20,5	8,3	29,2

Tabela 3: Hidrografske značilnosti prispevnega zaledja do posameznega hidrološkega prereza



2.2 Hidravlična prevodnost in pokrovnost tal

Porečje Lepene do Škalskega jezera je pretežno pokrito z gozdom – 63 %, 19 % je pašnikov, 9 % urbanih površin, 8 % mešanih kmetijskih površin ter 2 % trajnih nasadov. Zelo podobna pokrovnost tal je na porečju Sopote do Velenjskega jezera, 61 % je gozdov, 17 % pašnikov ter 22 % mešanih kmetijskih površin. Deleži celotnega porečja Lepene do iztoka v Pako pa so sledeči: 52 % gozdov, 17 % pašnikov, 11 % mešanih kmetijskih površin, 7 % vod, 6 % urbanih površin, 3 % ozelenjenih površin, po 2 % industrijskih in rudniških površin ter 1 % trajnih nasadov. V **tabeli 4** so prikazani deleži pokrovnosti tal za posamezno podporečja.

oznaka podporečja	Gozdovi (%)	Meš. kmet. pov. (%)	Trajni nasadi (%)	Pašniki (%)	Urbano (%)	Industrijske, trgovinske, transportne pov. (%)	Rudniki (%)	Ozelenjene pov. (%)	Vode (%)
L01	55	28	0	17	0	0	0	0	0
L02	67	10	0	22	0	0	0	0	0
L03	83	17	0	0	0	0	0	0	0
L04	72	0	0	12	17	0	0	0	0
L05	60	0	0	29	11	0	0	0	0
L06	72	0	0	2	25	0	0	0	0
L07	46	5	0	34	15	0	0	0	0
L08a	49	0	14	36	1	0	0	0	0
L08b	49	0	14	36	1	0	0	0	0
S01	74	0	0	25	0	0	0	0	0
S02	47	44	0	9	0	0	0	0	0

Tabela 4: Pokrovnost tal za območje porečja Lepene in Sopote

Hidravlična prevodnost tal porečja Lepene do Škalskega jezera je večinoma srednja - 58 %, 26 % je visoke hidravlične prevodnosti ter 11 % nizke prevodnosti tal. Za preostalih 5 % površin pa hidravlične prevodnosti tal ni bilo mogoče določiti. Hidravlična prevodnost tal na porečju Sopote do Velenjskega jezera je večinoma srednja 82 %, 17 % je visoke prevodnosti, za 1 % površin pa je ni bilo mogoče določiti. Tam kjer je ni mogoče določiti, gre predvsem za urbana območja in rudniške površine.

Hidravlična prevodnost tal za posamezna podporečja je prikazana v spodnji **tabeli 5**.

oznaka podporečja	Nizka (%)	Srednja (%)	Visoka (%)	Ni mogoče določiti (%)
L01	12	76	11	0
L02	9	55	36	0
L03	0	30	70	0
L04	0	47	52	2
L05	10	83	6	1
L06	0	74	0	26
L07	0	62	30	9
L08a	60	40	0	0
L08b	60	40	0	9
S01	0	80	20	0
S02	0	84	14	2

Tabela 5: Hidravlična prevodnost tal porečja Lepene in Sopote



3.0 METEOROLOŠKI PODATKI

3.1 Padavinske postaje

Za obravnavano območje so bili na razpolago podatki padavinskih postaj v upravljanju ARSO. Padavinske postaje, katerih podatki so bili uporabljeni za analizo, se nahajajo v bližnji in širši okolici obravnavanega porečja. Za vse obravnavane postaje so bili na razpolago podatki o maksimalnih dnevni padavinah, podatki o urnih vrednostih padavin pa so zabeleženi le na postajah opremljenih z ombrografom. Taki postaji sta Celje in Šmartno pri Slovenj Gradcu. Za postaji je bila izdelana verjetnostna analiza nalivov. V **tabeli 6** je prikazana številka in ime padavinske postaje, nadmorska višina in lokacija (koordinate) postaje, ter obdobje pridobljenih podatkov. Lokacija obravnavanih padavinskih postaj je razvidna iz situacije v **prilogi H-2**.

	Št. in ime padavinske postaje	v.n.m.	obdobje	koordinata X	koordinata Y
268	CELJE	242 m	1864-2012	517778	121400
270	LOKOVINA PRI DOBRNI	403 m	1961-1990	516678	132125
271	GOMILSKO	294 m	1972-2012	503919	122534
272	JERONIM	760 m	1952-2012	496368	124742
274	MOZIRJE	347 m	1923-2009	497804	132139
275	RADEGUNDA	789 m	1961-2012	495211	135784
290	VERNERICA	1105 m	1961-2012	500384	147785
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	1923-2012	500000	145068
292	BELE VODE	965 m	1923-2012	495581	141643
293	TOPOLŠICA	390 m	1923-1990	501281	139511
294	ŠOŠTANJ	368 m	1961-1982	503846	137661
296	VELENJE	420 m	1924-2010	508975	135813
298	VITANJE	478 m	1923-2001	523072	137703
321	ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	444 m	1951-2012	508908	149509
322	MISLINJA	589 m	1952-2012	516537	145025
323	SLOVENJ GRADEC - GRADIŠČE	786 m	1952-2012	509120	153318

Tabela 6: Seznam obravnavanih padavinskih postaj

Za analizo padavin je bilo izbranih 16 padavinskih postaj, ki se nahajajo v bližnji in širši okolici porečja. Na podlagi razpoložljivih podatkov smo izdelali verjetnostno analizo maksimalnih dnevni padavin in verjetnostno analizo nalivov.

Izbrane so bile tudi štiri padavinske situacije posledica katerih je bilo visokovodno stanje, v letih 1990, 1998, 2007, 2012. Za obravnavane padavinske postaje so bili pridobljene razpoložljive dnevne in urne vrednosti padavin.

Ti podatki in rezultati so analizirani v sklopu analize padavinskih situacij (poglavje 5).

3.2 Maksimalne dnevne padavine

Za analizo smo uporabili podatke o maksimalnih dnevni padavinah v posameznem letu na posamezni padavinski postaji (**priloge H-4 do H-7**). Verjetnostna analiza po Gumbelovi porazdelitvi je bila izdelana za povratne dobe 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 in 500 let. V spodnji **tabeli 7** so prikazane maksimalne in povprečne višine maksimalnih dnevni padavin za celotno obdobje delovanja posamezne postaje, ter višina dnevni padavin s



100 letno povratno dobo. Izdelana je bila analiza maksimalnih dnevnih padavin za različna časovna obdobja. Vrednosti rezultatov verjetnostnih analiz Vrednosti rezultatov verjetnostnih analiz za obdobja 1961-2012, 1964-2012, 1970-2012, 1990-2012 ter 1966-1990 so prikazane v **prilogah H-16 in H-21**.

Št. in ime padavinske postaje	v.n.m.	obdobje	št.pod.	Hmax	Hpov	P100
268 CELJE	244 m	1864-2012	146	131,6	61,8	121
270 LOKOVINA PRI DOBRNI	403 m	1961-1990	30	97,1	63,4	126
271 GOMILSKO	294 m	1972-2012	38	173,1	77,9	190
272 JERONIM	760 m	1952-2012	61	193,5	82,2	184
274 MOZIRJE	347 m	1923-2009	65	151,6	69,3	148
275 RADEGUNDA	789 m	1961-2012	52	122,8	71,6	135
290 VERNERICA	1105 m	1961-2012	33	130,5	71,6	145
291 ZGORNJI RAZBOR	864 m	1923-2012	83	135,7	74,5	143
292 BELE VODE	965 m	1923-2012	76	147,8	78,6	155
293 TOPOLŠICA	390 m	1923-1990	59	133,5	71,0	143
294 ŠOŠTANJ	368 m	1961-1982	22	120,2	62,5	137
296 VELENJE	420 m	1924-2010	79	120,4	64,5	128
298 VITANJE	478 m	1923-2001	60	109,6	60,2	118
321 ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	1951-2012	62	141,2	69,2	137
322 MISLINJA	589 m	1952-2012	61	125,3	70,2	138
323 SLOVENJ GRADEC - GRADIŠČE	800 m	1952-2012	56	172,6	74,2	146

Tabela 7: Maksimalne in povprečne višine maksimalnih dnevnih padavin na posamezni padavinski postaji ter višina maksimalnih dnevnih padavin s 100-letno povratno dobo

3.3 Analiza nalivov

Vhodni podatek za račun pretokov so nalivi z neko povratno dobo. Analiza nalivov je bila izvedena iz razpoložljivih podatkov za postajo Celje (1964-2012) in Šmartno pri Slovenj Gradcu (1970-2012). Izračun je bil izveden po Gumbelovi verjetnostni porazdelitvi. Vrednosti 5 minutnih do 24-urnih višin padavin s povratno dobo 2, 5, 10, 20, 50, 100 ter 500 let so prikazane v **prilogah H-11 do H-16**.

3.4 Padavine uporabljene v hidrološkem modelu

Na podlagi primerjave rezultatov verjetnostne analize dnevnih padavin in 24-urnih nalivov, so bile določene vrednosti padavin s trajanjem 24 ur s povratno dobo 100 let za vse padavinske postaje. Za vsako podporečje so bile določene maksimalne povprečne 24 urne padavine s povratno dobo 100 let, na podlagi metode izohiet. Iz teh vrednosti so bile določene padavine s krajšim trajanjem na podlagi korelacije s postajo Šmartno pri Slovenj Gradcu (1970-2012). Za razmerje med povratnimi dobami, pa je bilo izbrano razmerje, dobljeno z verjetnostno analizo maksimalnih dnevnih padavin postaje Velenje (1924-2010). Padavine so prikazane v **prilogi H-17**.



V spodnji **tabeli 8** so prikazane privzete vrednosti, ki so bile uporabljene v hidrološkem modelu. Vrednosti prikazujejo višino padavin s povratno dobo 500, 100 in 10 let za trajanje naliva od 5 min do 1440 min.

Trajanje padavin (min)	Povratna doba (leta), Padavine (mm)		
	500	100	10
5	20,5	17,0	11,9
10	33,4	27,4	18,7
15	44,3	36,2	24,5
20	52,2	42,6	28,5
30	57,7	47,2	32,0
45	63,8	52,4	35,9
60	68,5	56,5	38,9
90	76,0	62,9	43,8
120	81,9	67,9	47,6
180	91,1	75,9	53,6
240	98,6	82,3	58,4
300	105	87,7	62,5
360	111	92,5	66,0
540	125	105	74,9
720	136	114	82,2
900	147	123	88,5
1080	156	131	94,1
1440	173	145	104

Tabela 8: Vrednosti padavin s povratno dobo 500, 100 in 10 let, ki so bile uporabljene v hidrološkem modelu

Za hidrološki model je bila privzeta predpostavka, da padavina s povratno dobo n povzroči pretok s povratno dobo n . Za izračun so bile uporabljene enakomerno porazdeljene padavine. V meteorološkem modelu hidrološkega modela HEC–HMS, je bila za način podajanja padavin izbrana metoda uporabniško določenega histograma padavin.



4.0 HIDROLOŠKI PODATKI

Iz merjenih maksimalnih pretokov vsakega leta je bila narejena osnovna statistična analiza pretokov. Verjetnostna analiza je bila izdelana po Log – Pearson III porazdelitvi za celotno obdobje delovanja postaje. Podatki o pretokih in rezultati verjetnostne analize ter grafični prikaz rezultatov so prikazani v **prilogi H-18 do H-24**. V **tabeli 9** so prikazani rezultati verjetnostne analize pretokov za povratne dobe 10, 100 in 500 let.

Hidrološke podatke do leta 2011 smo pridobili v spletnem arhivu ARSO, za leto 2012 pa so nam jih posredovali iz sektorja za analize in prognoze površinskih vod (ARSO). Analiza pretokov je bila izvedena po Log Pearson III porazdelitvi. Podatki in rezultati analiz so služili pri vrednotenju rezultatov hidrološkega modela.

Ime vodotoka	F (km ²)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Lepena v.p. Škale (1979-2012)	7,1	5	12	21
Sopota v.p. Škale (1979-2012)	6,72	6	12	16
Lepena v.p. Pesje (združene vse postaje, 1964-1968, 1979-1981, 1983-1984, 1986-1996, 2000-2012)	ca 20	9	30	64
Velunja v.p. Gaberke (1986-2012)	28,85	37	113	221
Velunja v.p. Šoštanj (1956-2012)		20	42	58
Paka v.p. Velenje (1953-1957, 1964-1968, 1978-2012)	63,3	45	149	318
Savinja v.p. Solčava (združeni, 1949-1951, 1953-1958, 1959-2012)	63,7	65	110	144
Savinja v.p. Solčava I (1959-2012)	89,45	68	117	155

Tabela 9: Rezultati verjetnostne analize maksimalnih pretokov (Log Pearson III) za posamezno vodomersko postajo

Izbrane so bile tudi štiri padavinske situacije posledica katerih je bilo visokovodno stanje, v letih 1990, 1998, 2007, 2012. Za obravnavane vodomerske postaje so bili pridobljeni razpoložljivi merjeni hidrogrami odtoka.

Podatki za Lepeno, Sopoto in Velunjo so bili analizirani v sklopu analize padavinskih situacij v naslednjem poglavju.



5.0 PADAVINSKE SITUACIJE

Za boljše razumevanje hidroloških razmer na porečju Lepene smo obdelali 2 padavinski situaciji v preteklem obdobju, katerih posledice so bile visoke vode. Podatke o padavinah in visokovodnih valovih je posredoval ARSO. Padavinske situacije, ki smo jih obravnavali so jesenske padavinske situacije za katere so značilne orografske padavine, ki nastajajo ob gorskih pregradah, ko se zrak ob pobočjih dviga. Te padavine so lahko zelo obilne. Iz analize količine in razporeditve padavin je možno z analizo merjenih pretokov (hidrogramov odtoka) oceniti koeficient odtoka pri določenih hidroloških razmerah.

Oblika visokovodnega vala je odvisna od količine in razporeditve padavin, vlažnosti zemljine, rabe tal, vegetacije, tipa zemljine, lokalnega naklona terena itd. Vsi ti različni dejavniki delujejo istočasno v različnih kombinacijah.

V nadaljevanju sta bili obravnavani dve padavinski situaciji z visokimi pretoki na Velunji (v.p. Gabrke) in eno na Sopotu (v.p. Škale), ter na Lepeni (v.p. Škale):

- 18. in 19. september 2007
- 26. oktober do 10. november 2012

Največje vrednosti visokovodnih valov v m^3/s izmerjenih na Velunji, Sopotu in Lepeni, ter čas meritve so prikazani v **tabeli 10**.

Vodomerna postaja	Qmax (m^3/s)	čas Qmax	Padavinska situacija
Velunja v.p. Gabrke	14,4	18.09.2007 ob 22:19	2007 (iz hidrograma ARSO)
Velunja v.p. Gabrke	67,9	05.11.2012 ob 11:47	2012 (iz hidrograma ARSO)
Sopota v.p. Škale	7,9	05.11.2012 ob 10:00	2012 (iz hidrograma ARSO)
Lepena v.p. Škale	1,4	28.10.2012 ob 08:10	2012 (iz hidrograma ARSO)

Tabela 10: *Maksimalne vrednosti valov in čas meritve na Velunji, Sopotu in Lepeni*



5.1 Padavinska situacija 18.-19.9.2007

Lahko rečemo, da situacija septembra 2007 ni bila tipična za jesenske orografske padavine, saj je zajela izredno ozko območje z izredno intenzivnimi padavinami, kar sta bolj karakteristiki poletnih neviht.

V **tabeli 11** so prikazane vrednosti dnevnih padavin izmerjenih ob 7 h 18. in 19. septembra 2007 na nekaterih padavinskih postajah. Največja intenziteta padavin je bila 18.9.2007, kar je razvidno iz **tabele 12**. V predhodnih 6 dneh ni bilo padavin.

Na podlagi verjetnostne analize nalivov za padavinsko postajo Šmartno pri Slovenj Gradcu lahko povemo, da so imele padavine s trajanjem 12 do 15 ur povratno dobo ca 10 let (**tabela 13**). Maksimalna dnevna padavina 19.9.2007 je na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu dosegla povratno dobo ca 5 let, Bele vode in Zgornji Razbor ca 2 leti, na Mislinji 10-20 let in v Celju ca 20 let. Iz zgoraj povedanega lahko sklepamo, da so imele padavine na porečju Velunje povratno ca 5 let, Sopote in Lepene pa povratno dobo ca 10 let.

Dnevne padavine 2007 (mm)								
Padavinska postaja			predhodna namočenost 1.-17.9.	17.9.	18.9.	19.9.	20.9.	skupne padavine 18.-19.9.
268	CELJE	244 m	49,8	0	2,1	101,9	0	104,0
271	GOMILSKO	294 m	58,4	0	2,3	173,1	0	175,4
272	JERONIM	760 m	61,6	0	1,9	193,5	0	195,4
274	MOZIRJE	347 m	93,4	0	2,0	151,6	0	153,6
275	RADEGUNDA	789 m	104,2	0	3,5	122,8	0	126,3
290	VERNERICA	1105 m	95,1	0	2,4	79,8	0	82,2
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	90,3	0	1,7	72,3	0	74,0
292	BELE VODE	965 m	70,8	0	5,9	79,3	0	85,2
321	ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	88,5	0	0,9	87,3	0	88,2
322	MISLINJA	589 m	104,2	0	2,0	104,3	0	106,3

Tabela 11: Dnevne količine padavin septembra 2007

Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
17.09. 00:00	0	0	0
17.09. 01:00	0	0	0
17.09. 02:00	0	0	0
17.09. 03:00	0	0	0
17.09. 04:00	0	0	0
17.09. 05:00	0	0	0
17.09. 06:00	0	0	0
17.09. 07:00	0	0	0
17.09. 08:00	0	0	0
17.09. 09:00	0	0	0
17.09. 10:00	0	0	0
17.09. 11:00	0	0	0
17.09. 12:00	0	0	0
17.09. 13:00	0	0	0
17.09. 14:00	0	0	0
17.09. 15:00	0,3	0	0
17.09. 16:00	0,6	0	0
17.09. 17:00	0,1	0	0
17.09. 18:00	0	0	0
17.09. 19:00	0	0	0
17.09. 20:00	0	0	0



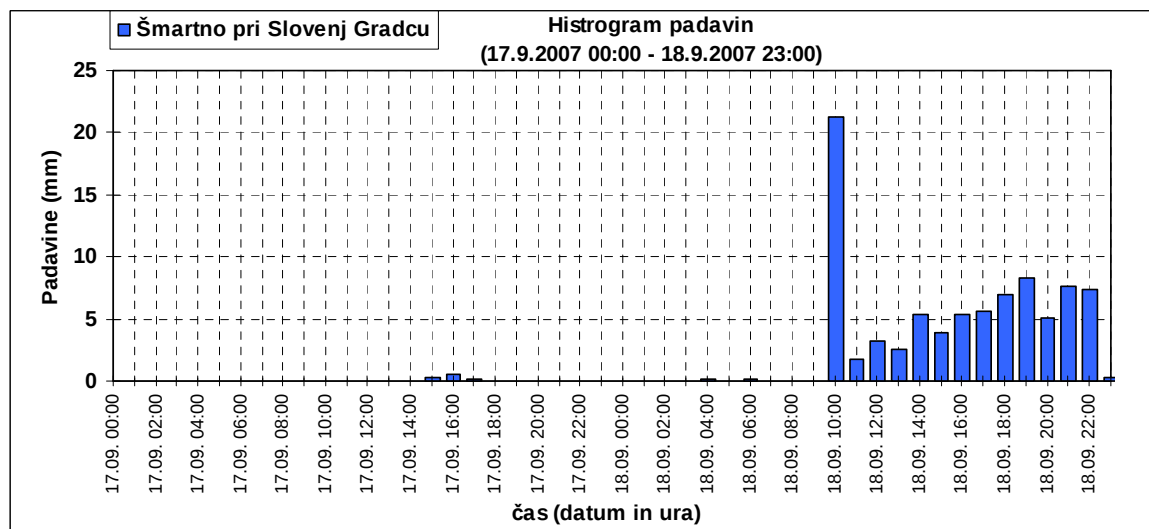
Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
17.09. 21:00	0	0	0
17.09. 22:00	0	0	0
17.09. 23:00	0	0	0
18.09. 00:00	0	0	0
18.09. 01:00	0	0	0
18.09. 02:00	0	0	0
18.09. 03:00	0	0	0
18.09. 04:00	0,1	0	0
18.09. 05:00	0	0	0
18.09. 06:00	0,1	0	0
18.09. 07:00	0	0	0,2
18.09. 08:00	0	0,5	0,4
18.09. 09:00	0	0	0
18.09. 10:00	21,2	0	0
18.09. 11:00	1,8	7,8	6,6
18.09. 12:00	3,2	7,4	5,4
18.09. 13:00	2,6	11,0	6,0
18.09. 14:00	5,3	5,9	4,2
18.09. 15:00	3,9	11,7	7,2
18.09. 16:00	5,3	8,2	5,0
18.09. 17:00	5,6	5,3	4,0
18.09. 18:00	7,0	20,1	21,4
18.09. 19:00	8,3	14,2	16,6
18.09. 20:00	5,1	2,4	2,8
18.09. 21:00	7,6	4,9	4,8
18.09. 22:00	7,3	4,7	4,4
18.09. 23:00	0,3	1,3	1,2
skupaj	85,7	105,4	90,2

Tabela 12: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah september 2007

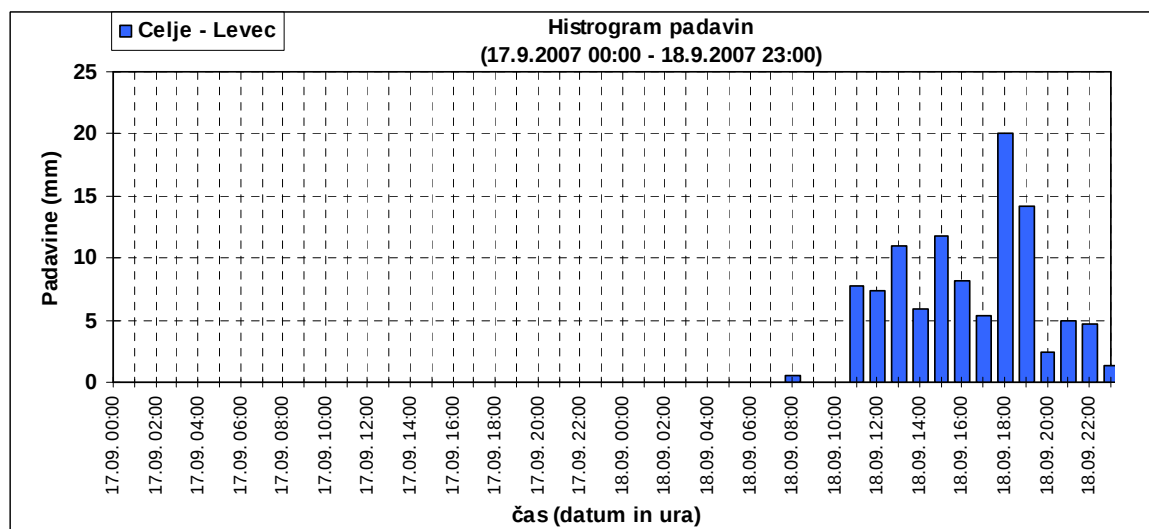
Maksimalne padavine glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba										
trajanje (ur)	1	2	3	4	5	6	9	12	15	24
(mm)	21,2	23	26,2	28,8	35,3	40,9	55,9	76,9	84,5	84,7
p.d. (let)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	>2	10	10	<5

Tabela 13: Maksimalne padavine (september 2007) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba

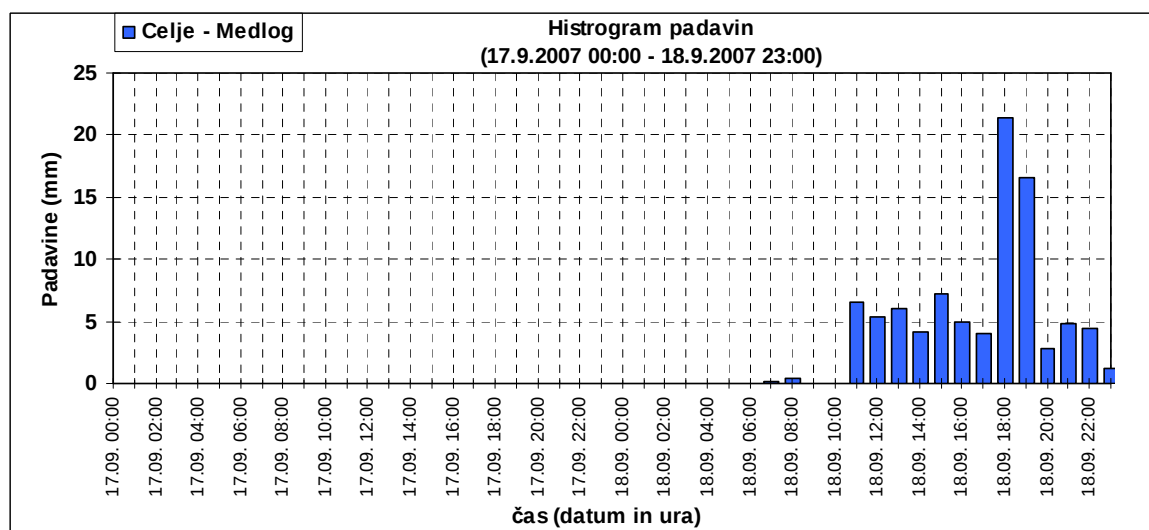
Grafi na **sliki 1 do slike 3** prikazujejo urno razporeditev padavin na bližnjih ombrografskih postajah. Najvišja urna intenziteta padavin je bila na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in Celje-Medlog (21 mm).



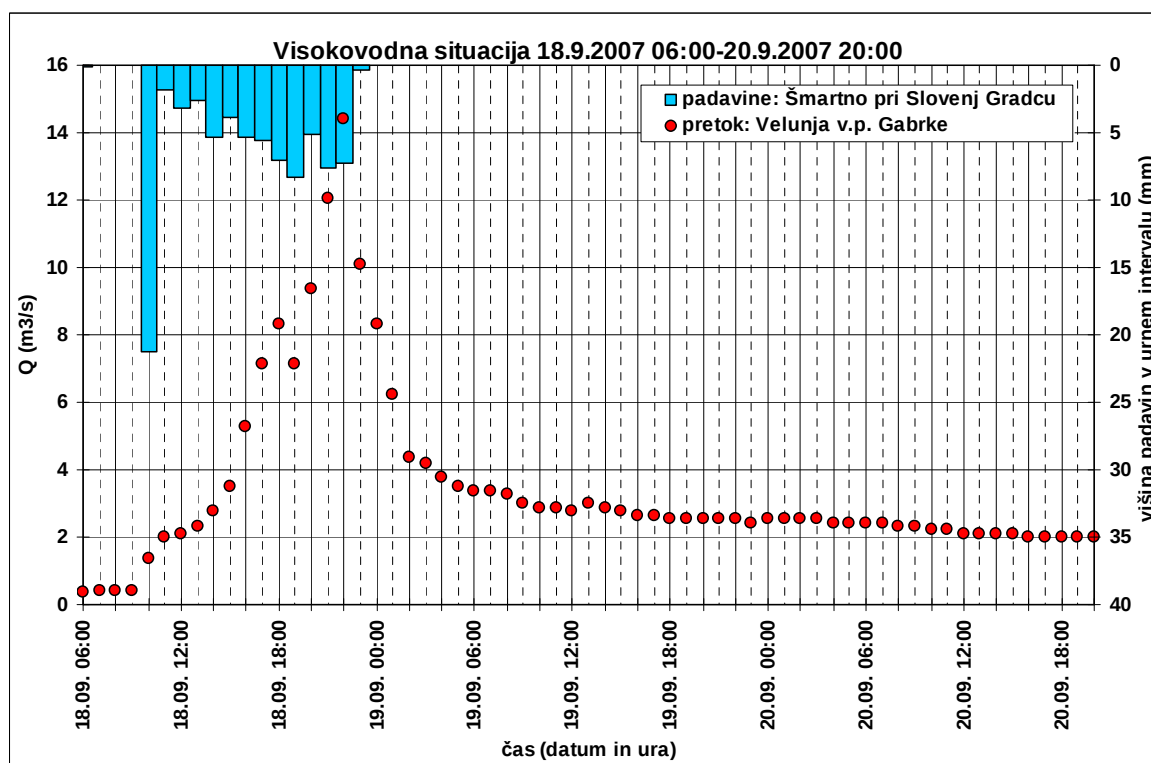
Slika 1: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu



Slika 2: Histogram padavin postaje Celje-Levec



Slika 3: Histogram padavin postaje Celje-Medlog



Slika 4: Zabeležen hidrogram na Velunji v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu

Graf na **sliki 4** prikazuje zabeležen hidrogram na Velunji v.p. Gabrke, ker za Lepeno ni bilo razpoložljivih podatkov.

Koeficient odtoka je razmerje med količino padavin, ki so odtekle in količino padavin, ki so dejansko padle. Vrednost koeficienta odtoka je odvisna od več dejavnikov med drugim tudi od predhodne namočenosti tal in akumuliranih snežnih padavin.

Za visokovodno situacijo septembra 2007 ocenjujemo, da je bil koeficient odtoka na Velunji ca 0,4 do 0,5.

Na podlagi analiz lahko povemo sledeče:

- Padavine so bile kratkotrajne.
- Padavine na Velunji so dosegle povratno dobo ca 5 let, Sopote in Lepene ca 10 let.
- Padavine so padle na suho zemljinu.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok na Velunji ($14,4 \text{ m}^3/\text{s}$) s povratno dobo 2-5 let.



5.2 Padavinska situacija 26.-31.10.2012

V **tabeli 14** so prikazane vrednosti dnevnih padavin izmerjenih ob 7 h v obdobju od 27. do 29. oktobra 2012 na nekaterih padavinskih postajah. Padavine izmerjene 27.10. do 29.10. so povzročile prvi visokovodni val. Nato so za dva dni prenehale. Sledil je drugi val padavin (izmerjenih 1.-3.11.) in povzročil drugi visokovodni val. Sledil je dan brez padavin, ter nato ponovno dvodnevni pojav padavin (5.-6.11.). Med 18.10. in 26.10. ni bilo padavin.

Največja intenziteta padavin je bila 27.10.2012, kar je razvidno iz **tabele 15**.

Dnevne padavine 2012 (mm)								
Padavinska postaja			predhodna namočenost 1.-25.10.	26.10.	27.10.	28.10.	29.10.	skupne padavine 26.-29.10.
268	CELJE (Medlog)	244 m	75,5	0	49,8	60,3	19,7	129,8
271	GOMILSKO	294 m	91,4	0	67,0	76,0	16,4	159,4
272	JERONIM	760 m	109,8	0	78,8	76,4	19,8	175,0
275	RADEGUNDA	789 m	104,8	0	56,5	66,9	17,4	140,8
290	VERNERICA	1105 m	90,5	0	35,6	44,7	22,4	102,7
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	103,9	0	36,9	50,0	20,0	106,9
292	BELE VODE	965 m	123,7	0	52,7	72,0	20,7	145,4
321	SMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	63,8	0	37,3	53,3	11,5	102,1
322	MISLINJA	589 m	71,7	0	41,2	24,8	13,4	79,4

Tabela 14: Dnevne količine padavin oktobra 2012

Maksimalna dnevna padavina 28.10.2012 je na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in Zgornji Razbor dosegla povratno <2 let, Bele vode ca 2 leti in v Celju ca 2 leti. Iz zgoraj povedanega lahko sklepamo, da so imele padavine na porečju Lepene povratno dobo ca 2 leti.

Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
26.10. 15:00	0	0,1	0,0
26.10. 16:00	0	0	0,0
26.10. 17:00	0,1	0	0,1
26.10. 18:00	1,2	3,7	3,1
26.10. 19:00	1,4	2,3	2,2
26.10. 20:00	0,6	3,1	3,0
26.10. 21:00	0,3	3,7	3,5
26.10. 22:00	1,5	1,2	1,3
26.10. 23:00	1,5	1,1	1,0
27.10. 00:00	3,8	1,7	1,4
27.10. 01:00	3,7	6,5	6,0
27.10. 02:00	11,0	11,8	10,5
27.10. 03:00	7,4	9,5	9,4
27.10. 04:00	4,1	2,2	2,3
27.10. 05:00	0,5	0,9	1,1
27.10. 06:00	0,2	1,1	1,1
27.10. 07:00	1,7	2,9	3,0
27.10. 08:00	1,1	0,6	0,8
27.10. 09:00	0,3	0,1	0,0
27.10. 10:00	0,6	0	0,0
27.10. 11:00	1,6	0,1	0,0
27.10. 12:00	1,5	0,2	0,6
27.10. 13:00	3,6	0	0,0



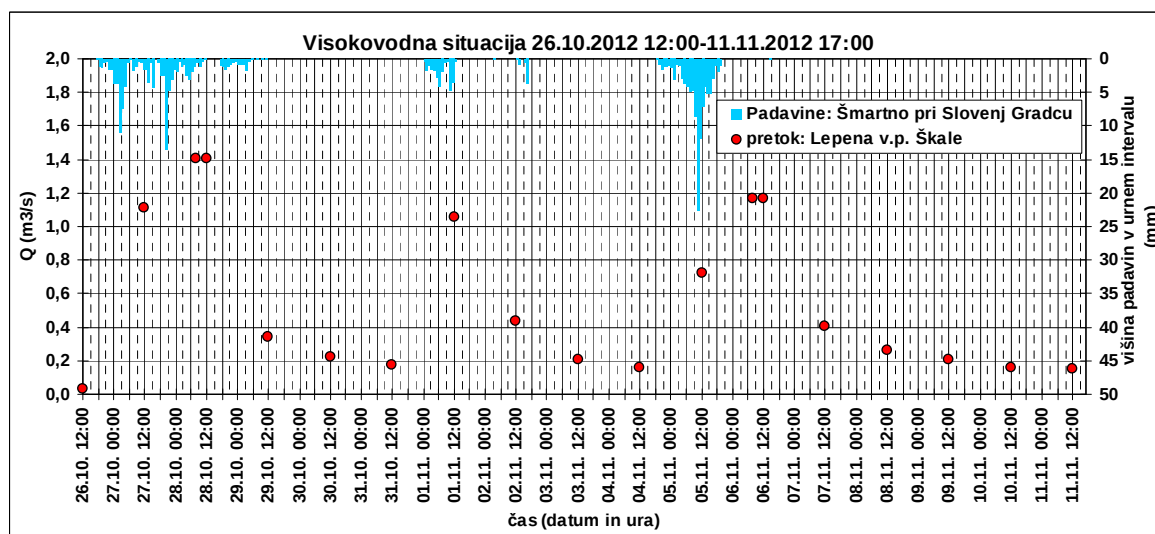
Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
27.10. 14:00	0,5	0,2	0,2
27.10. 15:00	4,4	2,2	2,2
27.10. 16:00	0	0,3	0,5
27.10. 17:00	0,5	2,2	2,2
27.10. 18:00	2,5	0,2	0,6
27.10. 19:00	2,6	0,2	0,1
27.10. 20:00	13,5	0,9	1,0
27.10. 21:00	4,8	6,9	5,0
27.10. 22:00	3,1	13,6	11,8
27.10. 23:00	1,6	6,5	6,7
28.10. 00:00	2	1,7	1,5
28.10. 01:00	0,4	2,0	1,9
28.10. 02:00	1,1	3,7	3,4
28.10. 03:00	0,7	5,0	5,5
28.10. 04:00	2,6	6,4	7,1
28.10. 05:00	3,2	5,4	5,8
28.10. 06:00	2,0	1,0	0,9
28.10. 07:00	1,1	2,4	2,8
28.10. 08:00	0,6	1,3	1,6
28.10. 09:00	1,1	1,3	1,3
28.10. 10:00	0,3	1,6	1,8
28.10. 11:00	0,2	1,4	1,3
28.10. 12:00	0	0,1	0,1
28.10. 13:00	0	0	0,0
28.10. 14:00	0	0	0,0
28.10. 15:00	0	0	0,0
28.10. 16:00	0	0,9	0,8
28.10. 17:00	0,9	3,8	4,0
28.10. 18:00	1,2	3,5	3,4
28.10. 19:00	1,6	0,7	0,7
28.10. 20:00	1,2	0,1	0,1
28.10. 21:00	0,8	0,1	0,1
28.10. 22:00	0,5	0,6	0,5
28.10. 23:00	0,3	1,1	1,1
29.10. 00:00	0,8	1	1,0
29.10. 01:00	0,7	1,4	1,5
29.10. 02:00	0,8	1,1	1,1
29.10. 03:00	1,7	0	0
29.10. 04:00	0,3	0	0
29.10. 05:00	0,2	0	0
29.10. 06:00	0	0	0
29.10. 07:00	0,1	0	0
29.10. 08:00	0	0	0
29.10. 09:00	0,1	0	0
29.10. 10:00	0	0	0
29.10. 11:00	0,2	0	0
skupaj	107,9	133,6	129,74

Tabela 15: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah oktober 2012

Maksimalne padavine glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba										
trajanje (ur)	1	2	3	4	5	6	9	12	15	24
(mm)	13,5	18,4	22,5	26,2	30	31,5	33,9	39,1	43	74,6
p.d. (let)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	>2

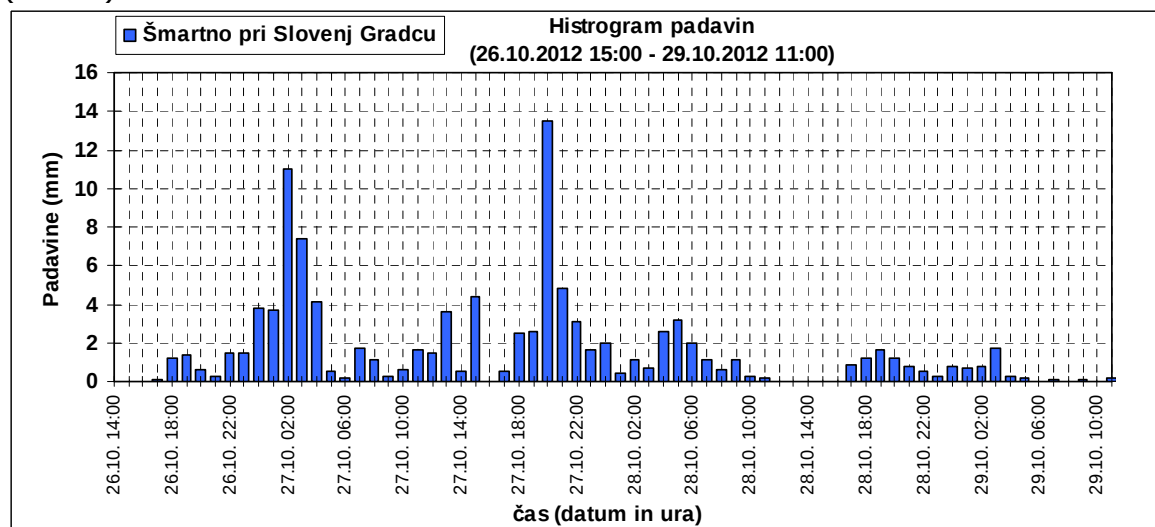
Tabela 16: Maksimalne padavine (oktober 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba

Na spodnjem grafu (**slika 5**) je prikazana razporeditev padavin v obravnavani visokovodni situaciji.

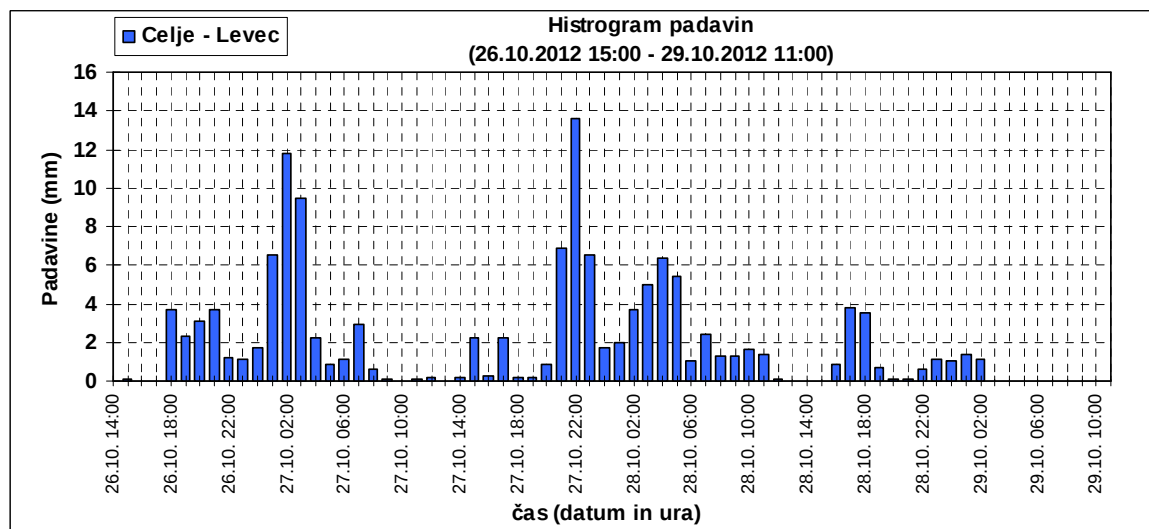


Slika 5: Zabeležen hidrograma na Lepeni v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu (26.10.-11.11.2012)

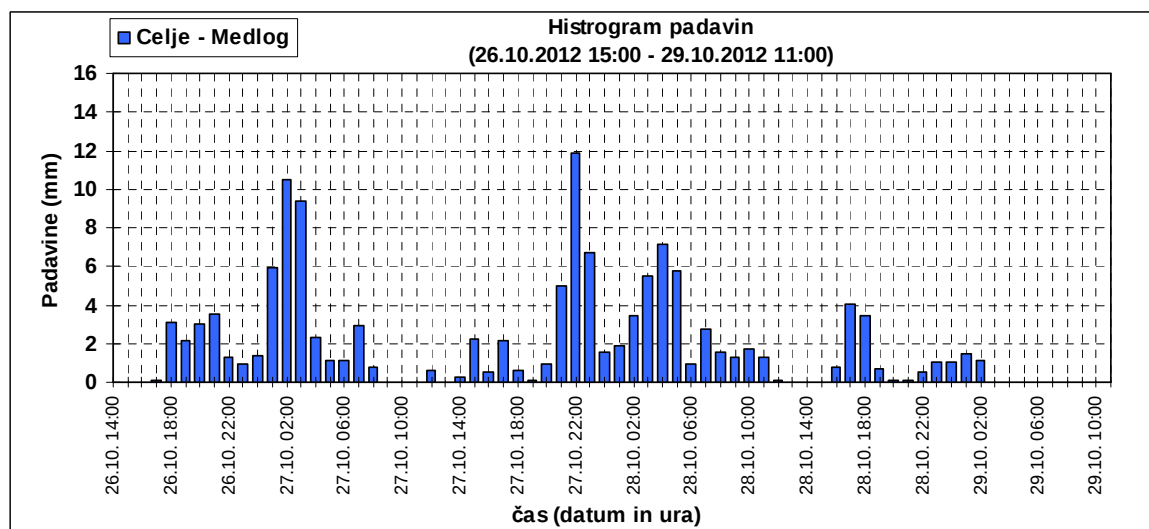
Grafi na **sliki 6 do slike 8** prikazujejo urno razporeditev padavin na bližnjih ombrografskih postajah za prvi val obravnavane visokovodne situacije. Najvišja urna intenziteta padavin je bila na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in Celje-Medlog (14 mm).



Slika 6: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu



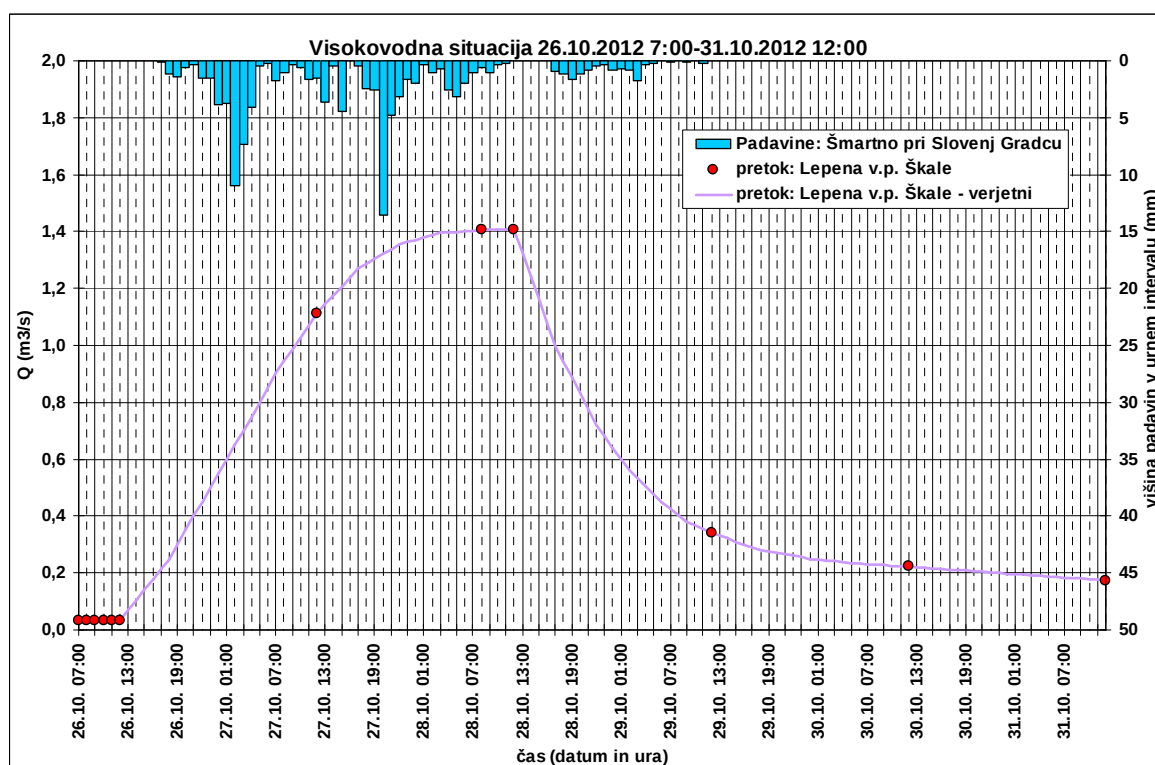
Slika 7: Histogram padavin postaje Celje-Levec



Slika 8: Histogram padavin postaje Celje-Medlog

Koeficient odtoka je razmerje med količino padavin, ki so odtekle in količino padavin, ki so dejansko padle. Vrednost koeficienta odtoka je odvisna od več dejavnikov med drugim tudi od predhodne namočenosti tal in akumuliranih snežnih padavin.

Za visokovodno situacijo oktober 2012 (prvi val s konico $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$) ocenjujemo, da je bil koeficienta odtoka Lepene ca 0,3.



Slika 9: Zabeležen hidrogram Lepena v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("prvi val")

Na podlagi analiz lahko povemo sledeče:

- Padavine niso imele velike intenzitete in predhodne namočenosti ni bilo.
- Vrednosti pretokov so dobljene iz trenutnih opazovanj, možno da maksimalna gladina ni zabeležena.
- Padavine, ki so povzročile maksimalni pretok $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ so dosegle povratno dobo ca 2 leti.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok s povratno dobo manj od 2 let.



5.3 Padavinska situacija 4.-8.11.2012

V **tabeli 17** so prikazane vrednosti dnevnih padavin izmerjenih ob 7 h v obdobju od 26.10. do 7.11.2012 na nekaterih padavinskih postajah. Padavine izmerjene 27.10. do 29.10. so povzročile prvi visokovodni val. Nato so za dva dni prenehale. Sledil je drugi val padavin (izmerjenih 1.-3.11.) in povzročil drugi visokovodni val. Sledil je dan brez padavin, ter nato ponovno dvodnevni pojav padavin (5.-6.11.).

Vrednosti pretokov na Lepeni so dobljene iz trenutnih opazovanj zato je možno, da maksimalna gladina ni zabeležena.

Največja intenziteta padavin v obdobju 4.-8. 11 je bila 5.11.2012, kar je razvidno iz **tabele 18**.

Dnevne padavine 2012 (mm)								
Padavinska postaja			predhodna namočenost 26.10-3.11.	4.11.	5.11.	6.11.	7.11.	skupne padavine 4.-7.11.
268	CELJE (Medlog)	244 m	162,0	0	3,3	31,0	0,3	34,6
271	GOMILSKO	294 m	183,0	0	19,7	33,4	0,3	53,4
272	JERONIM	760 m	212,7	0,3	27,5	78,1	2,6	108,5
275	RADEGUNDA	789 m	182,6	0	26,7	101,2	0	127,9
290	VERNERICA	1105 m	148,2	0	43,1	58,1	0	101,2
291	ZGORNJI RAZBOR	864 m	151,2	0	54,9	70,0	0	124,9
292	BELE VODE	965 m	193,2	0	55,1	85,2	0	140,3
321	ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	445 m	131,5	0	26,5	72,9	0	99,4
322	MISLINJA	589 m	111,5	0	8,4	90,4	0	98,8

Tabela 17: Dnevne količine padavin novembra 2012

Maksimalna dnevna padavina 6.11.2012 je na postajah Bele vode in Šmartno pri Slovenj Gradcu dosegla povratno dobo 2-5 let, na Zgornjem Razboru ca 2 leti, na Mislinji 5-10 let in v Celju manj od 2 let.

Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
04.11. 14:00	0	0	0
04.11. 15:00	0	0	0
04.11. 16:00	0	0	0
04.11. 17:00	0	0,2	0,2
04.11. 18:00	0,2	0,5	0,5
04.11. 19:00	0,7	0,4	0,3
04.11. 20:00	1,5	0	0
04.11. 21:00	1,2	0	0
04.11. 22:00	1,2	0,1	0
04.11. 23:00	1,0	0,1	0,1
05.11. 00:00	1,4	0	0
05.11. 01:00	3,1	0	0
05.11. 02:00	0,7	0	0
05.11. 03:00	0,9	0	0
05.11. 04:00	2,9	0	0
05.11. 05:00	3,8	0,1	0,1
05.11. 06:00	4,2	0,9	0,8
05.11. 07:00	4,9	1,2	1,6
05.11. 08:00	4,7	0,8	1,1
05.11. 09:00	8,5	0,3	0,4
05.11. 10:00	22,7	0	0
05.11. 11:00	12,0	0,1	0



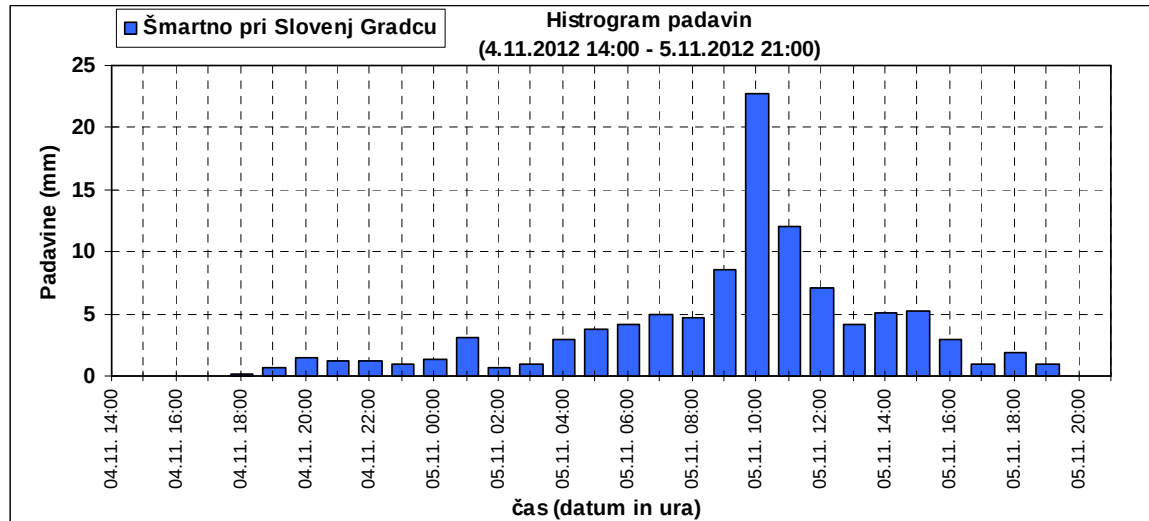
Urne vrednosti padavin (mm) na ombrografskih postajah			
datum	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Celje - Levec	Celje - Medlog
05.11. 12:00	7,1	6,4	8,7
05.11. 13:00	4,1	0,8	2,1
05.11. 14:00	5,1	7,5	6,6
05.11. 15:00	5,2	3,2	2,2
05.11. 16:00	2,9	4,3	4,1
05.11. 17:00	0,9	2,9	3,2
05.11. 18:00	1,9	1,1	1,1
05.11. 19:00	0,9	0,8	0,9
05.11. 20:00	0	0,2	0,1
05.11. 21:00	0	0,6	0,7
skupaj	103,7	32,5	34,7

Tabela 18: Urne vrednosti padavin na ombrografskih postajah november 2012

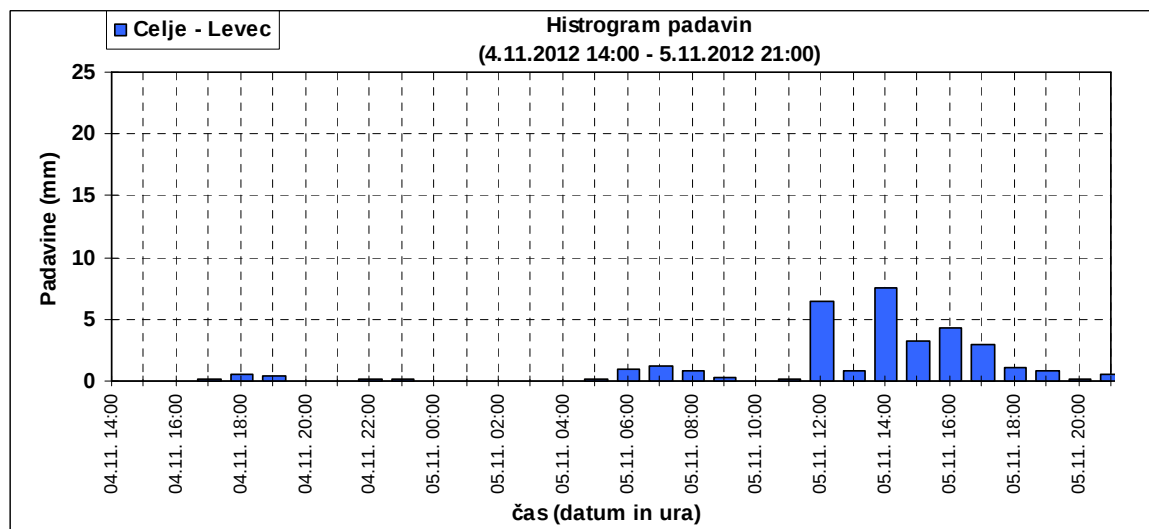
Maksimalne padavine glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba										
trajanje (ur)	1	2	3	4	5	6	9	12	15	24
(mm)	22,7	34,7	43,2	50,3	55	59,9	74,3	85,2	90,9	102,8
p.d. (let)	ca 2	>2	ca 5	2-5	ca 10	10	20	20	>20	>10

Tabela 19: Maksimalne padavine (november 2012) glede na trajanje na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu in ocenjena povratna doba

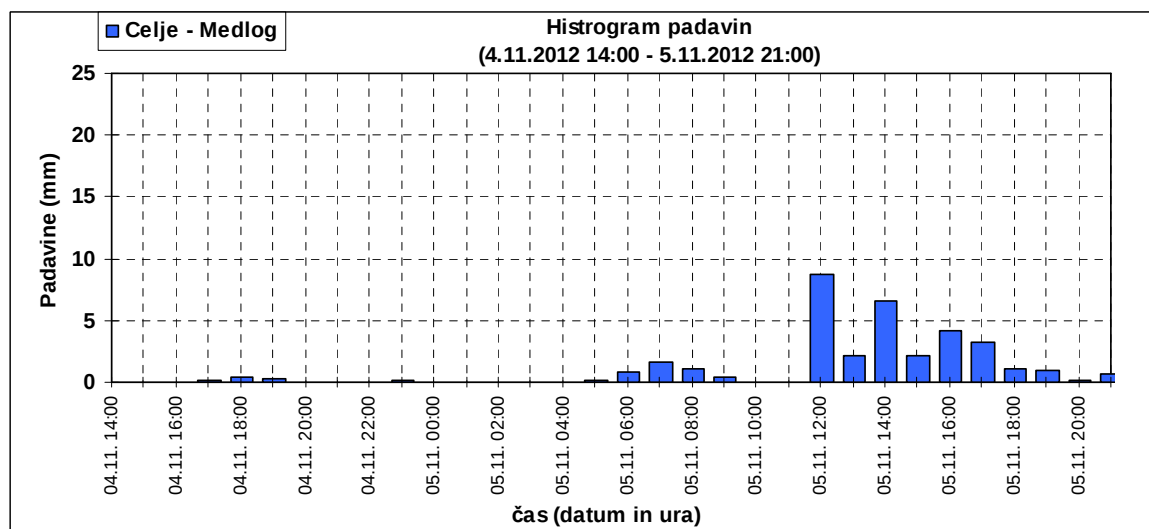
Grafi na **sliki 10 do slike 12** prikazujejo urno razporeditev padavin na bližnjih ombrografskih postajah za tretji val obravnavane visokovodne situacije. Najvišja urna intenziteta padavin je bila na postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu (22,7 mm).



Slika 10: Histogram padavin postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu



Slika 11: Histogram padavin postaje Celje-Levec



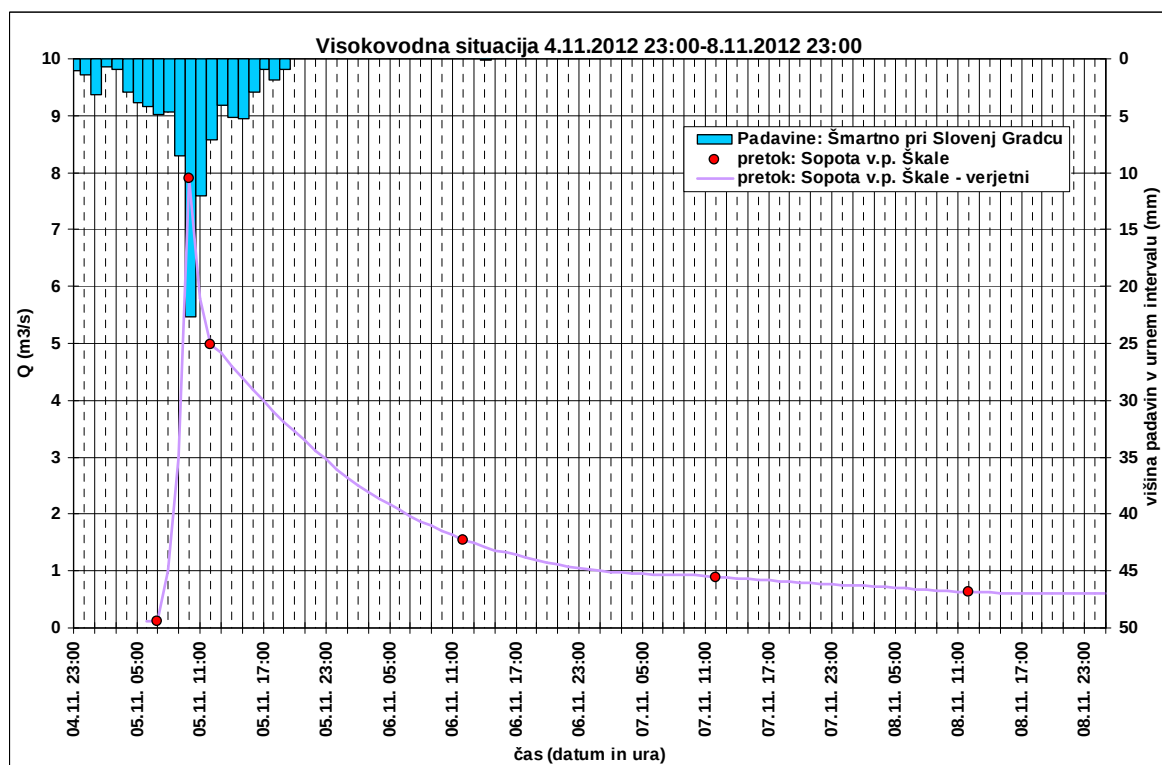
Slika 12: Histogram padavin postaje Celje-Medlog

Koeficient odtoka je razmerje med količino padavin, ki so odtekle in količino padavin, ki so dejansko padle. Vrednost koeficienta odtoka je odvisna od več dejavnikov med drugim tudi od predhodne namočenosti tal in akumuliranih snežnih padavin.

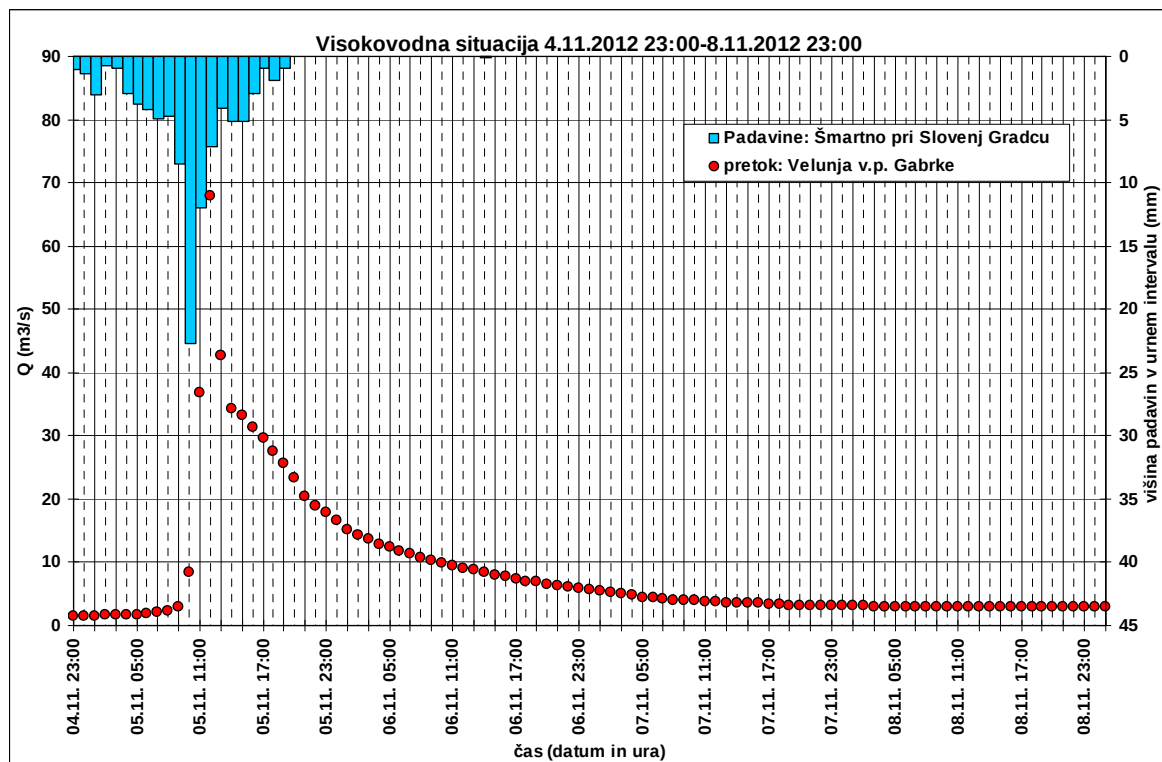
Za visokovodno situacijo november 2012 (tretji val s konico 7,9 m³/s) ocenjujemo, da je bil koeficienta odtoka Sopote 0,7-0,8.

Za visokovodno situacijo november 2012 (tretji val s konico 67,9 m³/s) ocenjujemo, da je bil koeficienta odtoka Velunje 0,75-0,85.

Menimo, da je vzrok za večji koeficient odtoka predvsem v daljšem trajanju padavin.



Slika 13: Zabeležen hidrogram Sopot v.p. Škale in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")



Slika 14: Zabeležen hidrogram Velunja v.p. Gabrke in histogram padavin s postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu ("tretji val")



Na podlagi analiz lahko povemo sledeče:

- Padavine so bile dolgotrajne, v treh delih.
- Intenzivnost padavin (3 val) se je zmanjševala iz zahoda proti vzhodu, kar je razvidno tudi iz doseženih maksimalnih pretokov, kjer sta Velunja in Sopota dosegla maksimalni konici v "tretjem valu" Lepena pa v "prvem valu".
- Padavine, ki so povzročile maksimalni pretok na Sopoti $7,9 \text{ m}^3/\text{s}$ so dosegle povratno dobo 2-5 let.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok s povratno dobo ca 20 let.
- Padavine, ki so povzročile maksimalni pretok na Velunji $67,9 \text{ m}^3/\text{s}$ so dosegle povratno dobo <5 let.
- Glede na verjetnostno analizo pretokov je bil dosežen pretok s povratno dobo ca 20-50 let.



6.0 VISOKE VODE

6.1 Visoke vode

Za določitev vrednosti visokih vod v posameznih hidroloških prerezih je bil uporabljen hidrološki model HEC-HMS 3.5.

Za izdelavo hidrološkega modela so bile uporabljene vrednosti padavin različnega trajanja, hidrografske karakteristike (površina in nagnjenost vodozbirnega zaledja, ter dolžina vodotoka), izbrane krivulje CN v katerem je upoštevana tudi karakteristika tal, ter pokrovnost tal. Predpostavljene so bile enakomerno porazdeljene padavine do posameznih obravnavanih prereзов.

V pregledni situaciji obravnavanega območja v merilu M 1:25.000 (*priloga H-1*) so prikazane lokacije hidroloških prereзов v katerih so bile določene visoke vode s povratno dobo 10, 100 in 500 let. Vrednosti visokih vod v posameznih hidroloških prerezih so prikazane v spodnji **tabeli 20**.

V *prilogah H-25 do H-45* so za izbrane hidrološke prereze (v **tabeli 20** označeni z *) prikazani visokovodni valovi s povratno dobo 10, 100 in 500 let. V prilogah so prikazani tudi komplementarni valovi za podporečja, ki so potrebni za hidravlični model.

oznaka prereza	ime prereza	F (km ²)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)	
01x	Lepena do levega pritoka (Škalske Cirkovce)	1,1	1,26	3,0	4,6	
01y	Lepena pod levim pritokom (Škalske Cirkovce)	3,4	3,8	9,0	14	
02x	Lepena do profila	3,6	4,0	9,3	14	
03x	Lepena do levega pritoka (Hrastovec)	4,6	4,7	11	18	
03y	Lepena pod levim pritokom (Hrastovec)	5,8	5,9	14	22	*
04x	Lepena do desnega pritoka (Špehove Toplice)	5,9	6,0	14	23	*
04y	Lepena v.p. Škale	7,1	7,1	17	27	*
05x	Lepena do potoka s Turna	7,5	7,4	18	28	*
05y	Lepena pod potokom s Turna	8,3	8,1	20	31	*
01z	levi pritok do Lepene (Škalske Cirkovce)	2,3	2,5	6,0	9,4	
03z	levi pritok do Lepene (Hrastovec)	1,2	1,18	3,0	4,7	
04z	desni pritok do Lepene (Špehove Toplice)	1,2	1,14	2,8	4,5	*
05z	potok s Turna	0,8	0,72	1,8	2,8	*

Tabela 20: Vrednosti maksimalnih pretokov Lepene in njenih pritokov



7.0 ZAKLJUČEK

Namen študije je določitev »dejanskih« visokih vod Lepene in pritokov s povratno dobo 10, 100 in 500 let za posamezne hidrološke prereze, ki upoštevajo današnjo urejenost vodotokov, in sicer za potrebe izdelave kart razredov poplavne nevarnosti za območja pomembnega vpliva poplav Hrastovec-skladišče razstreliv.

Maksimalne vrednosti pretokov v posameznih hidroloških prerezi bodo t.i. ovojnica vseh dogodkov. Verjetnost, da nastopijo te vrednosti na različnih delih vodotokov istočasno, je manjša kot 10% v primeru 10-letnih vod, manjša kot 1% v primeru 100-letnih vod ter manjša kot 0,2% v primeru 500-letnih vod.

S simulacijo visokih vod dobimo rezultat, ki naj bi napovedal visoke vode v prihodnosti. Nobenega zagotovila pa nimamo, da bo klima ostala ista, da umetni posegi na vodotokih in v zaledju ne bodo vplivali na formiranje višjih visokih vod, da makro posegi v okolje ne spreminjajo padavinskih pojavov itd. Zato je veljavnost vrednosti visokih vod predvidena le za neko obdobje in jih je potrebno občasno preverjati.

Poročilo sestavila:

Darko Anzeljc, univ.dipl.inž.grad.

Katja Sovre, univ.dipl.inž.vod. in kom. inž.



8.0 VIRI

ARSO MKO, 2012. Podatki o padavinah in pretokih (Spletni arhiv podatkov).

<http://www.arso.gov.si/vreme/>, <http://www.arso.gov.si/vode/podatki/>

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, Pokrovnost tal CORINE Land Cover Slovenija (2006).

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, TTN 5 (M 1:5000) in TTN 10 (M 1:10000). Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, DTK 25 (M 1:25000). Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, DPK 250 (M 1:250000). Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

Ocena hidravlične prevodnosti tal v Sloveniji za pedokartografske enote merila 1:250 000. 2009. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 14 str.

Atlas okolja. Hidrogeološka karta 1:250.000

Podatke, ki niso dostopni na spletnih straneh, smo za obravnavo padavinskih situacij (padavine in pretoki) pridobili od ARSO



9.0 PRILOGE