

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Robič, G., 2016. Hidrološka analiza poplav za porečje Ljubljanice. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šraj, M., somentorica Kobold, M.): 111 str.

Datum arhiviranja: 25-05-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Robič, G., 2016. Hidrološka analiza poplav za porečje Ljubljanice. Master Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šraj, M., co-supervisor Kobold, M.): 111 pp.

Archiving Date: 25-05-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE STOPNJE
VODARSTVO IN OKOLJSKO
INŽENIRSTVO**

Kandidat:

GREGOR ROBIČ

**HIDROLOŠKA ANALIZA POPLAV ZA POREČJE
LJUBLJANICE**

Magistrsko delo št.: 8/II.VOI

**HYDROLOGICAL ANALYSIS OF FLOODS FOR THE
LJUBLJANICA RIVER BASIN**

Graduation – Master Thesis No.: 8/II.VOI

Mentorica:

doc. dr. Mojca Šraj

Somentorica:

asist. dr. Mira Kobold

Ljubljana, 26. 04. 2016

Ta stran je namenoma prazna.

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani **Gregor Robič** izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom »**Hidrološka analiza poplav za porečje Ljubljanice**«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 23. 3. 2016

Gregor Robič

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN POVZETEK

UDK: 502.51(282):556.166(497.4)(043)
Avtor: Gregor Robič
Mentor: doc. dr. Mojca Šraj
Somentor: asist. dr. Mira Kobold
Naslov: Hidrološka analiza poplav za porečje Ljublanice
Tip dokumenta: magistrsko delo – univerzitetni študij
Obseg in oprema: 111 str., 55 pregl., 118 sl., 2 en.
Ključne besede: poplave, padavine, poplavnost, Ljubljansko barje, Ljublanica, Gradaščica, Iška, hidrološka analiza

Povzetek

Ljubljansko barje je največja poplavna površina v Sloveniji. Ob močnejših padavinskih dogodkih povzročajo razlivanje voda na tem območju kraška reka Ljublanica in njeni hudourniški pritoki. Razlivanje voda na Ljubljanskem barju dolvodno razbremeni strugo Ljublanice in s tem varuje Ljubljano pred poplavami, a obenem predstavlja nevarnost za obstoječa barjanska naselja. Poplavno nevarnost na Ljubljanskem barju z južne strani povečuje Iška ter drugi manjši vodotoki, s severne pa Gradaščica. V nalogi so zbrani in analizirani največji poplavni dogodki na tem območju od začetka prejšnjega stoletja ter predstavljene njihove hidrološke značilnosti. Do nekaterih izmed največjih poplav na tem območju je prišlo v letih 1926, 1933 in 2010.

Rezultati analize so pokazali, da so poplave na Ljubljanskem barju posledica nekajdnevni padavin visoke intenzitete na porečju Ljublanice. Do poplavljanja Ljubljanskega barja pride tudi v primerih padavinskih dogodkov, ki sledijo predhodnim dolgotrajnim padavinam. V teh primerih je, zaradi predhodne namočenosti, sposobnost zadrževanja padavin na porečju zmanjšana. Poplave, ki jih na Ljubljanskem barju povzroči Ljublanica, nastopijo postopno in trajajo več dni ali nekaj tednov. Poplave Gradaščice in Iške nastopijo zelo hitro in se že po nekaj dneh tudi končajo. Glavni vzroki za nastanek poplav na Ljubljanskem barju so trajanje in količina padavin ter predhodna namočenost tal. Največ poplavnih dogodkov na Ljubljanskem barju lahko pričakujemo v jesenskem letnem času. Trend sezonske razporeditve padavin in posedanje tal Ljubljanskega barja povečujeta nevarnost poplavljanja na tem območju.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 502.51(282):556.166(497.4)(043)
Author: Gregor Robič
Supervisor: Assist. Prof. Mojca Šraj, Ph.D.
Cosupervisor: Assist. Mira Kobold, Ph.D.
Title: Hydrological Analysis of Floods for the Ljubljanica River Basin
Document type: Master's thesis – University studies
Scope and tools: 111 p., 55 tabl., 118 fig., 2 eq.
Keywords: flood, precipitation, Ljubljansko barje, Ljubljana, Gradaščica, Iška, hydrological analysis

Abstract

Ljubljansko barje is the largest floodplain in Slovenia. Heavy rainfall in predominantly karst catchment area of Ljubljanica river instigate flooding of Ljubljansko barje, caused by river Ljubljanica and its torrential tributaries such as Iška at the south side and Gradaščica at the north side of Ljubljansko barje. On the one hand, flooding of Ljubljansko barje is beneficial to the city of Ljubljana as it lowers the risk of flooding in the city, while on the other hand, it poses danger to the inhabitants of settlements of Ljubljansko barje. This thesis analyses hydrology of the largest floods of Ljubljansko barje since the beginning of the 20th century, such as floods in 1926, 1933 and 2010.

Analysis results indicate that flooding of Ljubljansko barje occurs in combination with high-intensity precipitation that lasts for couple of days. Flooding of this area can also occur after longer periods of lower-intensity precipitation followed by precipitation of higher intensity due to lower water retention capability of catchment area of Ljubljanica. Flooding of river Ljubljanica on Ljubljansko barje initiate gradually and last for several days or even few weeks. On the contrary, flash floods are characteristic of torrential tributaries Gradaščica and Iška. Main causes of flooding of Ljubljansko barje are quantity and duration of precipitation and high antecedent precipitation index. Results show that floodings of Ljubljansko barje usually occur in autumn. Trends in seasonal precipitation and continuous settlement of the ground of Ljubljansko barje indicate severer effects of flooding in this area in the future.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Mojci Šraj in somentorici dr. Miri Kobold za vso pomoč in navodila pri izdelavi magistrske naloge.

Zahvaljujem se tudi Marjanu Batu za pripravo podatkov in Nejcu Bezaku za pomoč pri programski opremi ter vsem domačim za podporo.

KAZALO VSEBINE

| | |
|---|-----|
| STRAN ZA POPRAVKE | ii |
| IZJAVA O AVTORSTVU..... | iii |
| BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN POVZETEK..... | iv |
| BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT | v |
| ZAHVALA | vi |
| 1. UVOD | 1 |
| 2. POPLAVNA OGROŽENOST SLOVENIJE..... | 3 |
| 2.1 Značilnosti in tipi poplav | 5 |
| 2.1.1 Kraške poplave | 5 |
| 2.1.2 Hudourniške poplave | 6 |
| 2.1.3 Površinski odtok in odtočni količnik..... | 7 |
| 2.1.4 Predhodna namočenost..... | 8 |
| 2.2 Pregled večjih poplav | 8 |
| 2.2.1 Škodne posledice pozameznih poplavnih dogodkov v obdobju med 1990 in 2012 | 8 |
| 3. POPLAVNA OGROŽENOST POREČJA LJUBLJANICE | 10 |
| 3.1 Zgodovinski pregled poplav na območju Ljubljane | 13 |
| 4. OPIS POREČJA LJUBLJANICE | 16 |
| 4.1 Ljubljansko barje | 16 |
| 4.2 Ljubljanica | 17 |
| 4.3 Gradaščica | 18 |
| 4.4 Iška..... | 18 |
| 4.5 Opazovalna mreža | 19 |
| 4.6 Padavinski režim | 22 |
| 4.7 Hidrološki režim in izbor visokovodnih konic..... | 24 |
| 4.7.1 Ljubljanica (vodomerna postaja Moste,Moste I) | 25 |
| 4.7.2 Gradaščica (vodomerna postaja Dvor) | 26 |
| 4.7.3 Iška (vodomerna postaja Iška, Iška I) | 28 |
| 4.7.4 Razlike med porečjema Ljubljanice in Gradaščice ter hidrološke značilnosti visokovodnih dogodkov..... | 30 |
| 4.7.5 Volumni poplavnih valov | 34 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.7.6 | Izbor največjih poplavnih dogodkov za nadaljnjo analizo..... | 36 |
| 4.7.7 | Pripadajoči padavinski dogodki | 39 |
| 5. | ANALIZA VEČJIH POPLAV NA POREČJU LJUBLJANICE | 43 |
| 5.1 | Poplava septembra 1926..... | 43 |
| 5.1.1 | Padavine | 43 |
| 5.1.2 | Hidrogrami odtoka | 44 |
| 5.1.3 | Volumni odtoka..... | 45 |
| 5.1.4 | Predhodna namočenost | 45 |
| 5.1.5 | Koeficient odtoka..... | 46 |
| 5.2 | Poplava septembra 1933..... | 46 |
| 5.2.1 | Padavine | 46 |
| 5.2.2 | Hidrogrami odtoka | 47 |
| 5.2.3 | Volumni odtoka..... | 48 |
| 5.2.4 | Predhodna namočenost | 48 |
| 5.2.5 | Koeficient odtoka..... | 49 |
| 5.3 | Visokovodni dogodek januarja 1979..... | 49 |
| 5.3.1 | Padavine | 49 |
| 5.3.2 | Hidrogrami odtoka | 50 |
| 5.3.3 | Volumni odtoka..... | 53 |
| 5.3.4 | Predhodna namočenost | 53 |
| 5.3.5 | Koeficient odtoka..... | 53 |
| 5.4 | Visokovodna dogodka na Gradaščici v letu 1982..... | 53 |
| 5.4.1 | Padavine | 54 |
| 5.4.2 | Hidrogrami odtoka | 54 |
| 5.4.3 | Volumni odtoka..... | 55 |
| 5.4.4 | Predhodna namočenost | 56 |
| 5.4.5 | Koeficient odtoka..... | 56 |
| 5.5 | Poplava novembra 1990..... | 56 |
| 5.5.1 | Padavine | 56 |
| 5.5.2 | Hidrogrami odtoka | 57 |
| 5.5.3 | Volumni odtoka..... | 59 |
| 5.5.4 | Predhodna namočenost | 60 |
| 5.5.5 | Koeficient odtoka..... | 60 |
| 5.6 | Visokovodni dogodek novembra 1991 | 61 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.6.1 | Padavine | 61 |
| 5.6.2 | Hidrogrami odtoka..... | 61 |
| 5.6.3 | Volumni odtoka | 62 |
| 5.6.4 | Predhodna namočenost..... | 63 |
| 5.6.5 | Koeficient odtoka | 63 |
| 5.7 | Poplava oktobra 1993 | 63 |
| 5.7.1 | Padavine | 63 |
| 5.7.2 | Hidrogrami odtoka..... | 65 |
| 5.7.3 | Volumni odtoka | 66 |
| 5.7.4 | Predhodna namočenost..... | 67 |
| 5.7.5 | Koeficient odtoka | 67 |
| 5.8 | Poplavi oktobra in novembra 1998..... | 67 |
| 5.8.1 | Padavine | 68 |
| 5.8.2 | Hidrogrami odtoka..... | 74 |
| 5.8.3 | Volumni odtoka | 76 |
| 5.8.4 | Predhodna namočenost..... | 77 |
| 5.8.5 | Koeficient odtoka | 77 |
| 5.9 | Poplava septembra 2010 | 78 |
| 5.9.1 | Padavine | 78 |
| 5.9.2 | Hidrogrami odtoka..... | 83 |
| 5.9.3 | Volumni odtoka | 85 |
| 5.9.4 | Predhodna namočenost..... | 85 |
| 5.9.5 | Koeficient odtoka | 86 |
| 6. | ANALIZA REZULTATOV | 87 |
| 6.1 | Poplavni dogodki na porečju Ljubljanice | 87 |
| 6.2 | Poplavni dogodki na porečju Gradaščice | 94 |
| 6.3 | Poplavni dogodki na porečju Iške | 99 |
| 7. | ZAKLJUČKI | 104 |

KAZALO SLIK

| | |
|---|----|
| Slika 1: Leta z obsežnejšimi poplavami v Sloveniji (upoštevane so poplave s povratno dobo nad 50 let na vsaj treh porečjih) (Kobold, 2011)..... | 3 |
| Slika 2: Število pojavov visokih voda na slovenskih rekah (Kobold, 2011)..... | 3 |
| Slika 3: Opozorilna karta poplav 2007 (Inštitut za vode RS, 2015)..... | 4 |
| Slika 4: Opozorilna karta poplav 2010 (Inštitut za vode RS, 2015)..... | 4 |
| Slika 5: Integralna karta poplavne nevarnosti za Slovenijo (Agencija RS za okolje, 2015c) | 4 |
| Slika 6: Leta in meseci (leto/mesec) z največjimi poplavnimi pretoki na merilnih mestih mreže za površinske vode z nizom podatkov dolžine nad 60 let (leta se ločijo po barvi) (Kobold, 2015a)..... | 4 |
| Slika 7: Hidrogram Ljublanice na v. p. Moste novembra 2014 (kraške lastnosti porečja) (Sektor za analize in prognoze površinskih voda, 2014b) | 6 |
| Slika 8: Hidrogram Iške na v. p. Iška vas novembra 2014 (hudourniške lastnosti porečja) (Sektor za analize in prognoze površinskih voda, 2014a) | 7 |
| Slika 9: Karta območja pomembnega vpliva poplav za Ljubljano in Ljubljansko barje (Agencija RS za okolje, 2015c)..... | 11 |
| Slika 10: Integralna karta poplavne nevarnosti, združena s karto območja pomembnega vpliva poplav za Ljubljano in Ljubljansko barje (Agencija RS za okolje, 2015c)..... | 11 |
| Slika 11: Opozorilna karta poplav za Ljubljansko barje (Agencija RS za okolje, 2015c) | 11 |
| Slika 12: Integralna karta razredov globin pri 100-letni poplavi na Ljubljanskem barju (Agencija RS za okolje, 2015c)..... | 11 |
| Slika 13: Geološka karta Ljubljanskega barja (Zajc, 2010)..... | 12 |
| Slika 14: Smeri toka na Rudniku - nizka Ljublanica (Mikoš, 2014) | 12 |
| Slika 15: Smeri toka na Rudniku - visoka Ljublanica (Mikoš, 2014)..... | 12 |
| Slika 16: Vplivno območje poplave leta 1926 (Stanič, 1989)..... | 14 |
| Slika 17: Posnetek poplav na Ljubljanskem barju septembra 2010 v infrardečem spektru in barvna interpretacija rezultatov: zelena območja so bila poplavljen (Agencija RS za okolje, 2015c) | 14 |
| Slika 18: Prikaz poplavljenih območij (Gradaščica) novembra 1990 v Ljubljani in okolici (Agencija RS za okolje, 2015c)..... | 15 |
| Slika 19: Prikaz poplavljenih območij (Gradaščica, Horjulščica in Ljubljansko barje) septembra 2010 v Ljubljani in okolici (Agencija RS za okolje, 2015c)..... | 15 |
| Slika 20: Ljubljansko barje z označenimi vodotoki (vir podlage: Agencija RS za okolje, 2015c)16 | |
| Slika 21: Vodomerna postaja Moste I (foto: Robič, 2015)..... | 18 |
| Slika 22: Vodomerna postaja Dvor (foto: Robič, 2015)..... | 19 |
| Slika 23: Vodomerna postaja Iška vas (foto: Robič, 2015) | 19 |

| | |
|---|----|
| Slika 24: Izsek mreže vodomernih postaj v Sloveniji leta 2013, omejen na porečje Ljubljane (Agencija RS za okolje, 2015b) | 20 |
| Slika 25: Porečji Ljubljane in Gradaščice z označenimi lokacijami vodomernih postaj (modre oznake) in postaj z meritvami padavin (rumene oznake) (vir podlage: Agencija RS za okolje, 2015c) | 20 |
| Slika 26: Prispevne površine Gradaščice in Ljubljane (Agencija RS za okolje, 2015c) | 22 |
| Slika 27: Statistično značilni trendi v letni količini padavin za obdobje 1971–2000 (Bat et al, 2008) | 23 |
| Slika 28: Statistično značilni trendi v količini padavin jeseni za obdobje 1971–2000 (Bat et al, 2008) | 23 |
| Slika 29: Mesečne višine padavin za Ljubljano, Kredarico in Mursko Soboto v obdobju 1971–2000 | 23 |
| Slika 30: Padavinska karta Slovenije za obdobje 1971–2000 (Agencija RS za okolje, 2015f) | 24 |
| Slika 31: Srednji obdobjni mesečni pretoki na v. p. Moste in Moste I v obdobju 1924–2013 | 25 |
| Slika 32: Visokovodne konice na v. p. Moste in Moste I v obdobju 1924–2013 | 25 |
| Slika 33: Mesečni ekstremi pretokov na v. p. Moste in Moste I v obdobju 1924–2013 | 26 |
| Slika 34: Srednji obdobjni mesečni pretoki na v. p. Dvor v obdobju 1977–2013 | 27 |
| Slika 35: Visokovodne konice na v. p. Dvor v obdobju 1977–2013 | 27 |
| Slika 36: Poplavna ravnica pred vodomerno postajo Dvor (Google maps, 2015) | 27 |
| Slika 37: Mesečni ekstremi pretokov na v. p. Dvor v obdobju 1977–2013 | 28 |
| Slika 38: Srednji obdobjni mesečni pretoki na v. p. Iška I in Iška v obdobju 1970–2001 | 29 |
| Slika 39: Visokovodne konice na v. p. Iška I in Iška v obdobju 1970–2001 | 29 |
| Slika 40: Mesečni ekstremi pretokov na v. p. Iška in Iška I v obdobju 1970–2001 | 29 |
| Slika 41: Prikaz visokovodnih valov Ljubljane (zelena) na v.p. Moste in Gradaščice v prerezu Bokalci (vijolična predstavlja val s trajanjem padavin 12 ur, modra pa val s trajanjem padavin 24 ur) (Fazarinc, 2011) | 30 |
| Slika 42: Poplava ob Malem grabnu ob Cesti dveh cesarjev 10. oktobra 2004 (Polajnar, 2005) | 31 |
| Slika 43: Visokovodni dogodki na v. p. Moste in Moste I s pretočnimi konicami, ki presegajo 5-letno povratno dobo (Q5) | 32 |
| Slika 44: Visokovodni dogodki na v. p. Dvor s pretočnimi konicami, ki presegajo 5-letno povratno dobo (Q5) | 32 |
| Slika 45: Grafična primerjava izbranih visokovodnih dogodkov postaj Moste, Moste I, Dvor, Iška ter Iška I in označeni pretoki s 5-letno povratno dobo (Q5) | 33 |
| Slika 46: Mesečna razporejenost visokovodnih dogodkov s povratno dobo 5 let in več v obdobjih 1933–2010 (Ljubljana Moste), 1979–2013 (Gradaščica Dvor), 1973–1993 (Iška Iška) | 33 |
| Slika 47: Celotni volumni visokovodnih valov Ljubljane in Gradaščice | 35 |

| | |
|--|----|
| Slika 48: Volumni površinskega odtoka visokovodnih valov Ljubljane in Gradašice | 35 |
| Slika 49: Trajanje visokovodnih valov Ljubljane in Gradašice | 36 |
| Slika 50: Velikost visokovodnih dogodkov po pretoku in celotnem volumnu (Ljubljana - v. p. Moste)..... | 37 |
| Slika 51: Velikost visokovodnih dogodkov po pretoku in volumnu površinskega odtoka (Ljubljana - v. p. Moste)..... | 38 |
| Slika 52: Velikost visokovodnih dogodkov po pretoku in celotnem volumnu (Gradašica - v. p. Dvor)..... | 38 |
| Slika 53: Velikost visokovodnih dogodkov po pretoku in volumnu površinskega odtoka (Gradašica - v. p. Dvor)..... | 39 |
| Slika 54: Thiessenovi poligoni za prispevno območje vodomerne postaje Moste | 40 |
| Slika 55: Thiessenovi poligoni za prispevno območje vodomerne postaje Dvor | 41 |
| Slika 56: Thiessenovi poligoni za prispevno območje vodomerne postaje Iška | 42 |
| Slika 57: Prostorska porazdelitev padavin po posameznih dnevih med padavinskim dogodkom od 27. do 30. septembra 1926: a) 27. september, b) 28. september, c) 29. september, d) 30. september (rumena barva predstavlja manj kot 10 mm padavin, siva barva več kot 240 mm padavin) (povzeto po Dolinar et al., 2011) | 44 |
| Slika 58: Dnevni hidrogram za v. p. Moste septembra in oktobra 1926 ter dnevne količine padavin | 45 |
| Slika 59: Prostorska porazdelitev padavin po posameznih dnevih med padavinskim dogodkom od 20. do 25. septembra 1933: a) 20. september, b) 21. september, c) 22. september, d) 23. september, e) 24. september in f) 25. september (rumena barva predstavlja manj kot 5 mm padavin, siva barva več kot 140 mm padavin) (Dolinar et al., 2011)..... | 47 |
| Slika 60: Dnevni hidrogram za v. p. Moste septembra in oktobra 1933 ter dnevne količine padavin | 48 |
| Slika 61: Urni hidrogram za v. p. Moste januarja in februarja 1979 ter dnevne količine padavin in debeline snežne odeje | 51 |
| Slika 62: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor januarja in februarja 1979 ter dnevne količine padavin in debeline snežne odeje | 52 |
| Slika 63: Dnevni hidrogram za v. p. Iška januarja in februarja 1979 ter dnevne količine padavin in debeline snežne odeje | 52 |
| Slika 64: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor decembra in januarja 1982 ter dnevne količine padavin in debeline snežne odeje | 55 |
| Slika 65: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor maja in junija 1982 ter dnevne količine padavin | 55 |
| Slika 66: Urni hidrogram za v. p. Moste za oktober in november 1990 ter dnevne količine padavin | 58 |
| Slika 67: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor za oktober in november 1990 ter dnevne količine padavin | 59 |

| | |
|--|----|
| Slika 68: Dnevni hidrogram za v. p. Iška za oktober in november 1990 ter dnevne količine padavin..... | 59 |
| Slika 69: Urni hidrogram za v. p. Moste od oktobra do decembra 1991 ter dnevne količine padavin..... | 61 |
| Slika 70: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor od oktobra do decembra 1991 ter dnevne količine padavin..... | 62 |
| Slika 71: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor za oktober in november 1991 ter dnevne količine padavin..... | 62 |
| Slika 72: : Urni hidrogram za v. p. Moste od septembra do novembra 1993 ter dnevne količine padavin..... | 65 |
| Slika 73: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor od septembra do novembra 1993 ter dnevne količine padavin..... | 66 |
| Slika 74: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor od septembra do novembra 1993 ter dnevne količine padavin..... | 66 |
| Slika 75: Število presežnih pogojnih vodostajev slovenskih rek na opazovanih vodomernih postajah in gladine morja ob slovenski obali leta 1998 (Polajnar, 1998)..... | 68 |
| Slika 76: Padavine oktobra 1998 v primerjavi s povprečjem 1961–1990 (Dolinar, 1999)..... | 69 |
| Slika 77: Meritve padavin v Ljubljani 19. 10. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 71 |
| Slika 78: Meritve padavin v Ljubljani 20. 10. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 72 |
| Slika 79: Meritve padavin v Postojni 19. 10. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 72 |
| Slika 80: Meritve padavin v Postojni 20. 10. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 73 |
| Slika 81: Meritve padavin v Ljubljani 5. 11. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 73 |
| Slika 82: Meritve padavin v Postojni 4. 11. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 74 |
| Slika 83: Meritve padavin v Postojni 5. 11. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 74 |
| Slika 84: Urni hidrogram za v. p. Moste oktobra in novembra 1998 ter dnevne količine padavin..... | 75 |
| Slika 85: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor oktobra in novembra 1998 ter dnevne količine padavin..... | 76 |
| Slika 86: Dnevni hidrogram za v. p. Iška oktobra in novembra 1998 ter dnevne količine padavin..... | 76 |
| Slika 87: Število presežnih pogojnih vodostajev (Polajnar, 2011)..... | 78 |
| Slika 88: Karta 4-dnevne vsote padavin, od 8:00 16. septembra do 8:00 20. septembra 2010 (Urad za meteorologijo, 2010)..... | 79 |
| Slika 89: Meritve padavin v Ljubljani 17. 9. 2010 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 81 |
| Slika 90: Meritve padavin v Ljubljani 18. 9. 2010 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 81 |
| Slika 91: Meritve padavin v Ljubljani 19. 9. 2010 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 82 |
| Slika 92: Meritve padavin v Postojni 18. 9. 2010 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 82 |

| | |
|---|-----|
| Slika 93: Meritve padavin v Postojni 19. 9. 2010 (Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 83 |
| Slika 94: Urni hidrogram za v. p. Moste od avgusta do oktobra 2010 ter dnevne količine padavin | 84 |
| Slika 95: Urni hidrogram za v. p. Dvor avgusta in septembra 2010 ter dnevne količine padavin | 84 |
| Slika 96: Primerjava hidrogramov Ljubljanice in Gradašnice za poplavni dogodek v septembru 2010 (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 85 |
| Slika 97: Večji padavinski dogodki na porečju Ljubljanice, ki so povzročili poplavne dogodke (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015d)..... | 87 |
| Slika 98: Časovni potek (polurna višina padavin) močnega deževja v Ljubljani od 26. 9. 1926 popoldne do 28. 9. 1926 popoldne (spodaj), od noči 20./21. 9. 1933 do 24. 9. 1933 zjutraj (na sredini) in od 16. 9. 2010 popoldne do 19. 9. 2010 dopoldne (zgoraj) (Urad za meteorologijo, 2010)..... | 88 |
| Slika 99: Primerjava poplavnih valov Ljubljanice (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 90 |
| Slika 100: Primerjava poplavnih valov Ljubljanice (ni predhodne namočenosti) (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 90 |
| Slika 101: Primerjava poplavnih valov Ljubljanice (predhodna namočenost) (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015e)..... | 91 |
| Slika 102: Povprečni koeficient površinskega odtoka za porečje Ljubljanice | 92 |
| Slika 103: Povprečne višine padavin za dogodke na porečju Ljubljanice..... | 92 |
| Slika 104: Odvisnost volumna neposrednega padavinskega odtoka od višine padavin za porečje Ljubljanice | 93 |
| Slika 105: Odvisnost koeficienta neposrednega padavinskega odtoka od višine padavin za porečje Ljubljanice | 93 |
| Slika 106: Odvisnost pretoka od volumna neposrednega padavinskega odtoka za porečje Ljubljanice..... | 94 |
| Slika 107: Večji padavinski dogodki na porečju Gradašnice, ki so povzročili poplavne dogodke (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015d) | 95 |
| Slika 108: Primerjava poplavnih valov Gradašnice (ni predhodne namočenosti) (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015a)..... | 96 |
| Slika 109: Primerjava poplavnih valov Gradašnice (predhodna namočenost) (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015a)..... | 96 |
| Slika 110: Povprečni koeficient površinskega odtoka za Gradaščico | 98 |
| Slika 111: Povprečne višine padavin za dogodke na Gradaščici..... | 98 |
| Slika 112: Odvisnost volumna neposrednega padavinskega odtoka od višine padavin za Gradaščico..... | 98 |
| Slika 113: Odvisnost pretoka od neposrednega padavinskega odtoka za Gradaščico | 99 |
| Slika 114: Večji padavinski dogodki na porečju Iške, ki so povzročili poplavne dogodke (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015d) | 100 |

| | |
|--|-----|
| Slika 115: Primerjava poplavnih valov Iške (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015a) | 101 |
| Slika 116: Povprečne višine padavin za dogodke na Iški | 102 |
| Slika 117: Odvisnost volumna neposrednega odtoka od višine padavin za Iško | 102 |
| Slika 118: Odvisnost pretoka od volumna neposrednega odtoka za Iško | 103 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|--|----|
| Preglednica 1: Razredi poplavne nevarnosti glede na globino vode (Pravilnik..., 2007). | 12 |
| Preglednica 2: Razredi poplavne nevarnosti glede na zmnožek globine in hitrosti vode (Pravilnik..., 2007). | 12 |
| Preglednica 3: Število dokumentiranih poplavnih dogodkov v Ljubljani v preteklosti (MOL, 2012, cit. po Butina, 2011). | 13 |
| Preglednica 4: Podatki o vodomernih postajah (Agencija RS za okolje, 2015b). | 21 |
| Preglednica 5: Podatki o postajah z meritvami padavin (Agencija RS za okolje, 2015d). | 21 |
| Preglednica 6: Velikost prispevnih površin Gradaščice in Ljublanice (Agencija RS za okolje, 2015c). | 22 |
| Preglednica 7: Povprečna letna količina padavin v Sloveniji (Statistični urad RS, 2015). | 22 |
| Preglednica 8: Povprečna letna količina padavin posameznih območij v Sloveniji (Bat et al, 2008). | 22 |
| Preglednica 9: Visokovodne konice Ljublanice na v. p. Moste v obdobju 1971–2000 (jesenske visokovodne konice so v odebeljenem tisku) (Agencija RS za okolje, 2015a). .. | 23 |
| Preglednica 10: Izbrani visokovodni dogodki na v. p. Moste in Moste I (Agencija RS za okolje, 2015a). | 25 |
| Preglednica 11: Izbrani visokovodni dogodki na v. p. Dvor (Agencija RS za okolje, 2015a). .. | 28 |
| Preglednica 12: Izbrani visokovodni dogodki na v. p. Iška in Iška I (Agencija RS za okolje, 2015a). | 29 |
| Preglednica 13: Značilnosti hidrološko določenih visokovodnih valov Gradaščice v prerezu Bokalci in Ljublanice na v.p. Moste s povratno dobo 100 let (Fazarinc, 2011). | 31 |
| Preglednica 14: Pretoki Ljublanice in Gradaščice nekaterih poplavnih dogodkov v zadnjih letih (Agencija RS za okolje, 2015a). | 31 |
| Preglednica 15: Volumen in trajanje visokovodnih valov Ljublanice. | 34 |
| Preglednica 16: Volumen in trajanje visokovodnih valov Gradaščice. | 34 |
| Preglednica 17: Visokovodni dogodki na Ljublanici (v. p. Moste), razvrščeni po pretočni konici, volumnu celotnega odtoka in volumnu površinskega odtoka. | 36 |
| Preglednica 18: Visokovodni dogodki na Gradaščici (v. p. Dvor), razvrščeni po pretočni konici, volumnu celotnega odtoka in volumnu površinskega odtoka. | 37 |
| Preglednica 19: Površine Thiessenovih poligonov za prispevna območja vodomernih postaj Moste, Dvor in Iška. | 41 |
| Preglednica 20: Povprečne dnevne padavine na porečju za padavinski dogodek septembra 1926 (povzeto po Dolinar et al., 2011). | 43 |
| Preglednica 21: Meritve padavin v milimetrih postaje Ljubljana - Dvorec septembra 1926. | 45 |
| Preglednica 22: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka septembra 1926. | 46 |

| | |
|--|----|
| Preglednica 23: Povprečne dnevne padavine na porečju za padavinski dogodek septembra 1933 (povzeto po Dolinar et al., 2011). | 47 |
| Preglednica 24: Meritve padavin v milimetrih postaje Ljubljana - Dvorec septembra 1933. | 48 |
| Preglednica 25: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka septembra 1933. | 49 |
| Preglednica 26: Količine padavin v milimetrih in snežne odeje v centimetrih na porečju Ljubljane pri visokovodnem dogodku januarja 1979 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 49 |
| Preglednica 27: Količine padavin v milimetrih in snežne odeje v centimetrih na porečju Gradašnice pri visokovodnem dogodku januarja 1979 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 50 |
| Preglednica 28: Količine padavin v milimetrih in snežne odeje v centimetrih na porečju Iške pri visokovodnem dogodku januarja 1979 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 50 |
| Preglednica 29: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka januarja 1979. | 53 |
| Preglednica 30: Količine padavin v milimetrih in snežne odeje v centimetrih na porečju Gradašnice pri visokovodnem dogodku januarja 1982 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 54 |
| Preglednica 31: Količine padavin v milimetrih na porečju Gradašnice pri visokovodnem dogodku junija 1982 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 54 |
| Preglednica 32: Hidrološke lastnosti visokovodnih dogodkov Gradašnice pri v. p. Dvor leta 1982. | 56 |
| Preglednica 33: Količine padavin v milimetrih na porečju Ljubljane pri poplavnem dogodku novembra 1990 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 57 |
| Preglednica 34: Količine padavin v milimetrih na porečju Gradašnice pri poplavnem dogodku novembra 1990 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 57 |
| Preglednica 35: Količine padavin v milimetrih na porečju Iške pri poplavnem dogodku novembra 1990 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 57 |
| Preglednica 36: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka novembra 1990. | 60 |
| Preglednica 37: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka novembra 1991. | 63 |
| Preglednica 38: Količine padavin v milimetrih na porečju Ljubljane pri poplavnem dogodku oktobra 1993 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 64 |
| Preglednica 39: Količine padavin v milimetrih na porečju Gradašnice pri poplavnem dogodku oktobra 1993 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 64 |

| | |
|---|-----|
| Preglednica 40: Količine padavin v milimetrih na porečju Iške pri poplavnem dogodku oktobra 1993 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 64 |
| Preglednica 41: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka oktobra 1993. | 67 |
| Preglednica 42: Količine padavin v milimetrih na porečju Ljubljanice pri poplavnem dogodku oktobra 1998 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 69 |
| Preglednica 43: Količine padavin v milimetrih na porečju Gradaščice pri poplavnem dogodku oktobra 1998 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 69 |
| Preglednica 44: Količine padavin v milimetrih na porečju Iške pri poplavnem dogodku oktobra 1993 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 70 |
| Preglednica 45: Količine padavin v milimetrih na porečju Ljubljanice pri poplavnem dogodku novembra 1998 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 70 |
| Preglednica 46: Količine padavin v milimetrih na porečju Gradaščice pri poplavnem dogodku novembra 1998 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 70 |
| Preglednica 47: Količine padavin v milimetrih na porečju Iške pri poplavnem dogodku novembra 1998 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 70 |
| Preglednica 48: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka oktobra 1998. | 77 |
| Preglednica 49: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka novembra 1998. | 77 |
| Preglednica 50: Količine glavnega vala padavin v milimetrih na porečju Ljubljanice pri poplavnem dogodku septembra 2010 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 79 |
| Preglednica 51: Količine glavnega vala padavin v milimetrih na porečju Gradaščice pri poplavnem dogodku septembra 2010 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d). | 80 |
| Preglednica 52: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka septembra 2010. | 86 |
| Preglednica 53: Primerjava hidroloških značilnosti poplavnih dogodkov na porečju Ljubljanice. | 91 |
| Preglednica 54: Primerjava hidroloških značilnosti poplavnih dogodkov Gradaščice. | 97 |
| Preglednica 55: Primerjava hidroloških značilnosti poplavnih dogodkov Iške. | 101 |

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

| | |
|-------|--|
| ARSO | Agencija Republike Slovenije za okolje |
| n. p. | ni podatka |
| NPTEL | National Programme on Technology Enhanced Learning |
| IZVRS | Inštitut za vode Republike Slovenije |
| v. p. | vodomerna postaja |

Ta stran je namenoma prazna.

1. UVOD

Voda je bistvo vseh oblik življenja ter nujna za človekovo preživetje in razvoj družbe. V naravi mora biti na voljo v zadostnih količinah in ustrezne kakovosti. Zaradi lege na južni strani Alp dobi Slovenija razmeroma velike količine padavin, zaradi katerih je dovolj tudi zalog podzemne vode, ki je glavni vir oskrbe s pitno vodo. Kljub temu je lokalna oskrba z vodo vse pogosteje motena zaradi vse pogostejših suš v zadnjih dveh desetletjih, ki zmanjšujejo zaloge podzemne vode in vodno količino površinskih vodotokov. Druga skrajnost pa so poplave, ki so v zadnjih nekaj desetletjih nemalokrat prizadele različne predele Slovenije. Raziskave na področju podnebnih sprememb kažejo na vse pogostejše in izrazitejše suše in poplave v prihodnosti (Gregorčič (ur.) et al., 2010).

V zadnjih letih so, glede na analizo podatkov o visokih vodah in poplavah državnega hidrološkega monitoringa, obsežnejše poplave v Sloveniji pogostejše. Število pojavov visokih voda se je v obdobju 1996–2010 povečalo. Deloma lahko to pripišemo neugodnim vremenskim dogodkom (na primer več mokrih let v nekem obdobju), deloma pa vse večjemu človekovemu poseganju v prostor (Kobold, 2011).

Zaradi varnostnih, gospodarsko-ekonomskih in zdravstvenih vidikov sta poznavanje preteklih poplavnih dogodkov in opozarjanje v času pričakovanih novih poplavnih dogodkov pomembna ne le za območja z manjšo gostoto poselitve, temveč predvsem za gosto pozidana in poseljena območja, kjer ima nenadzorovano razlivanje vode preko brežin strug vodotokov večji vpliv na človeka. Takih območij je zaradi širjenja naselij v Sloveniji več kot v preteklosti, predvsem v predelih nižin, ravnin in kotlin, ki so primernejša za poselitve, vendar hkrati tudi neugodnejša v času poplav, saj ima voda zaradi manjše reliefne razgibanosti prosto pot za razlivanje. Eno takih območij je Ljubljansko barje, ki je največje poplavno območje v Sloveniji: od skupno 762 km² poplavnih območij v Sloveniji (Dolinar et al., 2011, cit. po Komac et al., 2008) zavzema Ljubljansko barje okoli 160 km² (Vode Ljubljanskega barja, 2015) in tako predstavlja približno 20 % vseh poplavnih površin v Sloveniji. Leta 1869 je v naseljih z naklonskim razredom 0–1° živel 14,4 % ljudi, leta 1981 pa 28,1 %. Po izračunih iz obdobja 1961–1981 naj bi leta 2001 v teh naseljih živel 35,7 % ljudi. Ljubljansko barje se je začelo intenzivneje poseljevati šele v sredini 19. stoletja (Orožen Adamič, 1991).

Do poplav in izrednih razmer v Sloveniji najpogosteje prihaja zaradi obilnih padavin, ki nastopijo po dolgotrajnem, večdnevem zmernem deževju. Posledice dnevnih in večdnevih izjemnih količin so poplave večjega obsega. Tudi padavine, ki padejo na snežno odejo, povzročijo njeno taljenje in velik, lahko celo katastrofalen površinski odtok. Velikokrat pa poplave povzročijo kratkotrajni in močni nalivi, ki so lokalno omejeni (Kobold, 2011). Vodotok začne poplavljati takrat, ko zaradi večanja pretoka gladina toliko naraste, da voda prelije brežine in se začne razlirati po terenu ob strugi. Poleg padavin, ki so v Sloveniji glavni dejavnik za nastop poplave, obstajajo tudi drugi dejavniki, kot na primer predhodna namočenost tal, zamrznjena tla in pokrovnost tal. S poznavanjem povezave med količino padavin in pretoki, lahko ob pričakovanem znatnem povečanju padavin na porečju ali delu porečja napovemo poplavljanje na kritičnih odsekih vodotokov.

Poplave spadajo med naravne pojave z velikimi posledicami za družbo. Poplavni dogodek na različne načine prizadene številne človekove dejavnosti, zato je, predvsem posredno in sekundarno škodo, težje določiti. Na škodo v poljedelstvu ne vplivata le gladina poplavne vode in vrsta poplavljenih poljščin, temveč tudi trajanje poplave in obdobje v letu, v katerem pride do poplave. V prometu, električni in telekomunikacijski infrastrukturi je škoda deljena na neposredno (poškodovanje prometne infrastrukture) in posredno (prekinitev prometa, električne in telekomunikacijske infrastrukture negativno vpliva na gospodarstvo). Škoda na stanovanjskih objektih je predvsem materialna in odvisna od višine, ki jo poplava doseže, ter vrednosti premičnin in nepremičnin, v proizvodnih in storitvenih obratih pa je poleg neposredne in materialne škode pomembna tudi posredna škoda, ki je odvisna od trajanja poplave. Škoda v vodnem gospodarstvu je sestavljena iz stroškov varstva pred poplavami in škodo, ki jo povzroči erozija v strugi reke na vodnogospodarskih objektih. Zaradi rabe pesticidov v kmetijstvu, raznih cistern z gorivi za ogrevanje v kletih objektov in črnih odlagališč odpadkov predstavlja poplava tudi okoljski problem, saj so lahko naplavine onesnažene. Poškodovane vodovodne in kanalizacijske infrastrukture ali dlje časa trajajoče poplave (npr. kraške poplave) zaradi večje možnosti širjenja bolezni predstavljajo zdravstveno-higiensko tveganje, še posebej na območjih črnih gradenj z neurejenim kanalizacijskim omrežjem. Škodo in stroške evakuacije ter intervencije se lahko zmanjša s pravočasnimi opozorili, kadar je to mogoče (Dobravc, 2007).

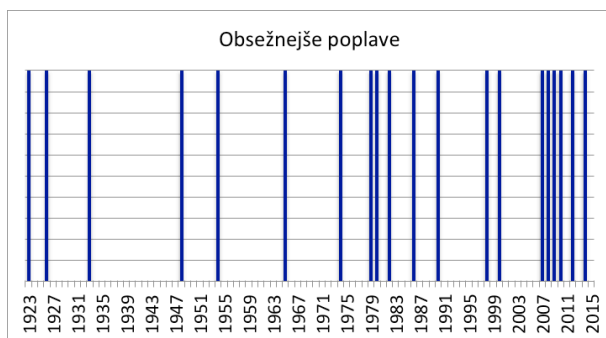
Na območju Mestne občine Ljubljana je 7981 ha poplavno ogroženih površin, največ na jugozahodnem delu občine, kjer poplavljata hudourniški potok Mali Graben in kraška reka Ljubljana s pritoki. Poleg Malega Grabna, ki je za Ljubljano največji in najnevarnejši hudourniški vodotok, predstavljajo poplavno nevarnost na vseh koncih Mestne občine Ljubljana tudi drugi hudourniški potoki, ki povzročajo hudourniške poplave. Zahodni in južni del občine ogrožajo Glinščica, Spodnji in Zgornji Galjevec in barjanski pritoki Ljubljane z obrobnege hribovja (Iška, Želimeljščica,...). Poleg 4177 evidentiranih objektov s hišnimi številkami so na območju Mestne občine Ljubljana poplavno ogroženi tudi številni objekti črnih gradenj (na Ljubljanskem barju na območju Črne vasi in Rakove Jelše) in objekti brez hišnih števil, to so garaže, skladišča, barake, lope, proizvodne hale, delavnice, drvarnice, itd. (Kus, 1998).

Do poplav na območju Mestne občine Ljubljana najpogosteje pride jeseni in spomladi, ko so pretoki vodotokov največji, lahko pa nastopijo tudi poleti, ko so neurja pogostejša. Ta povzročajo hudourniške poplave. Poleg izrednih poplav so na Ljubljanskem barju prisotne še vsakoletne večkratne poplave, ki nastopijo najpogosteje jeseni in pozimi. Vzrok zanje so, poleg Ljubljane in njenih pritokov, hidrološke, geološke, geomorfološke lastnosti barja. Neprepustni sloji ilovice v osrednjih delih barja, visoka gladina podtalne vode in ravninski teren upočasnjujejo odtok voda, zaradi zelo majhnega padca dna struge pa k temu pripomorejo tudi zajeze Ljubljane ali pritokov (Dobravc, 2007; Globevnik et al., 2013).

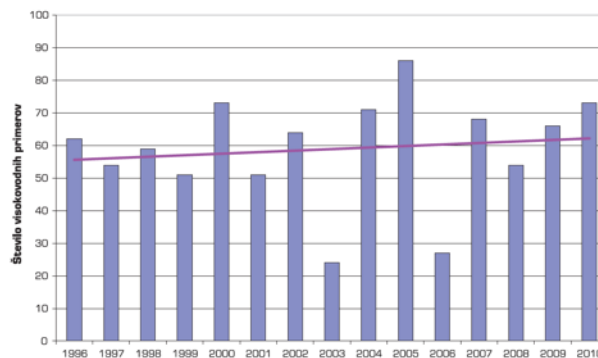
Ljubljansko barje je največji naravni zadrževalnik v Sloveniji, zato vpliva na vodna režima Ljubljane in Save. Ob normalnih hidroloških razmerah je režim vode na barju umetno vzdrževan z zapornicama na Ambroževem trgu in Gruberjevem prekopu v Ljubljani. V času izdatnih, dolgotrajnih in intenzivnih padavin pa poplavljanje na Ljubljanskem barju razbremeni dolvodne odseke struge na Rudniku v Ljubljani ter v spodnjem toku Ljubljane in zmanjša pritok Ljubljane v Savo, zato je ključnega pomena za zmanjševanje poplavne nevarnosti na teh območjih (Šot Pavlovič et al., 2012).

2. POPLAVNA OGROŽENOST SLOVENIJE

Na podlagi spremljanja podnebnih spremenljivk v Sloveniji so ugotovili, da se spreminjajo vzorci, količina in intenziteta padavin (Kobold in Ulaga, 2012, cit. po Bertalanič et al., 2010). V Sloveniji naj bi se po nekaterih napovedih do konca 21. stoletja temperatura zraka v povprečju dvignila za 3°C, kar bo povečalo intenziteto padavin, ki bodo količinsko bolj zastopane v hladni polovici leta in manj v topli polovici leta (Kobold in Ulaga, 2012, cit. po Kajfež Bogataj, 2006). Večja intenziteta in koncentracija padavin v krajšem obdobju bosta imeli za posledico vse več hudourniških poplav in zemeljskih plazov. Največji odziv se pričakuje na hudourniških vodotokih v alpskem in predalpskem svetu, najmanjši pa pri kraških vodotokih zaradi podzemnih akumulacij vode (Kobold in Ulaga, 2012). Večja pogostost poplav in pojavov visokih voda v Sloveniji v zadnjih letih je prikazana na slikah 1 in 2.



Slika 1: Leta z obsežnejšimi poplavami v Sloveniji (upoštevane so poplave s povratno dobo nad 50 let na vsaj treh porečjih) (Kobold, 2011)

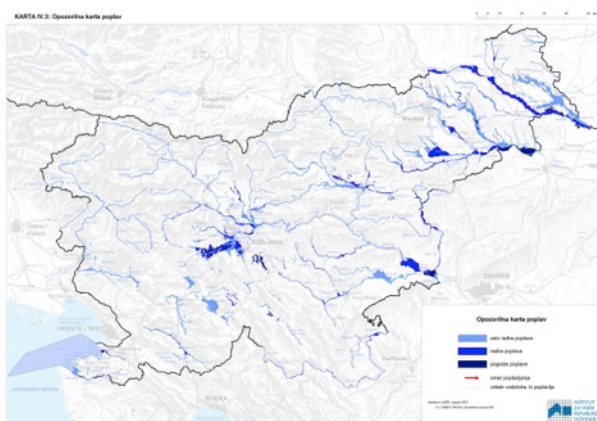


Slika 2: Število pojavov visokih voda na slovenskih rekah (Kobold, 2011)

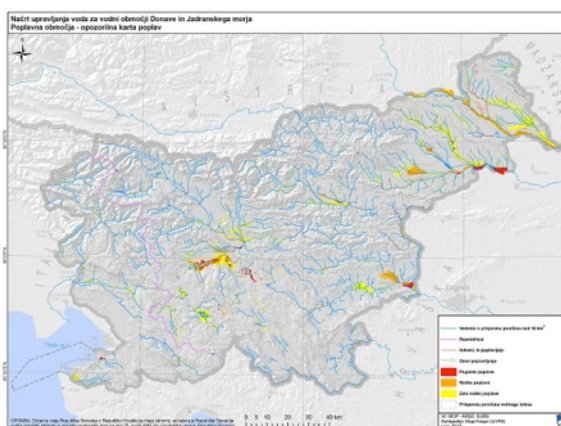
Čeprav lahko pride v Sloveniji do poplavljanja vodotokov v vseh letnih časih, je največja verjetnost nastopa takih dogodkov jeseni, predvsem oktobra in novembra. V tem letnem času upade zadrževalni učinek vegetacije, hkrati pa pride do prehoda hladne fronte preko srednje Evrope ali sredozemskega ciklona iznad Genovskega zaliva, kar v Sloveniji povzroči kombinacijo ciklonskih in orografskih padavin, ki je lahko po količini in intenziteti zelo močna. Posledice se odražajo v povečanju pretokov, ki lahko, zaradi lege Slovenije v povirju rek in zato hudourniške narave številnih vodotokov, nastopijo zelo hitro (časovni razpon nekaj ur). Za poplavljanje na manjših porečjih so odločilne intenzivne padavine krajšega trajanja, ki so v Sloveniji najpogostejše poleti, za poplavljanje na večjih porečjih pa so odločilne dolgotrajne padavine, ki v Sloveniji nastopijo spomladi ali jeseni (Kobold in Ulaga, 2012).

Nevarnost poplavljanja se prikaže s poplavnimi kartami, ki so dosegljive na spletnih portalih Agencije RS za okolje (Atlas okolja). Iz kart izhaja, da so v Sloveniji najbolj poplavno ogrožena območja Ljubljansko barje ter vzhodna Ljubljanska kotlina, Celjska kotlina, Krško-Brežiško polje, Dravsko-Ptujsko polje ter poplavne ravnice reke Mure v okolici Murske Sobote ter Lendave, torej območja ob sotočjih vodotokov z večjo gostoto poseljenosti. Hudourniške poplave in zemeljski plazovi ter usadi ogrožajo predvsem alpski in predalpski svet.

Za Slovenijo so izdelane naslednje poplavne karte: integralne karte poplavne nevarnosti, razredov poplavne nevarnosti in razredov globin ter opozorilna karta poplav. Na opozorilnih kartah (sliki 3 in 4) so označena območja pogostih (povratna doba 2-5 let), redkih (povratna doba 10-20 let) in zelo redkih poplav (povratna doba 50 let in več). Integralna karta poplavne nevarnosti (slika 5) prikazuje območja dosega 10-letnih poplav (temno modra barva), 100-letnih poplav (modra barva) in 500-letnih poplav (svetlo modra barva). Slika 6 (Kobold, 2015a) prikazuje nastop največjih poplavnih dogodkov po državi. Posamezen poplavni dogodek ne prizadane hkrati celotne Slovenije, temveč le posamezne regije in z različnimi jakostmi, odvisno od razporeditve padavin. Leta 1990 so bila s poplavami najbolj prizadeta območja Škofje Loke z okolico, severne Ljubljanske kotline, Posavskega hribovja ter zahodne Štajerske, leta 2010 pa so bila najbolj prizadeta območja severne Primorske in Notranjske, Ljubljanskega barja, Dolenjske in Krško-Brežiškega polja.



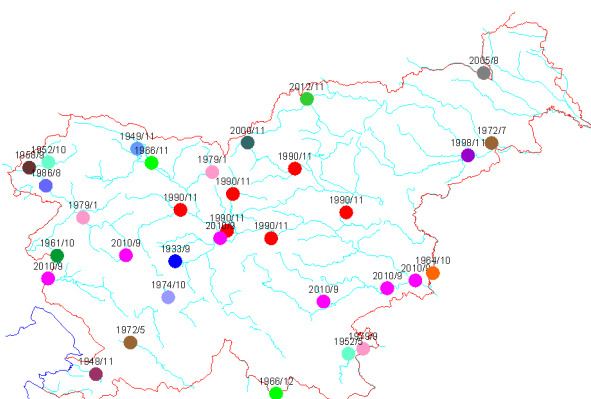
Slika 3: Opozorilna karta poplav 2007 (Inštitut za vode RS, 2015)



Slika 4: Opozorilna karta poplav 2010 (Inštitut za vode RS, 2015)



Slika 5: Integralna karta poplavne nevarnosti za Slovenijo (Agencija RS za okolje, 2015c)



Slika 6: Leta in meseci (leto/mesec) z največjimi poplavnimi pretoki na merilnih mestih mreže za površinske vode z nizom podatkov dolžine nad 60 let (leta se ločijo po barvi) (Kobold, 2015a)

2.1 Značilnosti in tipi poplav

Poplava je naravni pojav, ki nastane, ko voda prestopi brežine struge in se razlije izven območja vodotoka, to je po poplavnih ravninah ali drugih geomorfoloških oblikah. Poplave so tesno povezane z erozijo tal, oba pojava pa predstavljata nevarnost za človeka in okolje, kot je definirano tudi v Zakonu o vodah (2002): *“Poplavna in erozijska ogroženost je kombinacija verjetnosti nastopa poplavnega in z njim povezanega erozijskega dogodka ter mogočih škodljivih posledic, ki jih ima lahko ta dogodek na ljudi, okolje, gospodarske dejavnosti in na kulturno dediščino.”*

Zbiranje in odtok povečanih količin padavin povzročata erozijske procese ne le v strugi vodotoka, temveč v celotnem porečju. Proces se začne s spiranjem površinske preperine, nadaljuje z zemeljskimi plazovi in konča v rečni strugi, kjer voda prestopi bregove in poplavi okolico (Brilly et al., 1999).

Glavni vzroki za poplave so povečane padavine, predvsem intenzivni nalivi na predhodne dolgotrajne padavine (jeseni), padavine v kombinaciji s taljenjem snega (spomladi) in drugi vzroki, kot so dvig gladine podtalnice, zajezen odtok na kraških poljih, zaježitve strug zaradi snežnih ali zemeljskih plazov, delovanje hudournikov (izredno hitro povečanje pretoka in vodostaja), plima morja, naravno ali antropogeno povzročeno posedanje tal (zaradi geotektonike in prelomov tal, konsolidacije zemljin, prekomernega črpanja podtalne vode, gradnje objektov, rudnikov, idr.). V Sloveniji delimo poplave na (Brilly et al., 1999):

- hudourniške,
- rečne ali nižinske,
- kraške,
- poplave morja.

Razsežnost poplave se ugotavlja z zbiranjem in analizo meritev vodostajev v času poplavnega dogodka. Z ustreznim hidravličnim modelom oz. funkcijsko odvisnostjo vodostaj-pretok (pretočna krivulja) se iz zabeleženih vodostajev izračuna pripadajoče pretoke, ki se jih v odvisnosti od časa prikaže na hidrogramu. Oblika hidrograma in velikost konice poplavnega vala služi opisu poplavnega vala, za točnejše ovrednotenje razsežnosti poplave pa se uporabi tudi analiza volumnov visokovodnih valov (Strojan et al., 2010).

Širjenje človekovih dejavnosti v okolju, kot so sprememba rabe tal in krčenje gozdov, vse večja pozidanost - urbanizacija tudi na območjih, ki s poplavnega vidika niso primerna za poselitev, izsuševanje, regulacija vodotokov, gradnja akumulacij in drenažnih sistemov, škodni učinek poplav še povečuje (Kobold, 2011).

2.1.1 Kraške poplave

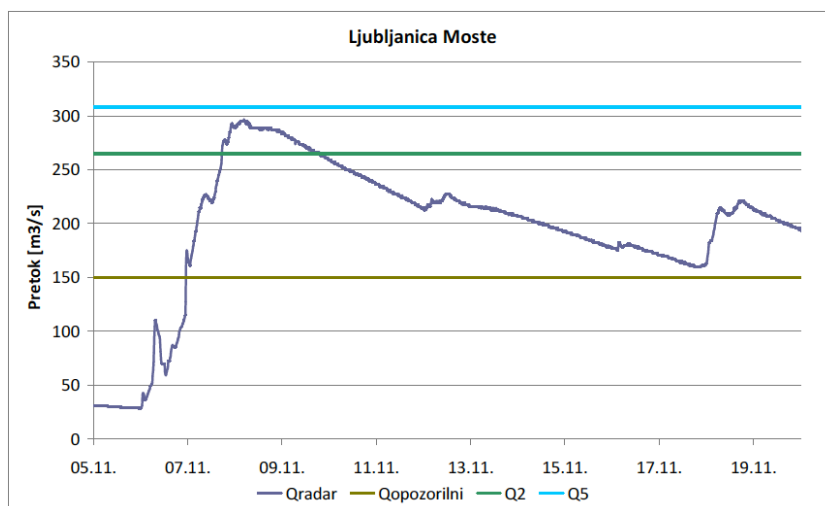
Kraške poplave so povezane s požiralno sposobnostjo kraških požiralnikov in nastopijo takrat, ko je dotok na kraško polje večji od odtočnih kapacitet požiralnikov (Mikoš, 2007; Bedeničič, 2011). Kadar količina padavin presega odtočne sposobnosti podtalnega kraškega sistema, se le-ta polni in gladina podtalnice dviguje. Ko je vodonosnik napolnjen, se gladina vode dvigne nad površje in ga poplavi. Nekatere lastnosti kraških poplav so (Bedeničič, 2011):

- v enem letu lahko nastopijo večkrat,

- lahko so dolgotrajne (tudi več tednov),
- obseg je omejen in ga je mogoče vnaprej oceniti,
- zaradi manjših pretočnih hitrosti ne povzročajo erozije tal.

Škoda nastane s poplavljanjem kleti in pritličij stavb, z zalitjem prometnic, z uničenjem korenin v vegetacijski dobi ipd. Takšno poplavljanje je izrazito za Ljubljano na Ljubljanskem barju (Kus, 1998).

Ta vrsta poplav nastopi postopno in ob dolgotrajnih padavinah, zato jo je lažje napovedati in po potrebi evakuirati prebivalce ogroženih območij ter izvesti interventne protipoplavne ukrepe. V primerjavi s hudourniški poplavami je odtok bistveno počasnejši, zato je poplava prisotna dalj časa, t.j. več dni, lahko tudi do nekaj tednov. Značilen hidrogram je daljši in ima manj izrazito konico kot hidrogram hudourniške poplave (slika 7).

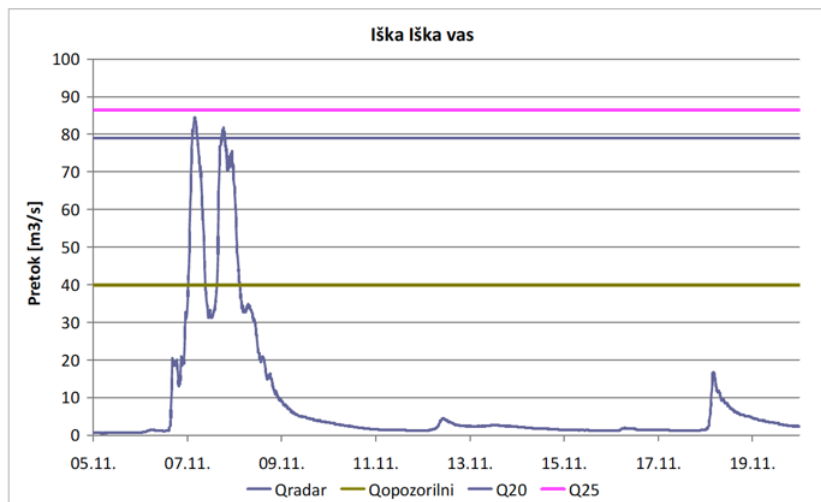


Slika 7: Hidrogram Ljubljane na v. p. Moste novembra 2014 (kraške lastnosti porečja) (Sektor za analize in prognoze površinskih voda, 2014b)

2.1.2 Hudourniške poplave

Hudourniške poplave so posledica kratkotrajnih padavin z večjo intenziteto (Mikoš, 2007). Padavine so ponavadi omejene na manjše območje, zaradi velike intenzitete pa povzročijo hiter površinski odtok in naglo povečanje pretoka hudourniških vodotokov (slika 8). Poleg padavin lahko hudournik naglo naraste tudi zaradi taljenja snežne odeje. Za hudourniške poplave je značilno, da nastanejo zelo hitro, vendar po nekaj urah tudi upadejo (Kus, 1998). Zaradi kratkotrajne narave in lokalne omejenosti je take poplave pogosto nemogoče napovedati, saj je konica poplavnega vala lahko dosežena v manj kot 1 uri. Zaradi hitrega odtoka je hidrogram sorazmerno kratek in ima izrazito, visoko konico.

Hudourniški potoki imajo veliko rušilno in erozijsko moč v zgornjem toku, kjer je padec večji, na ravninah pa transportirani material odlagajo. Pogosto je spremljajoče plazenje tal (Kus, 1998).



Slika 8: Hidrogram Ljčke na v. p. Ljčka vas novembra 2014 (hudourniške lastnosti porečja) (Sektor za analize in prognoze površinskih voda, 2014a)

2.1.3 Površinski odtok in odtočni količnik

Voda, ki v obliki padavin pade na površje, se delno zadrži na vegetaciji, delno se infiltrira in zadrži v tleh, delno izhlapi nazaj v ozračje s procesi evaporacije in evapotranspiracije, preostali delež pa zaradi gravitacije površinsko in podpovršinsko odteka proti najnižji točki prispevne površine. Do površinskega odtoka pride takrat, ko intenziteta padavin presega intenziteto infiltracije tal. Kadar dalj časa ni padavin in površinskega odtoka¹, se v strugah vodotokov zbira podzemna voda, ki predstavlja bazni odtok. V primeru padavin pa se poleg količine vode, ki pade neposredno v struge vodotokov, poveča tudi površinski odtok, ki se steka v struge in povzroča dvig gladin vodotokov (Brilly et al., 2005).

Odtočni količnik je razmerje med odteklo in padlo vodo in je odvisen od lastnosti povodja, intenzivnosti in trajanja padavin, predhodne namočenosti tal, idr. Velik vpliv na odtočni količnik imajo človekove dejavnosti, ki ga lahko bistveno povečajo, na primer s sečnjo gozdov ali z gradnjo mestnih in cestnih površin (urbanizirane površine) (Brilly et al., 2005).

Spreminjanje odtočnih količnikov ima s povečanjem količine in s skrajšanjem časa odtoka vpliv na obliko hidrograma v dolvodnih odsekih vodotoka. Intenzivno širjenje urbaniziranih površin s povečanjem odtočnih količnikov povzroči, da večja količina vode v krajšem času vstopi v strugo vodotoka, zato se hidrogram dolvodnega² odseka vodotoka zviša in skrajša. To v naravi pomeni manjšo enakomernost odtoka padavin in bolj koncentriran visokovodni val. Ob deževju pretoki vodotoka hitreje narastejo in dosežejo večjo pretočno konico, ki je lahko tudi časovno zamaknjena. V najbolj neugodnem primeru lahko konica hidrograma na nekem odseku vodotoka časovno sovпада z naraščajočimi pritoki vodotoka in povzroči poplavljanje, ki ga pred urbanizacijo ni bilo. Vpliv na časovno, količinsko in prostorsko razporejenost pretokov (vpliv na obliko in trajanje hidrogramov) imajo tudi druge človekove dejavnosti, kot so sprememba rabe tal, izsuševalni ukrepi, regulacije vodotokov, gradnje akumulacij in drenažnih sistemov, idr. (Kobold, 2011).

¹ na primer zaradi taljenja snega

² dolvodno od območja urbanizacije

Povprečni odtočni količnik za porečje kraške Ljubljane znaša 60–75 %, kar je nekoliko višje od 59 %, kolikor znaša povprečni odtočni količnik za celotno Slovenijo. Na območju barjanske Ljubljane znaša povprečni odtočni količnik 45–60 % (Kolbezen in Pristov, 1998).

2.1.4 Predhodna namočenost

Večja predhodna namočenost zmanjša retenzijsko kapaciteto zemljine in zato poveča odtočni koeficient, torej količino površinsko odtekle vode glede na dano količino padavin (Brilly et al., 1999). O predhodni namočenosti tal govorimo v primeru dalj časa trajajočih deževij, ki v Sloveniji praviloma nastopijo spomladi in predvsem jeseni. Velika predhodna namočenost tal lahko posredno prek povečanega površinskega odtoka povzroči poplavljanje vodotokov ob količini padavin, ki v normalnih razmerah, t.j. ob manjši predhodni namočenosti tal, poplavljanja ne bi povzročila. Predhodna namočenost ima velik vpliv predvsem na hudourniški tip poplav, saj je odziv porečij s hudourniški lastnostmi bistveno hitrejši od porečij s kraškimi lastnostmi.

2.2 Pregled večjih poplav

Poplave so se dogajale v preteklosti in bodo prisotne tudi v prihodnosti, saj se jim je nemogoče popolnoma izogniti. Vseh zapisov ali popolnih podatkov o večjih poplavah v preteklosti zaradi slabšega dokumentiranja nimamo, vendar se jih je nekaj vseeno ohranilo. Pomembni so pisni viri in fizične markacije (spominske plošče) na stavbah, ki označujejo koto najvišje gladine pri določeni poplavi. Brez teh zapisov bi imeli precej manj informacij o preteklih poplavah, saj so v povprečju v družbeni zavesti le poplave zadnjih nekaj let, teh pa, zaradi urejanja vodotokov in narave pojava³, v povprečju ni veliko. To je tudi eden od vzrokov za širjenje naselij na poplavno ogroženih območjih. Čeprav so bili v preteklosti že hujši poplavni dogodki kot v zadnjih letih, lahko dandanes poplava manjše ali enake razsežnosti povzroči večjo škodo, ker je gostota poselitve (tudi na poplavno ogroženih območjih, kot je na primer Ljubljansko barje) večja, torej je tudi škodni potencial večji.

Med pretekle poplave z znatnimi škodljivimi posledicami se uvrščajo tiste poplave, ki izpolnjujejo vsaj enega od treh pogojev (kriterije je določilo ministrstvo za okolje in prostor v predhodni oceni poplavne ogroženosti Republike Slovenije decembra 2011) (Predhodna ocena, 2011):

- so bile smrtne žrtve,
- je bila škoda na imetju ljudi in
- je bila škoda na infrastrukturi vključno s kulturno dediščino.

Preglednica preteklih poplav, ki so imele znatne škodljive posledice, je podana v prilogi A in prikazuje leto ter mesec poplavnega dogodka, vrsto škodne posledice in porečje, v katerem se je poplava zgodila.

2.2.1 Škodne posledice pozameznih poplavnih dogodkov v obdobju med 1990 in 2012

Poplavni dogodek iz leta 1990 se smatra kot dogodek z največjimi posledicami za družbo. Prizadeti sta bili 2/3 ozemlja Slovenije, izvzeti sta bili le območji Mure in Primorja. V vplivnem

³ poplavni dogodki veljajo za redke pojave (Kobold, 2011)

območju nevarnosti je bilo 240.000 ljudi, od teh je bilo okoli 2600 evakuiranih. Uničenih je bilo 190 objektov, poplavljenih 5231 objektov in 398 industrijskih objektov, porušeni 96 mostov, poškodovanih 280 mostov in 2683 km cest, uničenih 20 km železniških prog, sproženih 480 plazov in 2000 zdrsov. Škoda je ocenjena na 1134.000.000 DEM, od tega 28 % škode v gospodarstvu. Največji delež škode je utrpelo območje med Sotlo in Savinjo (Predhodna ocena..., 2011).

V letu 1994 je bilo več poletnih kratkotrajnih nalivov, ki so povzročili poplave hudourniških vodotokov predvsem na porečjih Save, Drave in Soče (Predhodna ocena..., 2011).

Oktobra in novembra 1998 so poplavni dogodki na polovici ozemlja Slovenije prizadeli 116 občin, izvzeta so bila območja Mure, Primorja in dela Gorenjske. Škoda je ocenjena na 173 milijonov evrov, od tega je 44 % delež utrpelo območje med Sotlo in Savinjo, 33 % delež pa Posočje (Predhodna ocena..., 2011).

V letu 2007 so po padavinah s povratno dobo 250 let in več močno narasli pretoki manjših in srednje velikih vodotokov, ki so povzročili hudourniške poplave na območju 1/3 ozemlja Slovenije. Katastrofalne razmere so bile v povirju Selške Sore, na območju Davče, Škofjeloškega hribovja in drugje. Najhuje je poplavljala Selška Sora s pritoki, ki je imela na v. p. Železniki pretočno konico 310 m³/s (pretok s 100-letno povratno dobo znaša 226 m³/s). Poškodovanih je bilo 4329 stanovanjskih objektov, 979 gospodarskih objektov, slabih 2000 km cest, 147 mostov, 17 km vodovodnega omrežja, 7 km električnega omrežja in sproženih 432 zemeljskih plazov. Škoda je ocenjena na 200 milijonov evrov, od tega 83 % na območjih med Sotlo in Savinjo ter na Gorenjskem (Černe, 2007; Predhodna ocena..., 2011).

V letu 2009 sta bila dva poplavna dogodka. Marca so poplave prizadele porečji Vipave in Idrijce s skupno škodo 1,75 milijona evrov na vodni infrastrukturi. Decembrske poplave so nastopile po nenadni otoplitvi in posledičnem taljenju snega in prizadele 1/3 ozemlja Slovenije s škodo 25 milijonov evrov, od tega 93 % vse škode na območjih Zgornje Save in Soče (Kobold, 2011 in Predhodna ocena..., 2011).

Leta 2010 so obširne poplave različnih tipov prizadele 3/4 ozemlja Slovenije, skupno 170 občin. Škoda je ocenjena na 188 milijonov evrov, 35 % vse škode na vodni infrastrukturi je bilo na območju Srednje Save (Predhodna ocena..., 2011).

Leta 2012 so bile poplave v začetku novembra po močnejšem deževju. Do poplav je najprej prišlo v zgornjem Posočju, na Koroškem, v Savinjski dolini, na območjih Save Bohinjke in Save Dolinke ter Sotle, kasneje pa tudi v Zasavju in Posavju ter ob Muri. Pretok Drave se je na avstrijski strani izredno hitro povečal, zato je do poplav prišlo v njenem srednjem in spodnjem toku v Sloveniji. Opozorilne pretoke so presegle številni drugi vodotoki, med njimi tudi Gradaščica z največjim pretokom 68,7 m³/s. Skupna škoda je ocenjena na 373 milijonov evrov (Sektor za analize in prognoze površinskih voda, 2012; Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje. 2014).

3. POPLAVNA OGROŽENOST POREČJA LJUBLJANICE

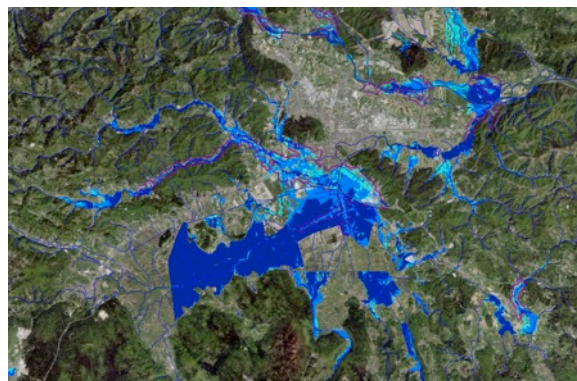
Porečje Ljubljane se razteza na območju večih občin in številnih naselij in zajema več površinskih in, zaradi kraških lastnosti tal, podzemnih vodotokov. Poplavna ogroženost zato ni enolična za celotno porečje, temveč se spreminja po območjih v odvisnosti od tendenc poplavljanja posameznih odsekov vodotokov in škodnega potenciala. Slednji je največji na območju Mestne občine Ljubljana, kjer so se v preteklosti že zgodile katastrofalne poplave, zato je ocena poplavne ogroženosti omejena na to območje.

Na območju Mestne občine Ljubljana je v današnjem času poplavno ogroženih 7981 ha, poplave s povratno dobo 50 let in več pa ogrožajo skupno 5003 ha površin, od tega 280 ha urbanih površin, in 18.688 prebivalcev (Dobravec, 2007). Največji delež poplavno ogroženih površin predstavljajo mešane kmetijske površine in pašniki (2645 ha). Vodotoki, ki občino ogrožajo s poplavami, so Sava (na severnem delu občine), Ljubljanica s pritoki (na vzhodnem in jugozahodnem delu občine) ter Gradaščica z Malim Grabnom (na jugozahodnem delu občine). Prav jugozahodni del občine je poplavno najbolj ogrožen (Kus, 1998). Gradaščica in Mali Graben ogrožata del Žuleve vasi Kozarij, Vrhovcev, Kosovega polja, Dolgega mostu, Viča, Mestnega loga, Murgel, Sibirije, Trnovega in Rakove Jelše, Ljubljanica s pritokoma Ižica in Prošča pa ogrožata urbanizirani del Ljubljanskega barja, to so Lipe, Hauptmance, del Črne vasi, Nove Rakove Jelše in del Ižanske ceste ter industrijsko cono Rudnik (Dobravec, 2007).

Nekateri ukrepi so sicer izboljšali poplavno varnost, vendar je poplavna ogroženost predvsem jugozahodnega dela Ljubljane in Ljubljanskega barja še vedno visoka, na kar opozarjajo tudi poplavni dogodki na tem območju v zadnjih letih. V Atlasu okolja ARSO so dostopne različne karte poplavnosti v Sloveniji, ki so rezultat hidrološko-hidravličnih modelov. Integralna karta poplavne nevarnosti prikazuje območja, ki jih po izračunu modela dosežejo poplave s povratno dobo 10 let (temno modra barva), 100 let (modra barva) in 500 let (svetlo modra barva) (slika 10). Primerjava s karto območja pomembnega vpliva poplav (slika 9) (območja so označena z vijolično črto) pokaže, da imajo na Ljubljanskem barju velik vpliv poplave s povratnima dobama 100 in 500 let - gre za območja gostejše poselitve: Črna vas, Rudnik, Trnovo, Vič, itd. Zahodni del Barja prizadenejo pogostejše poplave s povratno dobo 10 let in manj, vendar je tam gostota poselitve manjša.

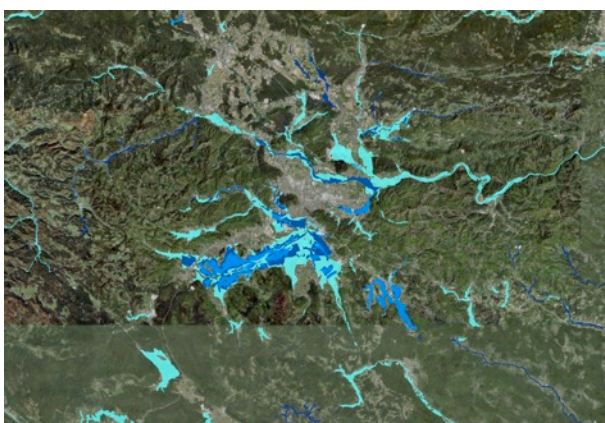


Slika 9: Karta območja pomembnega vpliva poplav za Ljubljano in Ljubljansko barje (Agencija RS za okolje, 2015c)

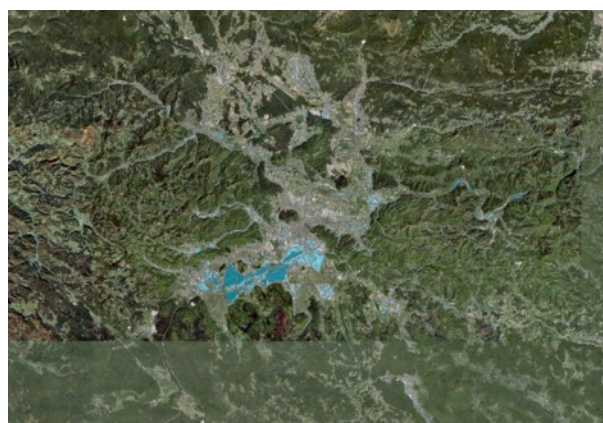


Slika 10: Integralna karta poplavne nevarnosti, združena s karto območja pomembnega vpliva poplav za Ljubljano in Ljubljansko barje (Agencija RS za okolje, 2015c)

Območja dosega poplav so označena tudi na opozorilni karti poplav, ki prikazuje območja pogostih (povratna doba 2-5 let), redkih (povratna doba 10-20 let) in zelo redkih poplav (povratna doba 50 let in več) (slika 11). Integralna karta razredov globin prikazuje območja globin vode pri 100-letni poplavi (slika 12). Temno modra barva predstavlja območje globin večjih od 1,5 m, modra barva predstavlja območje globin med 0,5 in 1,5 m, svetlo modra barva pa predstavlja območje globin manjših od 0,5 m. Pri poplavi s povratno dobo 100 let je globina vode večja od 1,5 m na območjih zahodnega dela Ljubljanskega barja, območja vzhodnega dela Barja pa so poplavljeni z globino vode do 1,5 m. Stopnja nevarnosti ob poplavi je določena v odvisnosti od globine vode ali pa v odvisnosti od produkta globine vode in hitrosti poplavnega toka, kot prikazujeta preglednici 1 in 2. Za območja zahodnega dela Barja tako velja velika stopnja nevarnosti ob nastopu 100-letne vode, za območja vzhodnega dela Barja pa srednja stopnja nevarnosti.



Slika 11: Opozorilna karta poplav za Ljubljansko barje (Agencija RS za okolje, 2015c)



Slika 12: Integralna karta razredov globin pri 100-letni poplavi na Ljubljanskem barju (Agencija RS za okolje, 2015c)



Slika 13: Geološka karta Ljubljanskega barja (Zajc, 2010)

Preglednica 1: Razredi poplavne nevarnosti glede na globino vode (Pravilnik..., 2007).

| Globina (H) [m] | Stopnja nevarnosti |
|-----------------------------|--------------------|
| $H > 1,5$ m | velika |
| $0,5 \text{ m} < H < 1,5$ m | srednja |
| $H < 0,5$ m | preostala |

Preglednica 2: Razredi poplavne nevarnosti glede na zmnožek globine in hitrosti vode (Pravilnik..., 2007).

| Globina × hitrost vode ($H \times v$) [m^2/s] | Stopnja nevarnosti |
|---|--------------------|
| $H \times v > 1,5$ | velika |
| $0,5 < H \times v < 1,5$ | srednja |
| $H \times v < 0,5$ | preostala |

Poplave vodotokov Gradaščice in Ljubljance, ki najbolj ogrožajo jugozahodni del Ljubljane in Ljubljansko barje, se med seboj razlikujejo.

Ljubljanka povzroča kraške poplave, ki nastanejo z zbiranjem vode iz obsežnega kraškega zaledja. Vsakoletne poplave Ljubljance na Ljubljanskem barju najprej nastopijo med Kominom, Bevkami, Blatno Brezovico in Sinjo Gorico pri pretokih, ki so višji od $150 \text{ m}^3/\text{s}$ na v. p. Moste, pri obilnejših padavinah in povišanih pretokih z daljšimi povratnimi dobami pa so ogrožena tudi druga naselja, kot na primer Lipe in Črna vas (Bedeničič, 2011).

Za poplavnost Ljubljanskega barja ter jugozahodnega dela Ljubljane so pomembni hudourniški vodotoki Gradaščica in njen krak Mali Graben na jugozahodu in jugu Ljubljane, Glinščica na zahodu Ljubljane in Iška ter Želimeljščica na jugu Ljubljane. Gradaščica začne poplavljeni pri pretoku $32 \text{ m}^3/\text{s}$ (Kus, 1998; Zajc, 2010). Hudourniške lastnosti izkazujejo tudi drugi pritoki, na primer Ižica in Borovniščica.

Pomemben je tudi medsebojni vpliv Ljubljance in hudourniških pritokov, ki v času višjih vodostajev določa smer in količino toka vodotokov in tako prispeva k poteku poplavnega dogodka in obliki hidrograma odtoka (sliki 14 in 15). Napovedovanje toka vode ob zajezi enega ali drugega vodotoka je zelo specifično, saj zahteva točno določene pogoje, dobre vhodne podatke ter dober hidrološko-hidravlični model, ki čim boljše ponazarja stanje v naravi.



Slika 14: Smeri toka na Rudniku - nizka Ljubljanka (Mikoš, 2014)



Slika 15: Smeri toka na Rudniku - visoka Ljubljanka (Mikoš, 2014)

Vpliva na pogostost poplavnih dogodkov na Ljubljanskem barju pa nimajo le padavine in pretoki vodotokov, temveč tudi drugi, posredni dejavniki. Naravni posredni dejavnik je posedanje Barja zaradi geoseizmične aktivnosti in konsolidacije sedimentov (šota in polžarica). Na Ljubljanskem barju so namreč prisotni prelomi tal (slika 13), ki povezujejo Žužemberški in Idrijski prelom. Po nekaterih raziskavah je posedanje Barja zaradi skupnih vplivov geoloških procesov in posedanja sedimentov ocenjeno na 2,2 - 3,3 mm na leto. Dodatno posedanje povzročajo antropogeni dejavniki, kot so črpanje podtalnice in melioracijski ukrepi izsuševanja tal ter lokalno povečanje obtežbe zaradi urbanizacije (Zajc, 2010).

3.1 Zgodovinski pregled poplav na območju Ljubljane

V Ljubljani je bila prva zabeležena poplava leta 1190, ki je kasneje poleg poplave iz leta 1537 omenjena tudi v Valvasorjevih zapisih, po katerih naj bi voda segala do zgornjih oken hiš ob Ljubljani (leta 1190) in do oken prvega nadstropja (leta 1537) (Kopatin, 1934). Poleg prve zabeležbe poplave v Ljubljani sta bili do leta 1500 še dve. Kasneje je bilo narejenih in ohranjenih vedno več zapisov poplav. Tako so bili v 16. stol. zabeleženi trije poplavni dogodki, v 17. stol. štiri poplavni dogodki, v 18. stol. sedem poplavnih dogodkov, v 19. stol. pa že dvajset poplavnih dogodkov (MOL, 2012, cit. po Butina, 2011). Ti poplavni dogodki so zbrani v preglednici 3.

Preglednica 3: Število dokumentiranih poplavnih dogodkov v Ljubljani v preteklosti (MOL, 2012, cit. po Butina, 2011).

| do 16. stol. | 16. stol. | 17. stol. | 18. stol. | 19. stol. | 19. stol. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1190 | 1515 | 1631 | 1703 | 1817 | 1876 |
| 1382 | 1537 | 1642 | 1707 | 1825 | 1878 |
| 1490 | 1589 | 1658 | 1710 | 1833 | 1880 |
| | | 1662 | 1718 | 1842 | 1881 |
| | | | 1750 | 1851 | 1885 |
| | | | 1770 | 1853 | 1886 |
| | | | | 1862 | 1888 |
| | | | | 1864 | 1889 |
| | | | | 1867 | 1893 |
| | | | | 1869 | 1895 |

Poplavne dogodke spremljajo različni protipoplavni in drugi ukrepi. Primer ukrepa z negativnimi posledicami za poplavno varnost mesta je cesarjevo dovoljenje za sečnjo gozdov v vsej okolici Ljubljane leta 1478, kar je po sečnji gozdov povzročilo povečanje površinskih odtokov z okoliških hribov v Ljubljansko kotlino.

Za varovanje Ljubljane pred poplavami je bila struga Ljubljance ponekod poglobljena in v mestnem jedru kanalizirana z utrjenimi brežinami, poplavna varnost pa je bila bistveno izboljšana z izgradnjo Gruberjevega kanala leta 1780. Pretočnost se je izboljševala tudi z drugimi manjšimi prekopi in jarki, s katerimi so se izvedli tudi načrti izsuševanja Ljubljanskega barja. Prvi načrti izsuševanja⁴ so bili že v 16. in 17. stol., vendar je do realizacije prišlo šele l. 1769 z izgradnjo Curnovca - kanala, ki odvaja zbrano vodo z Barja v Ljubljano. S tem so se iz močvirnatih ravníc pridobile uporabne površine za kmetijsko rabo

⁴ Stefan de Grandi in Niklas Vendaholo l. 1554 ter Wolfgangus Markovič l. 1623

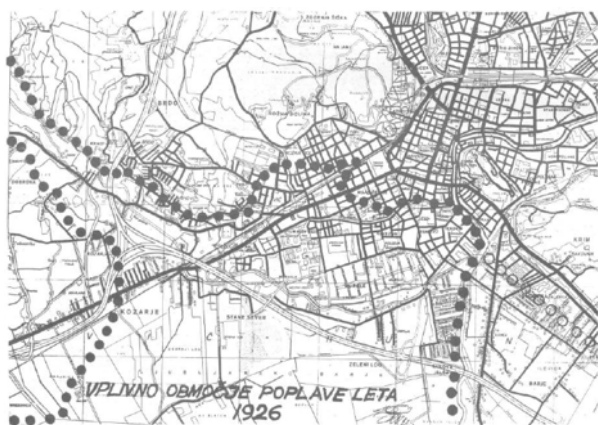
tal na 215 ha. Nadaljnji načrti⁵ in izvedbe izsuševanja so omogočile nove uporabne površine tudi za poselitev na Barju, ki se je začela l. 1828. Struga Ljubljanice je bila večkrat poglobljena, poplavnost Barja pa se je reševala z obcestnimi kanali. V 20. stol. so sledili še regulacijski ukrepi Gradaščice, Glinščice in odseka Mali graben. Za hitrejši odtok v Ljubljanico je bil reguliran tudi spodnji del struge Iške (MOL, 2012, cit. po Butina, 2011).

Kraške poplave večjih razsežnosti so bile v preteklosti večkrat prisotne na Ljubljanskem barju. Med letoma 1885 in 1933 je bilo zabeleženih pet večjih poplav na tem območju: 3. novembra 1885, 18. in 19. marca 1888, spomladi 1895, 27. septembra 1926 in 23. in 24. septembra 1933. Leta 1926, ko sta poplavljali predvsem Gradaščica in Glinščica, so bili prizadeti Rožna dolina, Vič, Trnovo in Kolezija, ponekod z vodostajem tudi do 2 m. Leta 1933 so bile poplavljene Črna vas, Havptmanica, Ilovca in Galjevica (Mikoš, 2010).

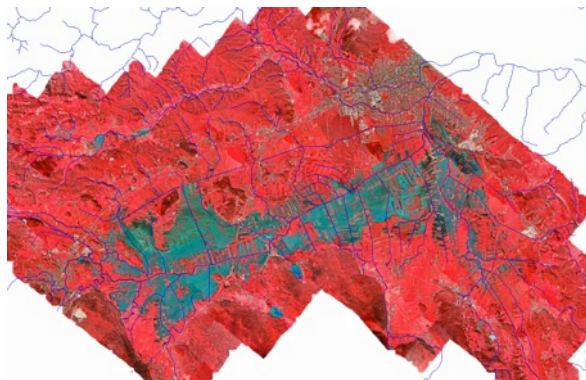
Gradaščica in Ljubljanica sta poplavljali na jugozahodnem delu Ljubljane in na Ljubljanskem barju tudi v juliju 1934, v januarju 1936, v februarju 1942, v aprilu 1970, v decembru 1978, v novembru 1990, v oktobru 1992, v decembru 1995, v juliju in novembru 1996, v oktobru 2004, v septembru 2010, v novembru 2012 in v novembru 2014 (Polajnar, 2005; Kobold, 2011; Ministrstvo za okolje in prostor, 2011). Poplavljen območja v letih 1926, 1990 in 2010 so prikazana na slikah od 16 do 19.

V prilogi B je podana preglednica vseh dokumentiranih poplavnih dogodkov na območju Slovenije v preteklosti. Navedeni so obstoječi podatki o letu, datumu, vodotokih, prizadetih območjih in posledicah poplavnih dogodkov.

Z razvojem znanosti na področju hidrotehnike je dokumentiranje poplavnih dogodkov vedno bolj natančno in podrobno, z vzpostavitvijo vodomernih postaj pa je postalo zbiranje podatkov o pretokih bolj sistematično. Vodomerne postaja Moste zbira podatke o pretokih Ljubljanice od leta 1924.

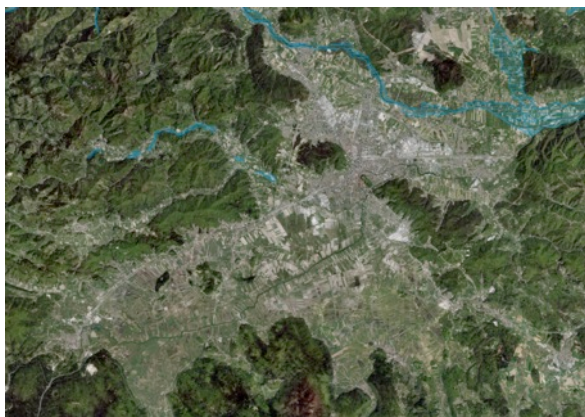


Slika 16: Vplivno območje poplave leta 1926
(Stanič, 1989)

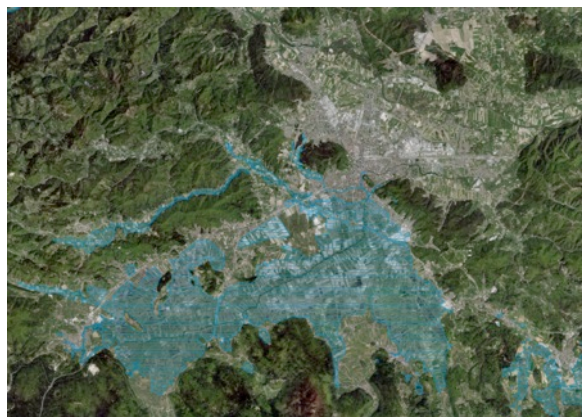


Slika 17: Posnetek poplav na Ljubljanskem barju septembra 2010 v infrardečem spektru in barvna interpretacija rezultatov: zelena območja so bila poplavljen (Agencija RS za okolje, 2015c)

⁵ Hermenegild Franceskonij l. 1819, Ivan Hradecky l. 1821 ter Johann von Podhagsky l. 1882 in 1883



Slika 18: Prikaz poplavljenih območij (Gradaščica) novembra 1990 v Ljubljani in okolici (Agencija RS za okolje, 2015c)



Slika 19: Prikaz poplavljenih območij (Gradaščica, Horjulščica in Ljubljansko barje) septembra 2010 v Ljubljani in okolici (Agencija RS za okolje, 2015c)

4. OPIS POREČJA LJUBLJANICE

Porečje Ljubljane s površino 1889,5 km² predstavlja slabo desetino površja Slovenije. Razteza se na območju visokega krasa in skupaj s porečjem Krke tvori slabih 40 % območja Posavja (Kolbezen in Pristov, 1998). Prevladujejo razpokane, zakrasele in prepustne karbonatne kamnine apnenca in dolomita, zato je na tem območju značilno hitro ponikanje vode v podtalje, ki je zelo raznoliko in prepredeno s številnimi kraškimi jamami. Podzemne vode pridejo na površje na obrobju dolin. Na porečju Ljubljane je iz manj prepustnih kamnin grajeno le Polhograjsko hribovje. Ljubljanska kotlina je sestavljena iz debelih plasti kvartarnega proda in konglomerata, vmes pa so nahajališča gline različnih obsegov, ki omogočajo oblikovanje vodonosnika v prodnem zasipu.

Zakraselost zmanjšuje gostoto vodnega omrežja Ljubljane, ki znaša 0,98 km/km². Za primerjavo so navedene še gostote porečja Pivke (0,55 km/km²), pri katerem so kraške značilnosti tal še bolj izrazite, ter Nanoščice (1,52 km/km²) in Cerkniščice (2,27 km/km²), ki tečeta po manj prepustnih tleh (Kolbezen in Pristov, 1998).

4.1 Ljubljansko barje

Ljubljansko barje meri približno 160 km², od teh zavzema Krajinski park Ljubljansko barje 135 km². Na tem območju živi približno 12.000 prebivalcev v 22 naseljih, urbane površine pa predstavljajo okoli 5 % površine. Večino površine predstavljajo kmetijske površine (travniki s 46 %, njive in vrtovi z 31 %), 9 % površine pa je gozdnate (Vode Ljubljanskega barja, 2015).

Glavni vodotok Ljubljanskega barja je Ljubljana, poleg te pa je barje prepredeno še z njenimi pritoki, ki nastajajo z odtekanjem in zbiranjem voda s hribov z vzhodne in južne strani (slika 20). Dolžina odseka Ljubljane od njenih izvirov na Vrhniki do vodomerne postaje Moste znaša 28,6 km, do izliva v Savo pa okoli 40 km. Ljubljana pri normalnih pretokih zavzema približno 3 % površine barja, v času vsakoletnih poplav je z vodo prekritih okoli 13 % celotne površine barja, ob izrednih poplavah pa lahko poplavi tudi 50 % celotne površine barja. Približno 60 % voda, ki se stekajo na Ljubljansko barje, priteče s kraškega površja, preostalih 40 % voda pa priteče z nekraškega površja (Šot Pavlovič et al., 2012).



Slika 20: Ljubljansko barje z označenimi vodotoki (vir podlage: Agencija RS za okolje, 2015c)

4.2 Ljubljana

Zaradi kraških lastnosti tal vode na celotnem porečju večkrat pridejo na površje in nato spet poniknejo, zato je Ljubljana tipična kraška reka ponikalnica, imenovana tudi reka sedmih imen. Njeno vodno pot tvorijo naslednje reke (Kolbezen in Pristov, 1998 in KSH, 2012):

1. Trbuhovica (izvira na Prezidskem polju na Hrvaškem in ponikne na Babnem polju),
2. Obrh (teče in ponikne v Loški dolini, izvira spet na Cerkniskem polju),
3. Stržen (ponikne na Cerkniskem polju, kjer se s severne strani steka Cerknjščica),
4. Rak (teče po Rakovem Škocjanu, v Planinski jami se združi z reko Pivko),
5. Pivka (teče po Pivški kotlini in skozi Postojnsko jamo),
6. Unica (od sotočja Raka in Pivke v Planinski jami, teče po Planinskem polju),
7. Ljubljana (izvira v bližini Vrhnik v Verdu, teče po Ljubljanskem barju mimo Notranjih Goric, Podpeči in Črne vasi ter z južne strani vstopa v Ljubljano, nato pa se preusmeri vzhodno od Ljubljane in se pri Podgradu izliva v reko Savo),
8. potok Logaščica (del ponikanja v Rovtah, Hotenjskem podolju in Logaškem polju).

Vzrok za menjavanje površinskega in podzemnega toka so kraške lastnosti tal, ki zaradi večje poroznosti omogočajo sistem podzemnih tokov. To kraško zaledje Ljubljane je preprejeno tudi s kraškimi jamami, ki so kot ponikalnice del sistema podzemnih tokov: Križna jama, Zelške jame, Tkalca jama, Planinska jama, Postojnska jama in druge.

Na porečju se odraža kraški značaj: v času suš voda odteka iz podzemnih strug, zato so značilni majhni nizki pretoki, v času poplav pa se podzemni sistem napolni in voda bruhne na površje, kjer se zadržuje na kraških poljih.

Pomembni pritoki Ljubljane so pritoki z zahoda iz Polhograjskega hribovja in z juga z Rakitne preko Barja: Gradaščica, Podlipščica, Borovniščica, Zidarjev graben, Iška, Iščica (Ižica) z Želimejščico. Zaradi hudourniških značajev nekaterih pritokov (na primer Gradaščice) je interakcija Ljubljane in pritokov pomembna in jo moramo upoštevati pri ugotavljanju poplavnosti Ljubljane (KSH, 2012). Interakcija Ljubljane s pritoki je pomembna zaradi izredno majhnega padca reke na Ljubljanskem barju, ki znaša 0,7 ‰ (Ban, 2012).

Za Ljubljanico je značilen dinarski dežno-snežni režim. Spomladanski in jesenski viški pretokov so skoraj izenačeni (za Ljubljanico na v. p. Moste (slika 21) tridesetletno povprečje izkazuje nekoliko večji jesenski višek, ki nastopi novembra s pretočnim količnikom okoli 1,5, od spomladanskega viška, ki nastopi aprila s pretočnim količnikom okoli 1,35), razlike med zimskimi in poletnimi nižki pa so izrazite (za Ljubljanico na v. p. Moste (slika 21) tridesetletno povprečje izkazuje zimski nižek februarja s pretočnim količnikom okoli 1,0, poletni nižek pa avgusta s pretočnim količnikom okoli 0,4) (Bat et al., 2008).



Slika 21: Vodomerna postaja Moste I (foto: Robič, 2015)

4.3 Gradaščica

Porečje Gradaščice leži na prehodu iz dinarskega v alpski svet. Povirni del predstavlja Polhograjsko hribovje, ki je zaradi velike vodnatosti reliefno razgibano s številnimi dolinami. Velika vodnatost tega območja je posledica orografske lege, ki prestreza večjo količino padavin in daje zgornjemu delu porečja izrazito pahljačasto obliko. Velikost porečja znaša 154,3 km², torej slabo desetino velikosti porečja Ljubljane (Brilly et al., 2004). Razvodnica poteka po severnem in osrednjem grebenu Polhograjskega hribovja od Šentvida v Ljubljani prek vzpetin Toškega čela, Svete Katarine, Grmade in Tošča do Pasje ravni ter nato proti jugu prek vzpetin Sivke, Gabrovca, Špika in Kovčka do južnega grebena Polhograjskega hribovja med dolino Horjulščice in Ljubljanskim barjem.

Oba povirna kraka Gradaščice (Božna in Mala voda) ter vsi ostali pritoki so hudourniki. Povirna kraka se v Gradaščico združita pri Polhovem Gradcu, reka pa nato do Dobrove teče po dolini z dokaj velikim padcem 4,5 ‰, ki narekuje hiter površinski odtok tudi ob močnih deževjih. Horjulščica, največji pritok Gradaščice, se v slednjo izliva tik pred vstopom v Ljubljano pri Kozarjah in ima drugačne oblike porečja ter razširjene doline pri Horjulu manj izrazite hudourniške lastnosti. Območje med obema vodotokoma v dolini pod Dobrovo je poplavno in predstavlja naravni zadrževalnik visokih voda. Gradaščica se približno 300 m dolvodno od sotočja s Horjulščico pri Bokalskem jezu spet razcepi na Mestno Gradaščico, umetni kanal skozi Vrhovce, Vič in Trnovo, ter Mali graben, ki teče mimo Kozarij, Dolgega mostu in Viča po severnem robu Barja do izliva v Ljubljano pri Špici (Brilly et al., 2004). V nalogi so uporabljene meritve vodomerne postaje Dvor (slika 22).

4.4 Iška

Reka Iška se napaja iz padavin in kraškega vodonosnika v Krmsko-Mokrškem hribovju. Levi breg reke tvorijo manj prepustni dolomiti vzhodnega dela Bloške planote, desni breg pa je apnenčast in bolj prepusten. Z 29 km dolgo strugo spada Iška med krajše vodotoke v Sloveniji. Na prvih 17 km se struga pri padcu 4 ‰ spusti za 420 m, zato se je v zgornjem in srednjem delu struge izoblikoval Iški vintgar, ki ima s tolmeni, pragovi, slapovi in brzicami v

strugi reke in z erozijskimi okni ter osamelci raznoliko morfologijo terena. Hudourniški značaj reke se odraža tudi v velikem razmerju med minimalnimi in maksimalnimi pretoki, ki znaša okoli 1:120. Spodnji del struge, ki teče po ravnici Ljubljanskega barja, pa ima bistveno manjši padec, le 0,5 %. Na območju prehoda struge z večjega na manjši padec se transportna sposobnost lške zmanjša, zato se je z odlaganjem materiala izoblikoval vršaj (Hribar, 2010). V nalogi so uporabljene meritve vodomerne postaje lška, ki od leta 2001 naprej ni več aktivna. Nadomeščena je bila s postajo lška vas (slika 23).



Slika 22: Vodomerne postaja Dvor (foto: Robič, 2015)

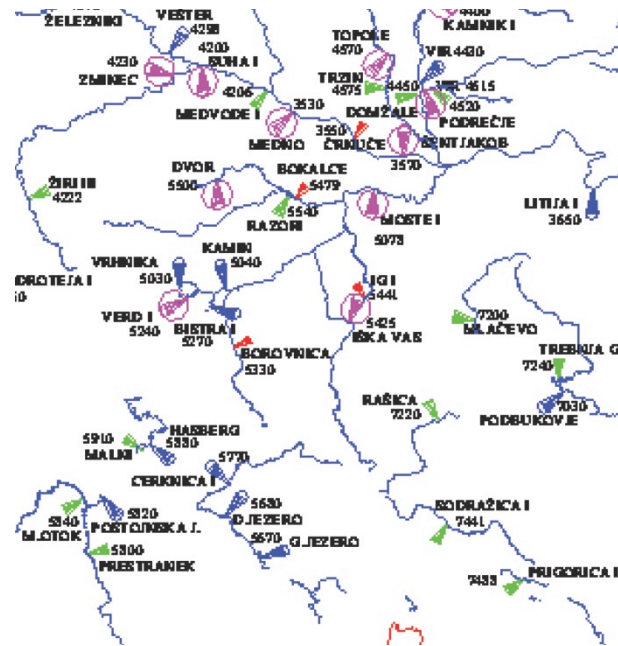


Slika 23: Vodomerne postaja lška vas (foto: Robič, 2015)

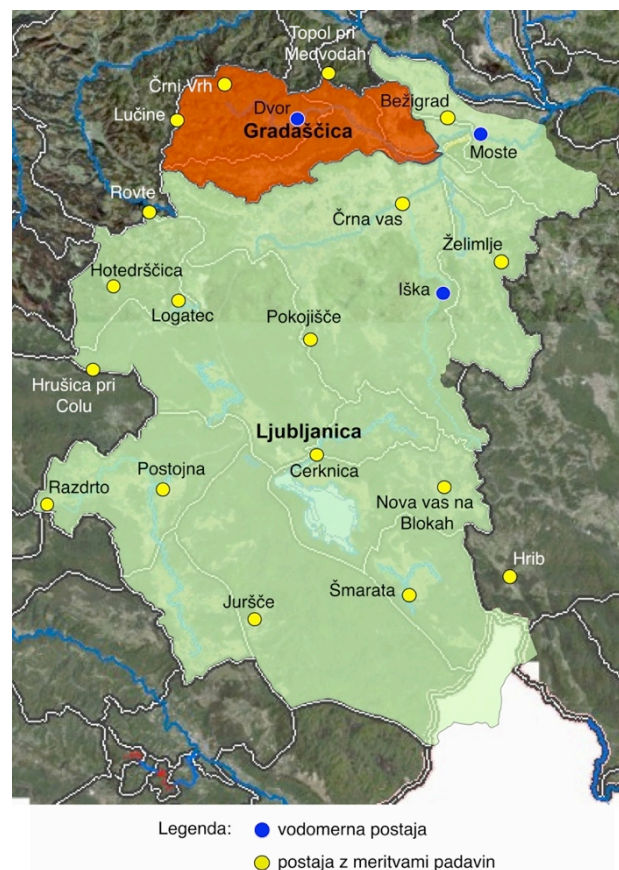
4.5 Opazovalna mreža

Ena izmed nalog Agencije Republike Slovenije za okolje je spremljanje hidrološkega stanja voda v državi, ki služi za nadaljnje odločanje o gospodarjenju države z razpoložljivimi vodnimi viri in za njihovo zaščito. To nalogo ARSO izvaja s pomočjo vzpostavljene merilne mreže (slika 24) ter z laboratorijsko in računalniško infrastrukturo.

Slika 25 prikazuje razvodnice porečij Gradaščice in Ljubljane z označenimi lokacijami vodomernih postaj in postaj z meritvami padavin, katerih meritve ali drugi podatki so uporabljeni v analizi poplavnosti porečja Ljubljane v tej nalogi. Porečje Gradaščice predstavlja slabo desetino površine porečja Ljubljane. Na sliki so označene postaje, katerih meritve padavin so uporabljene v analizi poplavnih dogodkov v poglavjih 5 in 6.



Slika 24: Izsek mreže vodomernih postaj v Sloveniji leta 2013, omejen na porečje Ljublanice (Agencija RS za okolje, 2015b)



Slika 25: Porečji Ljublanice in Gradaščice z označenimi lokacijami vodomernih postaj (modre oznake) in postaj z meritvami padavin (rumene oznake) (vir podlage: Agencija RS za okolje, 2015c)

Za analizo poplavnosti porečja Ljubljanice med Vrhniko in Ljubljano so bili zbrani podatki razpoložljivih vodomernih postaj: Moste in Moste I na Ljubljanici, Iška in Iška I na Iški ter Dvor na Gradaščici. V preglednici 4 so zbrani osnovni podatki o vodomernih postajah, v preglednici 5 pa so predstavljeni osnovni podatki o padavinskih postajah, uporabljenih v tej nalogi.

Preglednica 4: Podatki o vodomernih postajah (Agencija RS za okolje, 2015b).

| Šifra | Postaja | Vodotok | Zaledje (km ²) | Kota (m n. m.) | Stacionaža (km) | Začetek | Konec | GKY | GKX |
|-------|---------|-------------|----------------------------|----------------|-----------------|---------|-------|--------|--------|
| 5078 | Moste I | Ljubljanica | 1762,32 | 281,293 | 11,83 | 2005 | | 465120 | 101350 |
| 5080 | Moste | Ljubljanica | 1762,52 | 280,798 | 11,39 | 1924 | 2005 | 465490 | 101180 |
| 5410 | Iška I | Iška | 66,54 | 335,985 | 11,14 | 1969 | 1992 | 462530 | 86770 |
| 5420 | Iška | Iška | 66,54 | 335,738 | 11,11 | 1985 | 2001 | 462535 | 86785 |
| 5500 | Dvor | Gradaščica | 78,67 | 341,122 | 16,4 | 1977 | | 449690 | 102220 |

Preglednica 5: Podatki o postajah z meritvami padavin (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja | Kota (m n. m.) | GKY | GKX |
|----------------------|----------------|--------|--------|
| Topol pri Medvodah | 660 | 452089 | 105648 |
| Črni Vrh | 835 | 442975 | 105193 |
| Ljubljana - Bežigrad | 299 | 463019 | 102516 |
| Lučine | 639 | 438972 | 102408 |
| Rovte | 700 | 437094 | 93557 |
| Črna vas | 288 | 459075 | 94550 |
| Želimlje | 309 | 467895 | 89585 |
| Hotedrščica | 550 | 433988 | 87888 |
| Logatec | 486 | 439178 | 86490 |
| Pokojišče | 716 | 450571 | 83264 |
| Hrušica pri Colu | 872 | 431788 | 80376 |
| Razdrto | 577 | 427782 | 68473 |
| Postojna | 533 | 437952 | 69441 |
| Cerknica | 576 | 451263 | 72589 |
| Nova vas na Blokah | 722 | 462458 | 69988 |
| Hrib | 827 | 468679 | 62274 |
| Šmarata | 580 | 459332 | 60650 |
| Juršče | 703 | 445828 | 58286 |

Podatki o prispevnih površinah so pridobljeni s spletnih strani Atlasa okolja ARSO (Agencija RS za okolje, 2015c) in pripadajo podatkom hidrografskih območij na 3. nivoju pod razdelkom "osnovne vodarske-prostorske enote." Prispevno območje Gradaščice zajema površini, ki sta na sliki 26 označeni s šiframa SI148VT3 in SI148VT5, prispevno območje mestne Ljubljanice zajema površine, ki so na sliki označene s šiframi SI14VT93, SI14VT97 ter SI14912VT, prispevno območje barjanske Ljubljanice pa zajema površini, ki sta na sliki označeni s šiframa SI14VT77 in SI1476VT (preglednica 6).

Preglednica 6: Velikost prispevnih površin Gradaščice in Ljubljane (Agencija RS za okolje, 2015c)

| Hidrografsko območje (3. nivo) | Površina [km ²] |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Gradaščica | 158,545 |
| mestna Ljubljana | 159,466 |
| barjanska Ljubljana | 467,978 |



Slika 26: Prispevne površine Gradaščice in Ljubljane (Agencija RS za okolje, 2015c)

4.6 Padavinski režim

Padavine so glavni vzrok za povečanje pretokov rek. Letna količina padavin v Sloveniji je precejšnja, največja je v alpskem visokogorju v severozahodni Sloveniji s približno 3500 mm in se zmanjšuje proti vzhodu Slovenije do 900 mm v Pomurju, geografska razporeditev padavin pa je odvisna predvsem od razgibanosti reliefa. Največje letne količine padavin so na privetnih straneh orografskih pregrad, nato pa se proti vzhodu države postopno zmanjšujejo (preglednica 8) (Bat et al., 2008). Povprečne letne količine padavin v Sloveniji znašajo med 1400 mm in 1500 mm (preglednica 7) (Statistični urad RS, 2015).

Preglednica 7: Povprečna letna količina padavin v Sloveniji (Statistični urad RS, 2015).

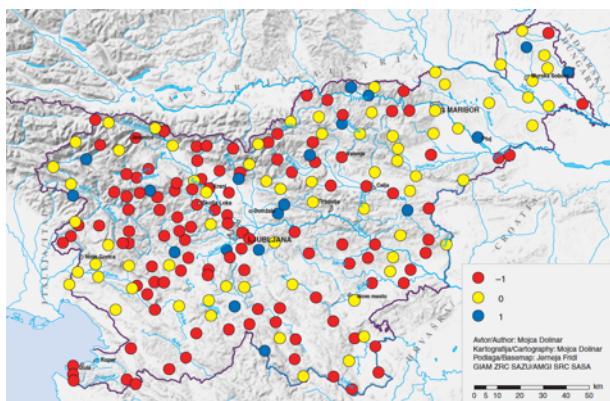
| Obdobje | Padavine [mm] |
|-----------|---------------|
| 1981-1990 | 1439 |
| 1991-2000 | 1462 |
| 2001-2010 | 1426 |

Preglednica 8: Povprečna letna količina padavin posameznih območij v Sloveniji (Bat et al, 2008).

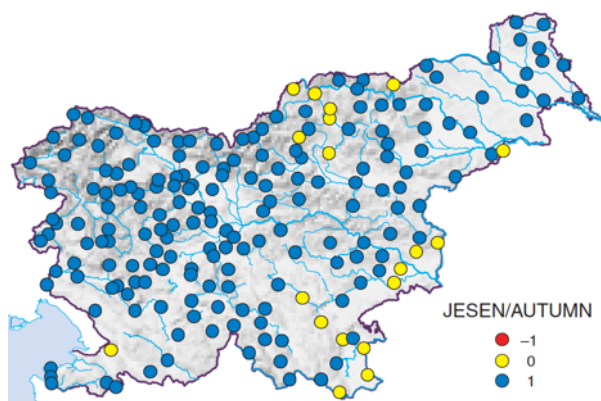
| Geografsko območje | Padavine [mm] |
|---|---------------|
| privetrna stran grebenov Julijskih Alp, Kredarica | > 3200 |
| privetrna stran Snežnika | > 2600 |
| Julijske Alpe, Karavanke, visoke dinarske planote | 2000 – 2600 |
| Pohorje, Gorjanci | 1800 |
| Postojna | 1725 |
| Ljubljanska kotlina | 1300 – 1800 |
| Ljubljana | 1435 |
| Zasavsko hribovje | < 1400 |
| Koroška, Štajerska, Dolenjska, Bela krajina | 1200 – 1300 |
| Slovensko primorje | 1100 – 1200 |
| Prekmurje | < 900 |

Statistično značilni trendi, določeni iz neprekinjenih meritev padavin v obdobju 1971–2000, za večino merilnih mest kažejo upad v letni količini padavin, v količini padavin po letnih časih pa se razlikujejo (Bat et al., 2008). Trendi po merilnih mestih kažejo na upadanje količine padavin ali pa niso statistično značilni (stagniranje količine padavin) v zimi, pomladi in poletju, medtem ko za jesen izrazito izkazuje povečanje količine padavin. Količina padavin

se torej koncentrira v jesenskem letnem času, v ostalih letnih časih pa se zmanjšuje. Statistično značilni trendi so prikazani na slikah 27 in 28, pri čemer rdeč znak pomeni statistično značilno upadanje količine padavin, moder znak pomeni statistično značilno naraščanje količine padavin, rumen znak pa pomeni, da trend ni statistično značilen.



Slika 27: Statistično značilni trendi v letni količini padavin za obdobje 1971–2000 (Bat et al, 2008)

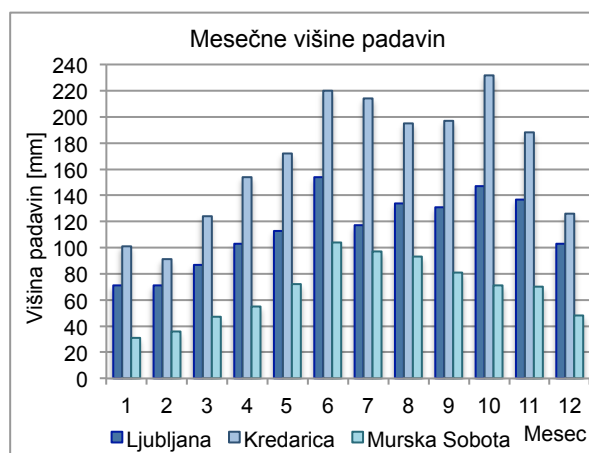


Slika 28: Statistično značilni trendi v količini padavin jeseni za obdobje 1971–2000 (Bat et al, 2008)

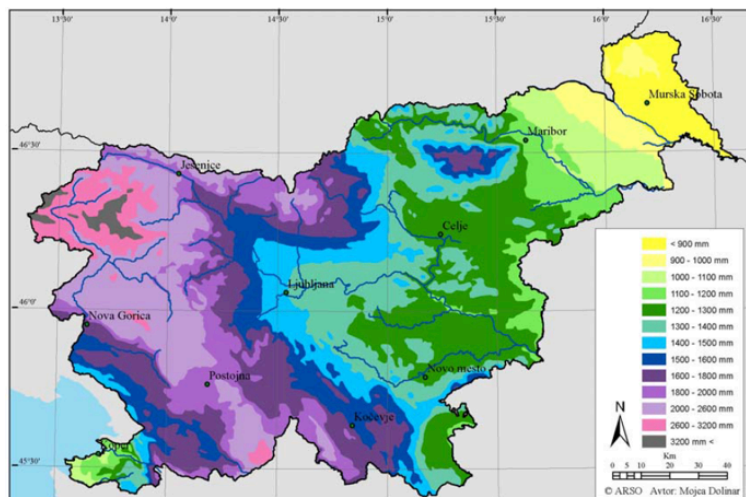
V obdobju 1971–2000 je bilo od skupaj 10 dogodkov, pri katerih je Ljubljana na v. p. Moste preseгла pretok s 5-letno povratno dobo ($291 \text{ m}^3/\text{s}$), 7 dogodkov v jesenskem letnem času (preglednica 9).

Preglednica 9: Visokovodne konice Ljubljane na v. p. Moste v obdobju 1971–2000 (jesenske visokovodne konice so v odebelenem tisku)

| Leto | Mesec | Datum in ura | Pretok [m^3/s] |
|-------------|-----------|-------------------------|----------------------------------|
| 1972 | 5 | 16.05.1972 18:00 | 303 |
| 1973 | 9 | 26.09.1973 03:00 | 307 |
| 1974 | 10 | 05.10.1974 11:30 | 319 |
| 1975 | 3 | 20.03.1975 05:30 | 334 |
| 1979 | 1 | 29.01.1979 20:30 | 293 |
| 1990 | 11 | 01.11.1990 22:30 | 297 |
| 1991 | 11 | 20.11.1991 22:01 | 304 |
| 1992 | 10 | 18.10.1992 08:08 | 294 |
| 1993 | 10 | 23.10.1993 06:13 | 313 |
| 1998 | 11 | 05.11.1998 10:59 | 332 |



Slika 29: Mesečne višine padavin za Ljubljano, Kredarico in Mursko Soboto v obdobju 1971–2000



Slika 30: Padavinska karta Slovenije za obdobje 1971–2000
(Agencija RS za okolje, 2015f)

Graf povprečnih mesečnih padavin za Ljubljano, Kredarico in Mursko Soboto (slika 29) kaže na porast padavin v poletnem in jesenskem letnem času. Povprečne letne količine padavin znašajo za Ljubljano 1368 mm, za Kredarico 2012 mm in za Mursko Soboto 805 mm (slika 30). Podatki so pridobljeni iz klimatoloških povprečij za obdobje 1971–2000 s spletnih strani ARSO.

4.7 Hidrološki režim in izbor visokovodnih konic

Porečje Gradašnice se s hudourniški lastnostmi razlikuje od preostalega dela porečja Ljubljanice, za večino katerega so značilne kraške lastnosti, razen nekaterih območij s hudourniški značilnostmi, kot na primer območja nekaterih desnih pritokov Ljubljanice na Ljubljanskem barju (Iška, Borovniščica, Ižica, Želimeljščica) (Globevnik et al., 2013). Zaradi razlik med porečjema imajo vodotoki različne hidrološke značilnosti, ki so predstavljene v tem poglavju.

Iz obstoječih podatkov vodomernih postaj so izbrani določeni visokovodni dogodki. Mesečni maksimumi pretokov in vodostajev so pridobljeni s spletnih strani ARSO iz hidrološkega arhiva površinskih voda (Agencija RS za okolje, 2015a). Za analizo poplavnosti so pomembni največji visokovodni dogodki z največjimi pretoki, saj ti predstavljajo največjo poplavno nevarnost. Za vsak tak izbran dogodek je izdelan hidrogram pretočnega vala in izračunan pripadajoči volumen, s katerima ovrednotimo razsežnost poplave.

Za analizo sta pomembna čas in količina pretoka. Starejše meritve so bile pridobljene z dnevnimi odčitki vodostajev ob 7. uri, zato največji pretok ob uri 7:00 ne odraža nujno dejansko maksimuma posameznega visokovodnega dogodka pri teh tipih podatkov. Po posodobitvi postaj pa so na voljo meritve z večjo časovno ločljivostjo do minute natančno.

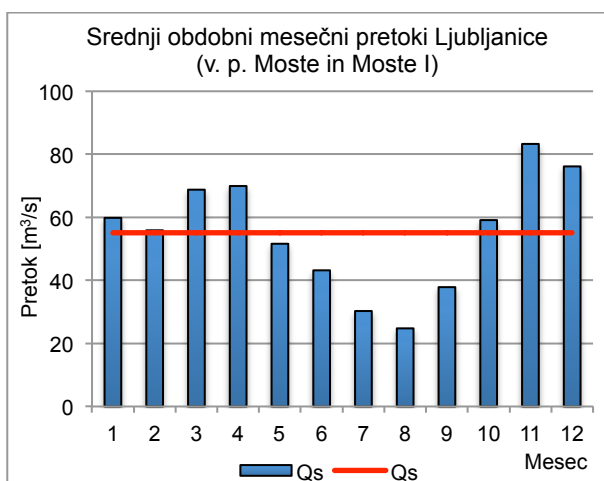
Zaradi velike količine podatkov in ob upoštevanju dejstva, da vsak povečan pretok še ne povzroči poplave, smo izbrali samo poplavne dogodke, ki so presegli določeno mejo. Ta meja je na podlagi pretokov z določenimi povratnimi dobami izbrana tako, da zajema nekaj deset visokovodnih dogodkov.

Opazujemo pretoke, ki so večji ali enaki pretokom s povratno dobo 5 let. Pretoki s povratno dobo 5 let so povzeti po izračunih ARSO ter IZVRS.

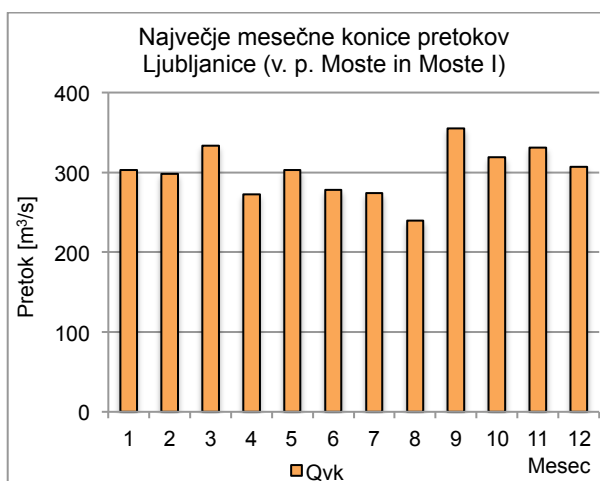
4.7.1 Ljubljana (vodomerna postaja Moste, Moste I)

Za vodomerno postajo Moste na Ljubljani so arhivski hidrološki podatki na voljo od leta 1924 (Agencija RS za okolje, 2015a). Leta 2006 je bila vodomerna postaja premaknjena na novo lokacijo Moste I. Srednji letni pretok na v. p. Moste in Moste I v obdobju 1924–2013 znaša $55,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 31). Srednji mesečni pretoki (Q_s) so največji med oktobrom in aprilom in znašajo približno od $60 \text{ m}^3/\text{s}$ do $90 \text{ m}^3/\text{s}$, najmanjši pa julija in avgusta pri okoli $20 \text{ m}^3/\text{s}$ (Agencija RS za okolje, 2015b). Visokovodne konice (Q_{vk}) lahko nastopijo v vseh letnih časih, največje mesečne merjene konice pa znašajo med $250 \text{ m}^3/\text{s}$ in $355 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 32) (Agencija RS za okolje, 2015b).

Do razlivanja Ljubljane na območju vsakoletnih poplav na Ljubljanskem barju med Kominom, Bevkami, Blatno Brezovico in Sinjo Gorico običajno pride pri pretoku okoli $150 \text{ m}^3/\text{s}$ na v. p. Moste (Kus, 1998), vendar je treba upoštevati tudi pretočni prispevek Gradaščice, ki se v Ljubljano izliva med Ljubljanskim barjem in v. p. Moste, zato pretok na v. p. Moste ni enolično določen z nastopom poplav na Ljubljanskem barju.



Slika 31: Srednji obdobjni mesečni pretoki na v. p. Moste in Moste I v obdobju 1924–2013



Slika 32: Visokovodne konice na v. p. Moste in Moste I v obdobju 1924–2013

Za določitev pretokov določenih povratnih dob je upoštevano obdobje 1946–2008, t.j. 63 let, po izračunih IZVRS pa znaša pretok s povratno dobo 5 let $291 \text{ m}^3/\text{s}$ (Kobold, 2015c). Na v. p. Moste je s tem zajetih 18 dogodkov v obdobju meritev 1924–2005, na v. p. Moste I pa 1 dogodek v obdobju meritev 2006–2013, skupaj torej 19 dogodkov v obdobju 1924–2013 (preglednica 10 in slika 33).

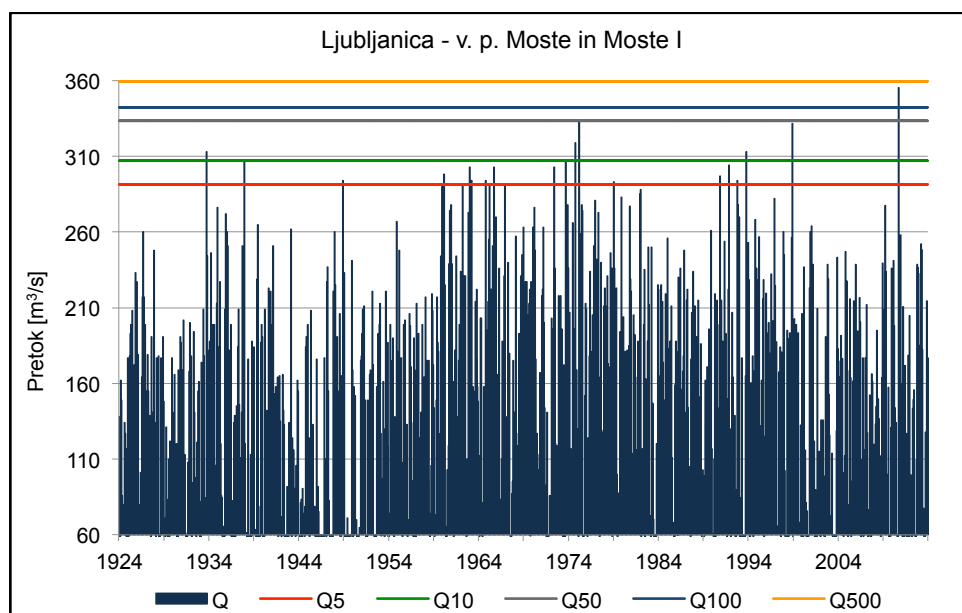
Preglednica 10: Izbrani visokovodni dogodki na v. p. Moste in Moste I (Agencija RS za okolje, 2015a).

| Leto | Mesec | Datum | Pretok [m^3/s] |
|------|-------|------------------|----------------------------------|
| 1933 | 9 | 24.09.1933 07:00 | 313 |
| 1937 | 12 | 10.12.1937 07:00 | 307 |
| 1948 | 11 | 09.11.1948 07:00 | 294 |
| 1960 | 2 | 22.02.1960 18:00 | 298 |

Se nadaljuje....

...nadaljevanje Preglednice 10

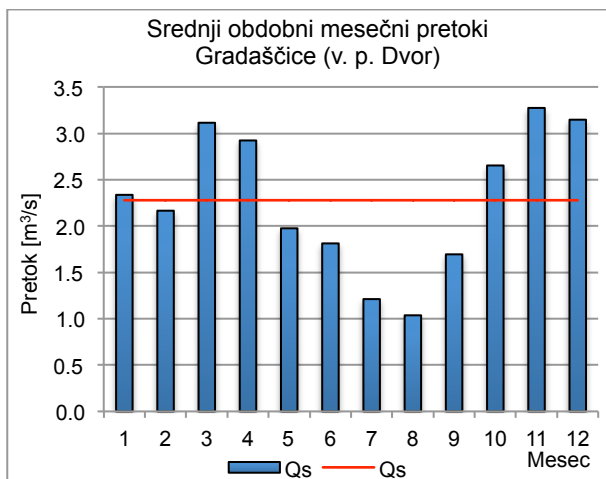
| | | | |
|------|----|------------------|-----|
| 1963 | 1 | 06.01.1963 14:00 | 303 |
| 1963 | 3 | 12.03.1963 22:30 | 294 |
| 1964 | 10 | 25.10.1964 19:00 | 294 |
| 1965 | 9 | 03.09.1965 02:00 | 303 |
| 1972 | 5 | 16.05.1972 18:00 | 303 |
| 1973 | 9 | 26.09.1973 03:00 | 307 |
| 1974 | 10 | 05.10.1974 11:30 | 319 |
| 1975 | 3 | 20.03.1975 05:30 | 334 |
| 1979 | 1 | 29.01.1979 20:30 | 293 |
| 1990 | 11 | 01.11.1990 22:30 | 297 |
| 1991 | 11 | 20.11.1991 22:01 | 304 |
| 1992 | 10 | 18.10.1992 08:08 | 294 |
| 1993 | 10 | 23.10.1993 06:13 | 313 |
| 1998 | 11 | 05.11.1998 10:59 | 332 |
| 2010 | 9 | 19.09.2010 10:40 | 355 |



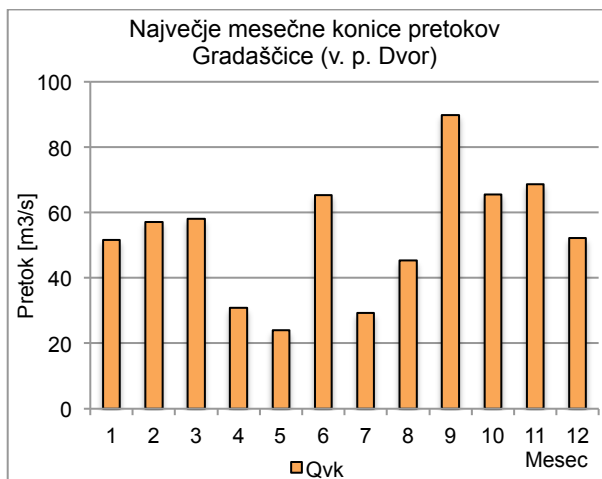
Slika 33: Mesečni ekstremi pretokov na v. p. Moste in Moste I v obdobju 1924–2013

4.7.2 Gradaščica (vodomerna postaja Dvor)

Na vodomerni postaji Dvor se spremljajo hidrološki parametri od leta 1977 (Agencija RS za okolje, 2015a). Srednji letni pretok v obdobju 1979–2013 znaša $2,28 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 34). Srednji mesečni pretoki (Q_s) so največji med oktobrom in aprilom in znašajo približno od $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ do $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$, najmanjši pa julija in avgusta pri okoli $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Največje mesečne visokovodne konice (Q_{vk}) so nastopile jeseni in pozimi s pretoki med $50 \text{ m}^3/\text{s}$ in $90 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 35) (Agencija RS za okolje, 2015b).



Slika 34: Srednji obdobjni mesečni pretoki na v. p. Dvor v obdobju 1977–2013



Slika 35: Visokovodne konice na v. p. Dvor v obdobju 1977–2013

Za določitev pretokov določenih povratnih dob je upoštevano obdobje 1984–2010, t.j. 27 let. Posebnost v. p. Dvor je razlivanje visokih voda gorvodno od postaje, zato vodomerna postaja v profilu struge ne zajame vse vode, temveč le del, ki teče v strugi (slika 36). Do razlivanja voda mimo vodomerne postaje pride pri pretokih nad okoli 42 m³/s (Dobravc, 2007). Vrednosti v zadnjih letih so nekoliko višje zaradi popravljenega pretočne krivulje, po kateri se na podlagi izmerjenega vodostaja določi pripadajoči pretok (Kobold, 2015b). Posebnost je poplavni dogodek septembra 2010, ko se je pretok točneje določil s hidravlično analizo, zato ta podatek izrazito odstopa od ostalih, hkrati pa nakazuje, da je lahko količina voda, razlitih mimo postaje, relativno velika in da so lahko dejanski pretoki Gradaščice bistveno večji od izmerjenih. Vodomerna postaja Dvor leži gorvodno od sotočja Horjulke z Gradaščico, zato ne daje podatkov o pretokih v spodnjem toku Gradaščice. Vsa ta dejstva je potrebno upoštevati pri pregledovanju preglednic in grafov, ki se nanašajo na meritve v. p. Dvor.

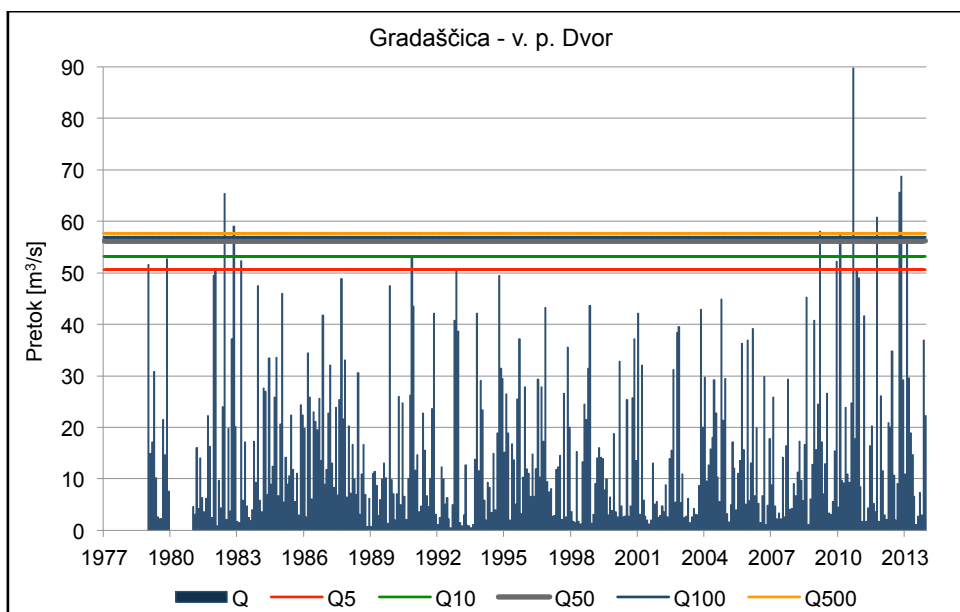


Slika 36: Poplavna ravnica pred vodomerno postajo Dvor (Google maps, 2015)

Po izračunih ARSO za obdobje 1984–2010, t.j. 27 let, znaša pretok s povratno dobo 5 let 52,5 m³/s, izračuni IZVRS in Vodnogospodarskega inštituta za isto obdobje pa znašajo 50,6 m³/s in 50,4 m³/s (Kobold, 2015c). Za analizo je upoštevan izračun IZVRS 50,6 m³/s. S tem je na v. p. Dvor zajetih 15 dogodkov v obdobju meritev 1977–2013 (preglednica 11 in slika 37).

Preglednica 11: Izbrani visokovodni dogodki na v. p. Dvor (Agencija RS za okolje, 2015a).

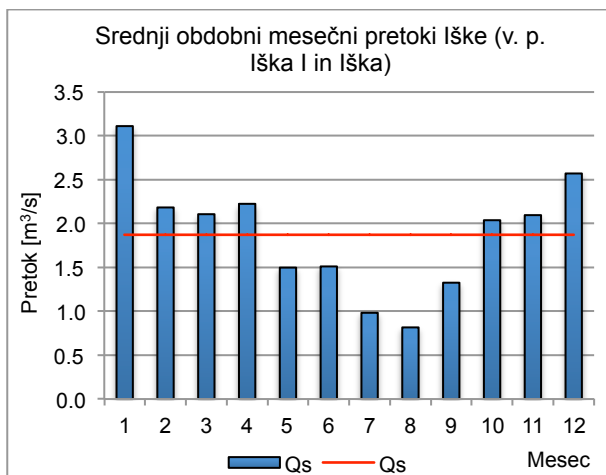
| Leto | Mesec | Datum | Pretok [m ³ /s] |
|------|-------|------------------|----------------------------|
| 1979 | 1 | 29.01.1979 15:15 | 51,6 |
| 1979 | 11 | 15.11.1979 14:30 | 52,7 |
| 1982 | 1 | 01.01.1982 18:30 | 50,8 |
| 1982 | 6 | 13.06.1982 08:40 | 65,4 |
| 1982 | 11 | 14.11.1982 13:00 | 59 |
| 1983 | 3 | 25.03.1983 14:00 | 52,3 |
| 1990 | 11 | 01.11.1990 15:05 | 53 |
| 2009 | 3 | 30.03.2009 12:38 | 58,1 |
| 2009 | 12 | 23.12.2009 06:58 | 52,2 |
| 2010 | 2 | 19.02.2010 23:35 | 57,2 |
| 2010 | 9 | 18.09.2010 02:34 | 89,7 |
| 2011 | 10 | 26.10.2011 18:36 | 60,8 |
| 2012 | 10 | 27.10.2012 22:52 | 65,6 |
| 2012 | 11 | 05.11.2012 12:34 | 68,7 |
| 2013 | 2 | 02.02.2013 16:26 | 56,7 |



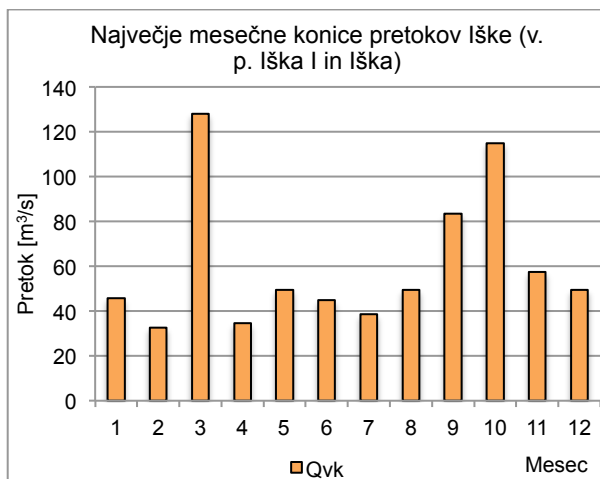
Slika 37: Mesečni ekstremni pretokov na v. p. Dvor v obdobju 1977–2013

4.7.3 Iška (vodomerna postaja Iška, Iška I)

Vodomerna postaja Iška (Iška I) je beležila hidrološke podatke Iške med letoma 1970 in 2001 (Agencija RS za okolje, 2015a). Srednji letni pretok na v. p. Iška in Iška I v obdobju 1970–2001 znaša 1,87 m³/s (slika 38). Srednji mesečni pretoki (Qs) so največji med oktobrom in aprilom in znašajo približno od 2 m³/s do 3 m³/s, najmanjši pa julija in avgusta pri okoli 1 m³/s. Največje mesečne visokovodne konice (Qvk) so nastopile jeseni in pozimi s pretoki med 40 m³/s in 120 m³/s (slika 39) (Agencija RS za okolje, 2015b).



Slika 38: Srednji obdobjni mesečni pretoki na v. p. lška I in lška v obdobju 1970–2001

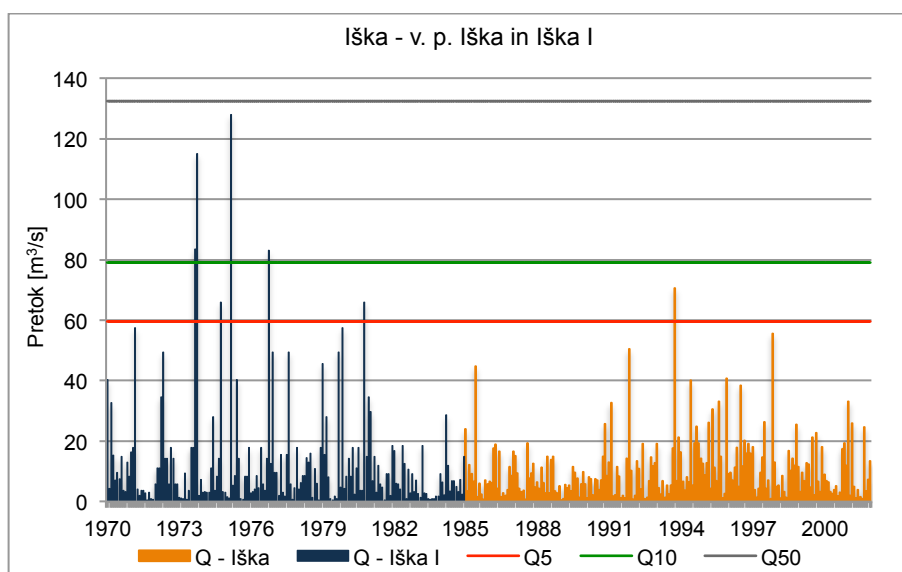


Slika 39: Visokovodne konice na v. p. lška I in lška v obdobju 1970–2001

Za v. p. lška je za določitev pretokov določenih povratnih dob upoštevano obdobje 1970–2001, t.j. 31 let, po izračunih IZVRS (Kobold, 2015c) pa znaša pretok s povratno dobo 5 let 59,5 m³/s. Na v. p. lška je s tem zajet 1 dogodek v obdobju meritev 1985–2001, na v. p. lška I pa 6 dogodkov v obdobju meritev 1970–1984, skupaj torej 7 dogodkov v obdobju 1970–2001 (preglednica 12 in slika 40).

Preglednica 12: Izbrani visokovodni dogodki na v. p. lška in lška I (Agencija RS za okolje, 2015a).

| Leto | Mesec | Datum | Pretok [m ³ /s] |
|------|-------|------------------|----------------------------|
| 1973 | 9 | 24.09.1973 13:00 | 83,6 |
| 1973 | 10 | 17.10.1973 07:30 | 115 |
| 1974 | 10 | 05.10.1974 07:30 | 66 |
| 1975 | 3 | 19.03.1975 18:00 | 128 |
| 1976 | 10 | 30.10.1976 18:00 | 83 |
| 1980 | 10 | 17.10.1980 18:00 | 66 |
| 1993 | 10 | 22.10.1993 05:45 | 70,6 |

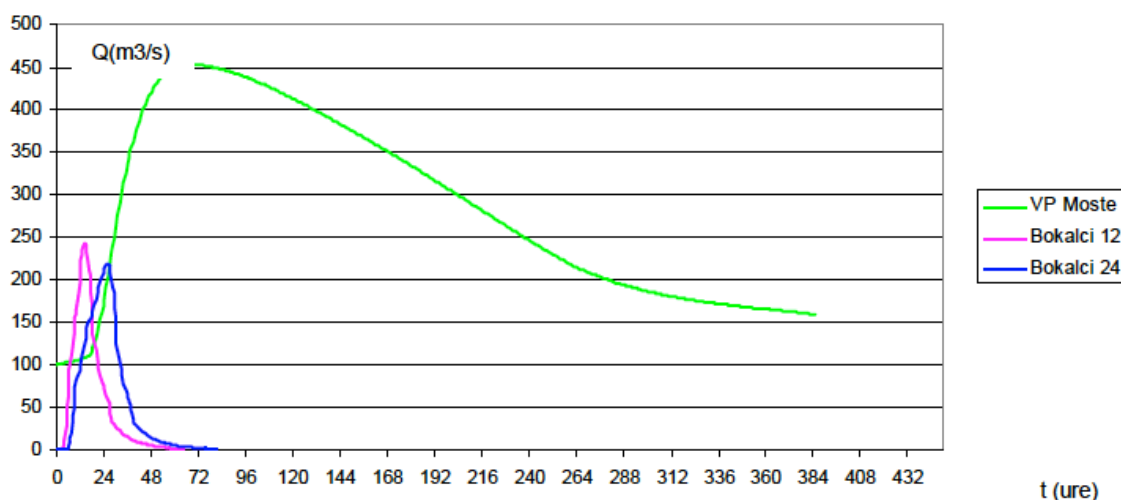


Slika 40: Mesečni ekstremi pretokov na v. p. lška in lška I v obdobju 1970–2001

4.7.4 Razlike med porečjema Ljublanice in Gradašnice ter hidrološke značilnosti visokovodnih dogodkov

Gradaščica ima skupaj s Horjulko površinski odtok z delno hudourniški značilnostmi in nastane neposredno ob padavinah, zato visokovodni valovi dosežejo Ljubljano le v nekaj urah, medtem ko so visokovodni valovi Ljublanice zaradi kraških značilnosti porečja in manjšega dela porečja z neposrednim površinskim odtokom bistveno daljši. Razlike med visokovodnimi valovi Ljublanice in Gradašnice na sliki 41 in v preglednici 13 ponazarjajo razlike med porečjema; visokovodni valovi Gradašnice imajo zanemarljiv vpliv na obliko in časovno razporeditev visokovodnih valov Ljublanice. Visoke vode Gradašnice s povratno dobo 100 let dosežejo konec poplavnega vala po 22 urah od začetka poplavnega vala (trajanje padavin 12 ur) oziroma po 33 urah od začetka poplavnega vala (trajanje padavin 24 ur), maksimalni pretok Ljublanice na v.p. Moste s povratno dobo 100 let pa je dosežen šele po 63 urah od začetka poplavnega vala. Visoke vode Gradašnice torej odtečejo še pred nastopom maksimalnega pretoka Ljublanice (Fazarinc, 2011).

Preglednica 14 prikazuje pretoke Ljublanice in Gradašnice ob nekaterih poplavnih dogodkih v zadnjih letih. Podatki so zbrani iz arhiva meritev pretokov ARSO in predstavljajo mesečne maksimume pretokov. Iz primerjave datumov je razvidno, da so lahko pri istih padavinskih dogodkih maksimumi pretokov Ljublanice glede na Gradaščico zakasneni tudi za 24–48 ur. Poleg časovne in prostorske razporeditve padavin imajo vpliv na zakasnitev tudi razlike v lastnostih med kraškim in hudourniškim porečjem. Vendar zakasnitev konice Ljublanice ni pravilo; časovni razmik med pretočnima konicama obeh vodotokov je lahko tudi krajši, kot kaže primer iz februarja 2013. Slika 42 prikazuje poplavljanje Malega grabna ob Cesti dveh cesarjev 10. oktobra 2004 (Polajnar, 2005).



Slika 41: Prikaz visokovodnih valov Ljublanice (zelena) na v.p. Moste in Gradašnice v prerezu Bokalci (vijolična predstavlja val s trajanjem padavin 12 ur, modra pa val s trajanjem padavin 24 ur) (Fazarinc, 2011)

Preglednica 13: Značilnosti hidrološko določenih visokovodnih valov Gradaščice v prerezu Bokalci in Ljubljane na v.p. Moste s povratno dobo 100 let (Fazarinc, 2011).

| | Volumen celotnega vala [10 ⁶ m ³] | Volumen vala, ki poplavlja [10 ⁶ m ³] | Maksimalni pretok (ur od zač. vala - padavin) [m ³ /s (ure)] | Konec poplav [ur od zač. vala] |
|---|---|---|--|--------------------------------|
| Gradaščica - Bokalci trajanje padavin 12 ur | 12,4 | 4,4 | 243 (14) | 22 |
| Gradaščica - Bokalci trajanje padavin 24 ur | 16,2 | 5,6 | 218 (26) | 33 |
| Ljubljana - Moste | 393 | 142 do 163 | 454 (63) | 343 |

Preglednica 14: Pretoki Ljubljane in Gradaščice nekaterih poplavnih dogodkov v zadnjih letih (Agencija RS za okolje, 2015a).

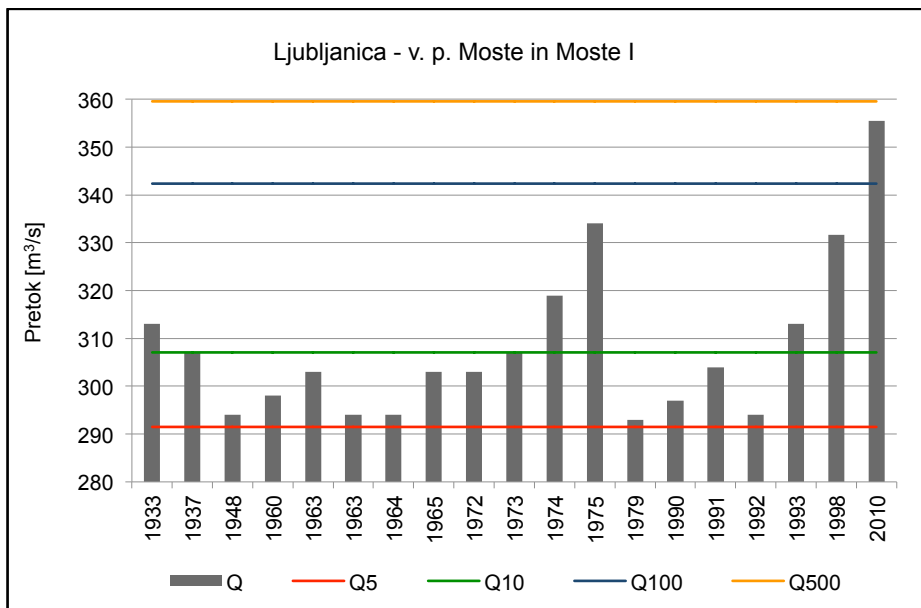
| Datum | Q [m ³ /s] | |
|------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Ljubljana (v. p. Moste) | Gradaščica (v. p. Dvor) |
| 10.10.2004 03:54 | | 44,9 |
| 11.10.2004 06:01 | 247 | |
| 23.12.2009 06:58 | | 52,2 |
| 25.12.2009 12:45 | 236 | |
| 18.09.2010 02:34 | | 89,8 |
| 19.09.2010 10:40 | 355 | |
| 02.02.2013 16:26 | | 50,7 |
| 02.02.2013 20:40 | 221 | |



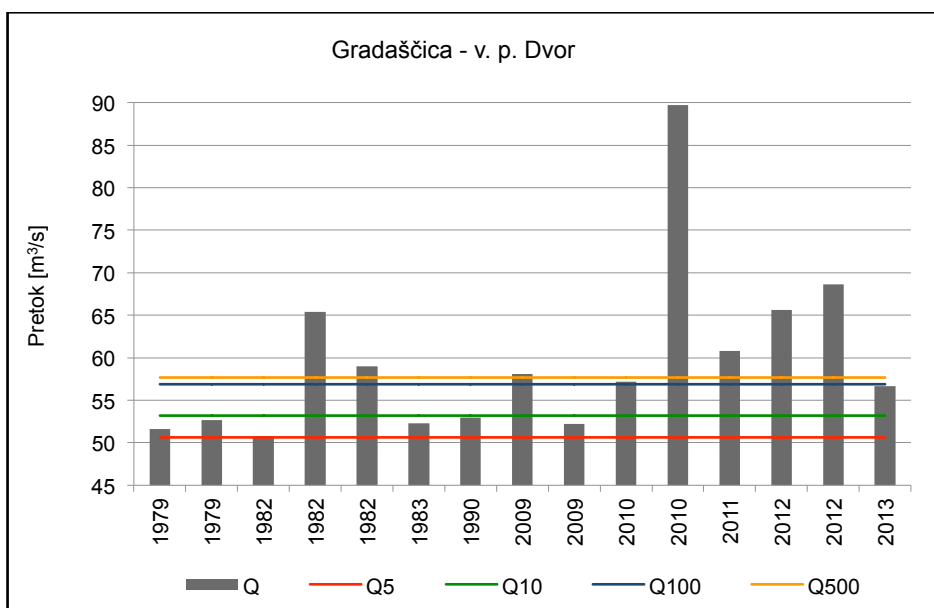
Slika 42: Poplava ob Malem grabnu ob Cesti dveh cesarjev 10. oktobra 2004 (Polajnar, 2005)

Razmerje med srednjimi letnimi pretoki in visokovodnimi konicami pri Gradaščici in Iški potrjuje hudourniški značaj. Pri Gradaščici znaša to razmerje približno med 1:20 in 1:40, pri Iški približno med 1:20 in 1:60, pri Ljubljani pa približno med 1:5 in 1:7. Razmerja so bila izračunana na podlagi meritev pretokov na vodomernih postajah Moste, Dvor in Iška, dostopnih v hidrološkem arhivu in v mesečnih statistikah na spletni strani Agencije RS za okolje.

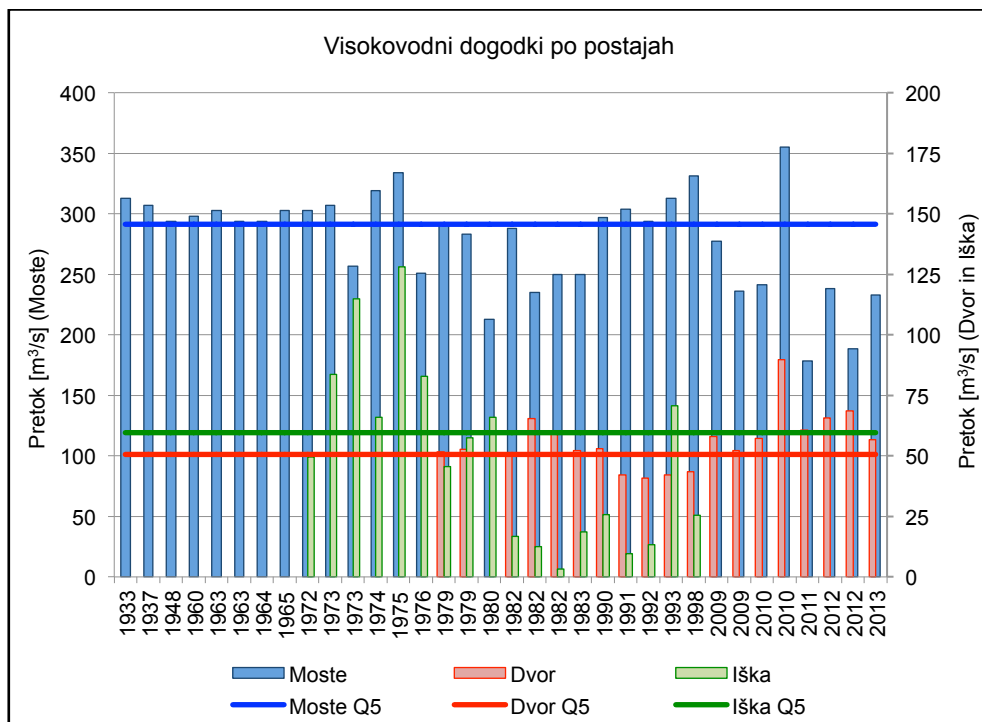
Nekateri visokovodni dogodki Ljubljane se po presejanju pretoka s 5-letno povratno dobo ujemajo z visokovodnimi dogodki Gradaščice (v letih 1979, 1990 in 2010) in Iške (v letih 1973, 1974, 1975 in 1993), drugi visokovodni dogodki pa so značilni le za posamezen vodotok, na primer leta 1982, ko je pretok Gradaščice s 65,4 m³/s za slabih 15 m³/s presegel pretok s 5-letno povratno dobo (slike 43-45), pretoka Ljubljane in Iške pa sta bila bistveno manjša od pripadajočih pretokov s 5-letno povratno dobo. Nasprotno pa leta 1998 pretoka Gradaščice in Iške nista presegla pripadajočih pretokov s 5-letno povratno dobo, medtem ko je pretok Ljubljane za dobrih 40 m³/s presegel pretok s 5-letno povratno dobo (slika 43). Povečanje pretoka enega vodotoka torej ne pomeni nujno povečanja pretokov drugih dveh vodotokov, vendar obenem tega tudi ne izključuje. Sovpadanje visokovodnih dogodkov je odvisno od intenzitete, trajanja in razporeditve padavin, predhodne namočenosti tal in lastnosti porečij.



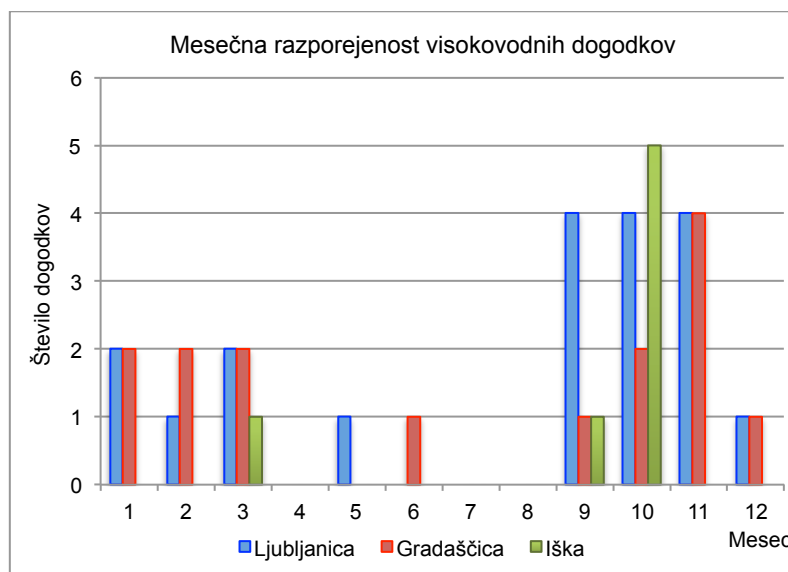
Slika 43: Visokovodni dogodki na v. p. Moste in Moste I s pretočnimi konicami, ki presegajo 5-letno povratno dobo (Q5)



Slika 44: Visokovodni dogodki na v. p. Dvor s pretočnimi konicami, ki presegajo 5-letno povratno dobo (Q5)



Slika 45: Grafična primerjava izbranih visokovodnih dogodkov postaj Moste, Moste I, Dvor, Iška ter Iška I in označeni pretoki s 5-letno povratno dobo (Q5)



Slika 46: Mesečna razporejenost visokovodnih dogodkov s povratno dobo 5 let in več v obdobjih 1933–2010 (Ljubljana Moste), 1979–2013 (Gradaščica Dvor), 1973–1993 (Iška Iška)

Slika 46 prikazuje pogostost izbranih visokovodnih dogodkov po mesecih za Ljubljano na v. p. Moste in Moste I v obdobju 1933–2010, Gradaščico na v. p. Dvor v obdobju 1979–2013 in Iško na v. p. Iška in Iška I v obdobju 1973–1993. Povečani pretoki so se na teh vodotokih v obdobju opazovanj največkrat zgodili v jesenskih mesecih, t.j. septembra, oktobra in novembra, v nekoliko manjši meri pa tudi v zimskih mesecih, t.j. od decembra do marca. V toplejši polovici leta do takih povečanj pretokov ni prihajalo z izjemo enega dogodka na Ljubljani v mesecu maju (16. 5. 1972) in enega dogodka na Gradaščici v mesecu juniju (13. 6. 1982).

4.7.5 Volumni poplavnih valov

Poleg pretočne konice poplavnega vala je pomemben kazalec razsežnosti poplave volumen poplavnega vala. V preglednicah 15 in 16 so podani celotni volumni visokovodnih valov Ljubljane na v. p. Moste in Gradašči na v. p. Dvor brez izločanja baznega odtoka in volumni poplavnih valov, ki so dobljeni z izločanjem baznega odtoka (površinski odtok). Bazni odtok je bil izločen s tri-točkovno grafično metodo s prelomljeno črto (Pugelj, 2012, cit. po NPTEL, 2011). Volumni so merjeni v milijonih m³.

Poplava Ljubljanskega barja septembra 2010 se po volumnu in trajanju poplavnega vala uvršča med največje visokovodne dogodke v zadnjem času, vendar ni edini tak dogodek. Po volumnih izstopajo še poplave v letih 1960, 1974, 1979, 1990, 1991 in 1992 na Ljubljani ter 1979, 1982 in 1990 na Gradaščici.

Preglednica 15: Volumen in trajanje visokovodnih valov Ljubljane.

| v. p. Moste | | | |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------|
| datum | celotni odtok | površinski odtok | trajanje |
| | [10 ⁶ m ³] | [10 ⁶ m ³] | [dni] |
| 24.09.1933 | 161 | 117 | 10 |
| 10.12.1937 | 212 | 95 | 12 |
| 09.11.1948 | 142 | 71 | 9 |
| 22.02.1960 | 212 | 120 | 16 |
| 06.01.1963 | 138 | 82 | 9 |
| 12.03.1963 | 144 | 94 | 12 |
| 25.10.1964 | 147 | 66 | 8 |
| 03.09.1965 | 153 | 99 | 8 |
| 16.05.1972 | 167 | 92 | 12 |
| 26.09.1973 | 193 | 143 | 12 |
| 05.10.1974 | 250 | 123 | 15 |
| 20.03.1975 | 152 | 100 | 14 |
| 29.01.1979 | 246 | 166 | 18 |
| 01.11.1990 | 230 | 130 | 14 |
| 20.11.1991 | 272 | 162 | 14 |
| 18.10.1992 | 221 | 116 | 11 |
| 23.10.1993 | 196 | 105 | 9 |
| 05.11.1998 | 158 | 81 | 8 |
| 19.09.2010 | 278 | 188 | 14 |

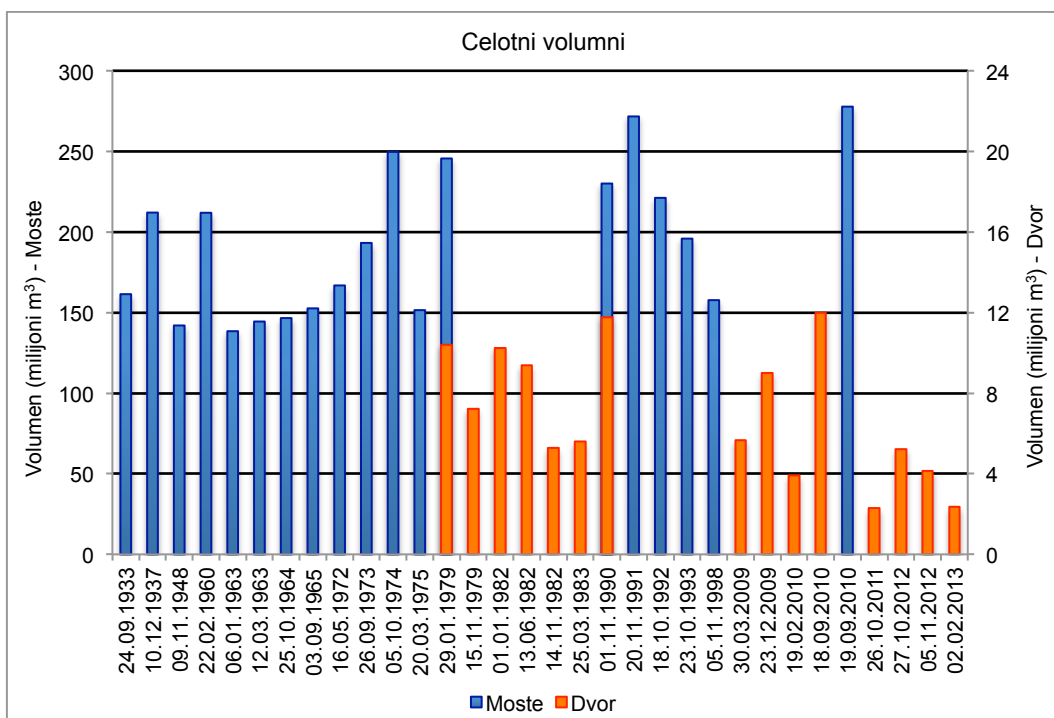
Preglednica 16: Volumen in trajanje visokovodnih valov Gradašči.

| v. p. Dvor | | | |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------|
| datum | celotni odtok | površinski odtok | trajanje |
| | [10 ⁶ m ³] | [10 ⁶ m ³] | [dni] |
| 29.01.1979 | 10,4 | 7,54 | 6 |
| 15.11.1979 | 7,2 | 4,37 | 7 |
| 01.01.1982 | 10,3 | 8,30 | 7 |
| 13.06.1982 | 9,4 | 7,07 | 5 |
| 14.11.1982 | 5,3 | 3,92 | 5 |
| 25.03.1983 | 5,6 | 3,94 | 7 |
| 01.11.1990 | 11,8 | 9,06 | 11 |
| 30.03.2009 | 5,7 | 4,82 | 2 |
| 23.12.2009 | 9,0 | 6,04 | 4 |
| 19.02.2010 | 3,9 | 2,89 | 2 |
| 18.09.2010 | 12,0 | 10,3 | 4 |
| 26.10.2011 | 2,3 | 1,81 | 1 |
| 27.10.2012 | 5,2 | 4,53 | 2 |
| 05.11.2012 | 4,1 | 2,98 | 2 |
| 02.02.2013 | 2,4 | 1,68 | 1 |

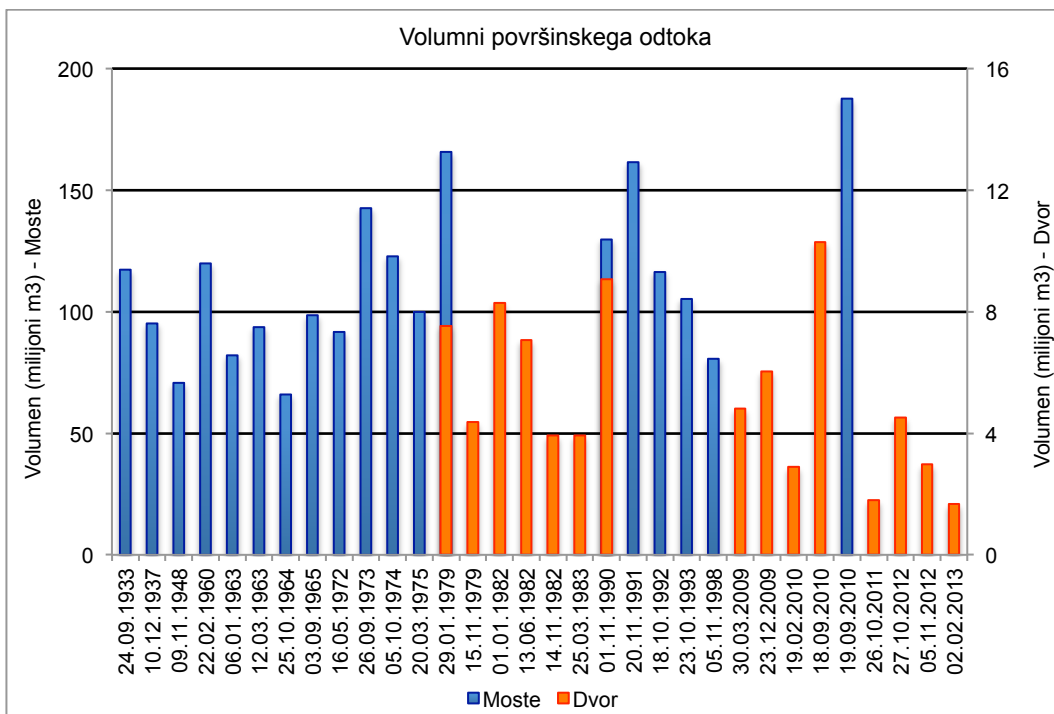
Na sliki 47 so prikazani celotni volumni visokovodnih valov na Ljubljani (v. p. Moste) ter na Gradaščici (v. p. Dvor), na sliki 48 pa volumni površinskega odtoka (bazni odtok je izločen). Leva ordinata označuje volumne Ljubljane, desna ordinata pa volumne Gradašči. Slednja ima glede na levo ordinato zaradi boljše preglednosti povečano merilo. Volumen visokovodnih valov obeh vodotokov ob poplavnem dogodku septembra 2010 kaže na izjemno razsežnost in velikost dogodka, nasprotno pa, na primer, relativno velik volumen visokovodnega vala Gradašči in srednje velik volumen visokovodnega vala Ljubljane 1. 11. 1991 nakazujeta najverjetneje na večjo količino padavin na območju porečja Gradašči.

Slika 49 pa prikazuje trajanje visokovodnih valov Ljubljane (v. p. Moste) ter Gradašči (v. p. Dvor) analiziranih dogodkov. Razlika med kraškimi lastnostmi porečja Ljubljane in hudourniški lastnostmi porečja Gradašči je tu jasno izražena, saj vsi analizirani dogodki

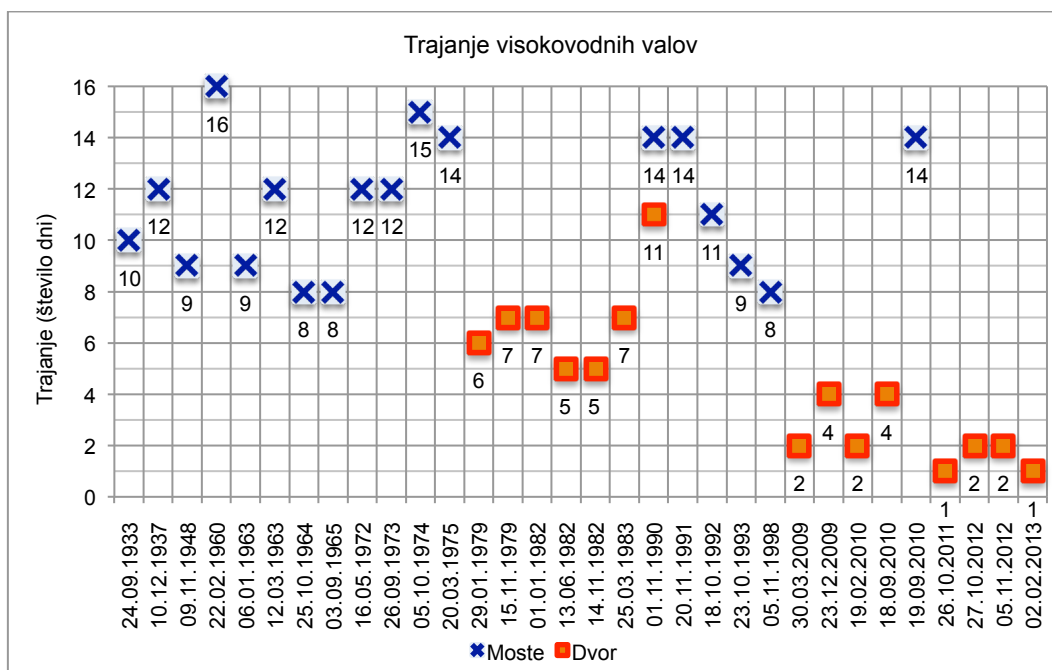
Ljubljane trajajo 8 dni ali več, nasprotno pa dogodki na Gradaščici, z izjemo 1. 11. 1990, ko je bil poplavni val sestavljen, trajajo manj kot 8 dni.



Slika 47: Celotni volumni visokovodnih valov Ljubljane in Gradaščice



Slika 48: Volumni površinskega odtoka visokovodnih valov Ljubljane in Gradaščice



Slika 49: Trajanje visokovodnih valov Ljubljanice in Gradašnice

4.7.6 Izbor največjih poplavnih dogodkov za nadaljnjo analizo

Zbrani poplavni dogodki na Ljubljanici in Gradaščici, ki po pretokih presegajo vrednosti s 5-letno povratno dobo, so po pretokih, celotnih volumnih in volumnih površinskega odtoka v preglednicah 17 in 18 razvrščeni po velikosti. S tem lahko izberemo nekaj največjih poplavnih dogodkov na Ljubljanici in Gradaščici, ki so podrobneje analizirani v naslednjem poglavju.

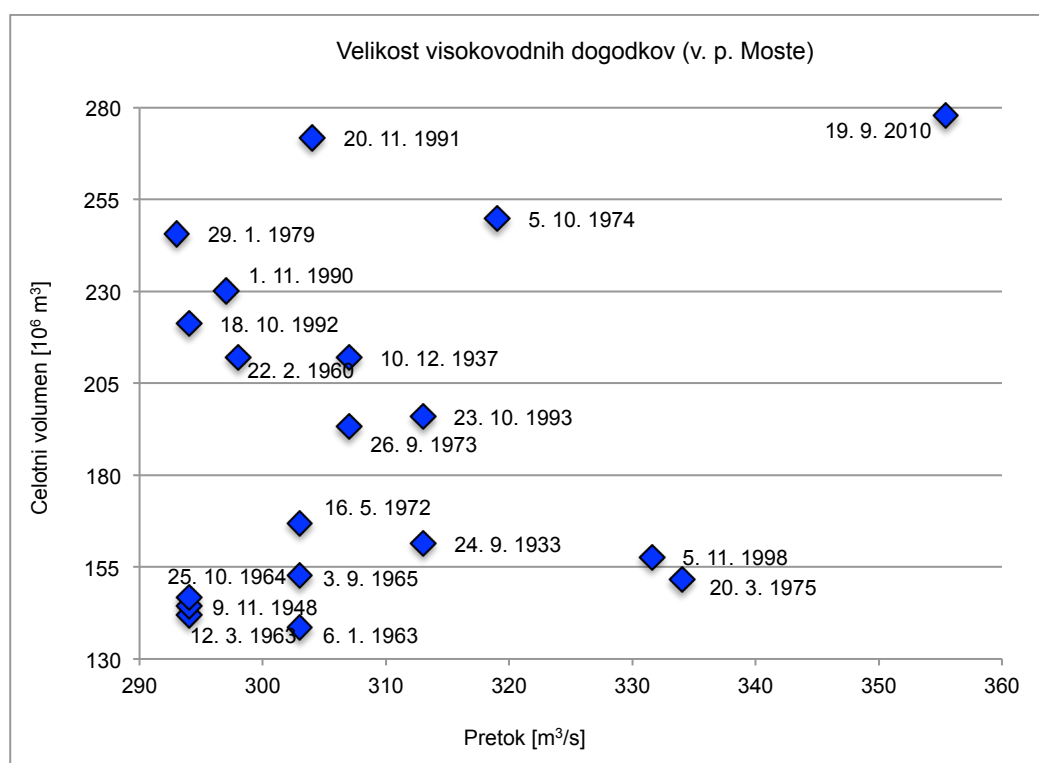
Preglednica 17: Visokovodni dogodki na Ljubljanici (v. p. Moste), razvrščeni po pretočni konici, volumnu celotnega odtoka in volumnu površinskega odtoka.

| Ljubljana (v. p. Moste) | | | | | |
|-------------------------|---------------------|------------|-----------------------------------|------------|-----------------------------------|
| datum | konica | datum | celotni odtok | datum | površinski odtok |
| | [m ³ /s] | | [10 ⁶ m ³] | | [10 ⁶ m ³] |
| 19.09.2010 | 355 | 19.09.2010 | 278 | 19.09.2010 | 188 |
| 20.03.1975 | 334 | 20.11.1991 | 272 | 29.01.1979 | 166 |
| 05.11.1998 | 332 | 05.10.1974 | 250 | 20.11.1991 | 162 |
| 05.10.1974 | 319 | 29.01.1979 | 246 | 26.09.1973 | 143 |
| 24.09.1933 | 313 | 01.11.1990 | 230 | 01.11.1990 | 130 |
| 23.10.1993 | 313 | 18.10.1992 | 221 | 05.10.1974 | 123 |
| 10.12.1937 | 307 | 10.12.1937 | 212 | 22.02.1960 | 120 |
| 26.09.1973 | 307 | 22.02.1960 | 212 | 24.09.1933 | 117 |
| 20.11.1991 | 304 | 23.10.1993 | 196 | 18.10.1992 | 116 |
| 06.01.1963 | 303 | 26.09.1973 | 193 | 23.10.1993 | 105 |
| 03.09.1965 | 303 | 16.05.1972 | 167 | 20.03.1975 | 100 |
| 16.05.1972 | 303 | 24.09.1933 | 161 | 03.09.1965 | 99 |
| 22.02.1960 | 298 | 05.11.1998 | 158 | 10.12.1937 | 95 |
| 01.11.1990 | 297 | 03.09.1965 | 153 | 12.03.1963 | 94 |
| 09.11.1948 | 294 | 20.03.1975 | 152 | 16.05.1972 | 92 |
| 12.03.1963 | 294 | 25.10.1964 | 147 | 06.01.1963 | 82 |
| 25.10.1964 | 294 | 12.03.1963 | 144 | 05.11.1998 | 81 |
| 18.10.1992 | 294 | 09.11.1948 | 142 | 09.11.1948 | 71 |
| 29.01.1979 | 293 | 06.01.1963 | 138 | 25.10.1964 | 66 |

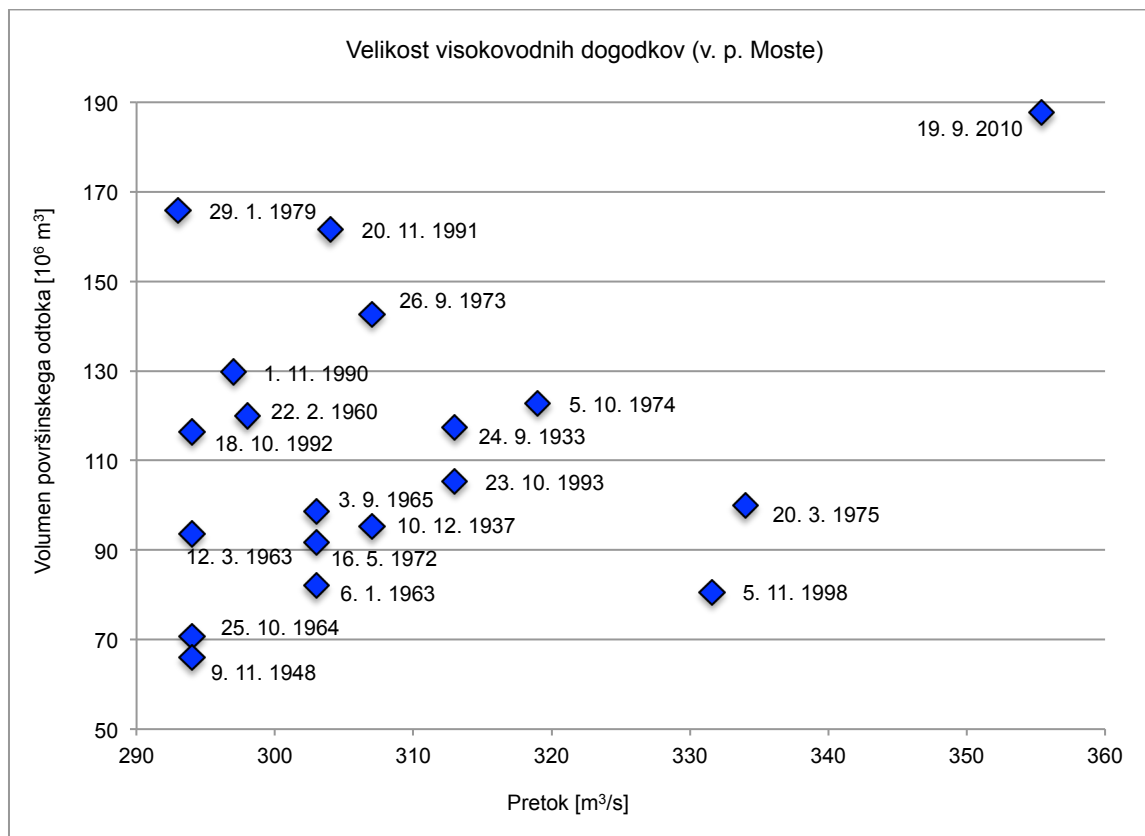
Preglednica 18: Visokovodni dogodki na Gradaščici (v. p. Dvor), razvrščeni po pretočni konici, volumnu celotnega odtoka in volumnu površinskega odtoka.

| Gradaščica (v. p. Dvor) | | | | | |
|-------------------------|---------------------|------------|-----------------------------------|------------|-----------------------------------|
| datum | konica | datum | celotni odtok | datum | površinski odtok |
| | [m ³ /s] | | [10 ⁶ m ³] | | [10 ⁶ m ³] |
| 18.09.2010 | 89,7 | 18.09.2010 | 12,0 | 18.09.2010 | 10,3 |
| 05.11.2012 | 68,7 | 01.11.1990 | 11,8 | 01.11.1990 | 9,06 |
| 27.10.2012 | 65,6 | 29.01.1979 | 10,4 | 01.01.1982 | 8,30 |
| 13.06.1982 | 65,4 | 01.01.1982 | 10,3 | 29.01.1979 | 7,54 |
| 26.10.2011 | 60,8 | 13.06.1982 | 9,4 | 13.06.1982 | 7,07 |
| 14.11.1982 | 59,0 | 23.12.2009 | 9,0 | 23.12.2009 | 6,04 |
| 30.03.2009 | 58,1 | 15.11.1979 | 7,2 | 30.03.2009 | 4,82 |
| 19.02.2010 | 57,2 | 30.03.2009 | 5,7 | 27.10.2012 | 4,53 |
| 02.02.2013 | 56,7 | 25.03.1983 | 5,6 | 15.11.1979 | 4,37 |
| 01.11.1990 | 53,0 | 14.11.1982 | 5,3 | 25.03.1983 | 3,94 |
| 15.11.1979 | 52,7 | 27.10.2012 | 5,2 | 14.11.1982 | 3,92 |
| 25.03.1983 | 52,3 | 05.11.2012 | 4,1 | 05.11.2012 | 2,98 |
| 23.12.2009 | 52,2 | 19.02.2010 | 3,9 | 19.02.2010 | 2,89 |
| 29.01.1979 | 51,6 | 02.02.2013 | 2,4 | 26.10.2011 | 1,81 |
| 01.01.1982 | 50,8 | 26.10.2011 | 2,3 | 02.02.2013 | 1,68 |

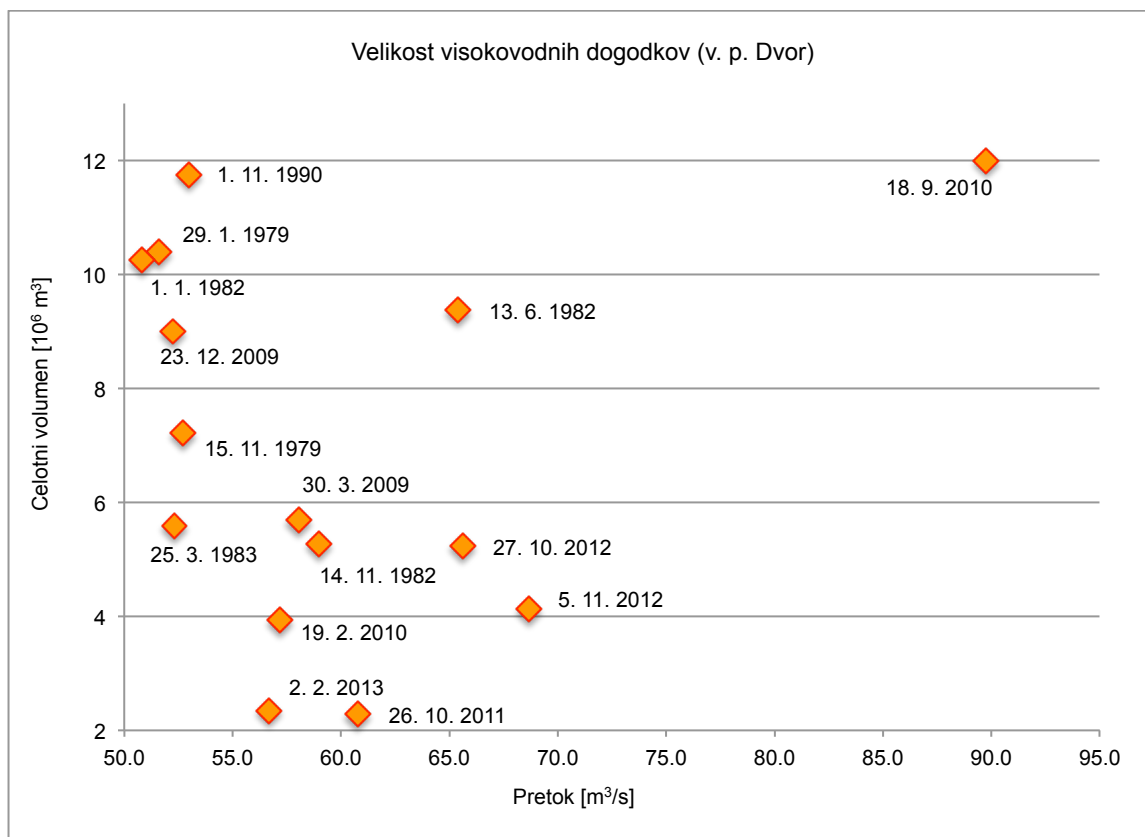
Slike od 50 do 53 prikazujejo visokovodne dogodke na Ljubljani (v. p. Moste) ter na Gradaščici (v. p. Dvor), pri čemer so dogodki prikazani po kriterijih pretok - celotni volumen in pretok - volumen površinskega odtoka za grafični prikaz razsežnosti poplavnih dogodkov.



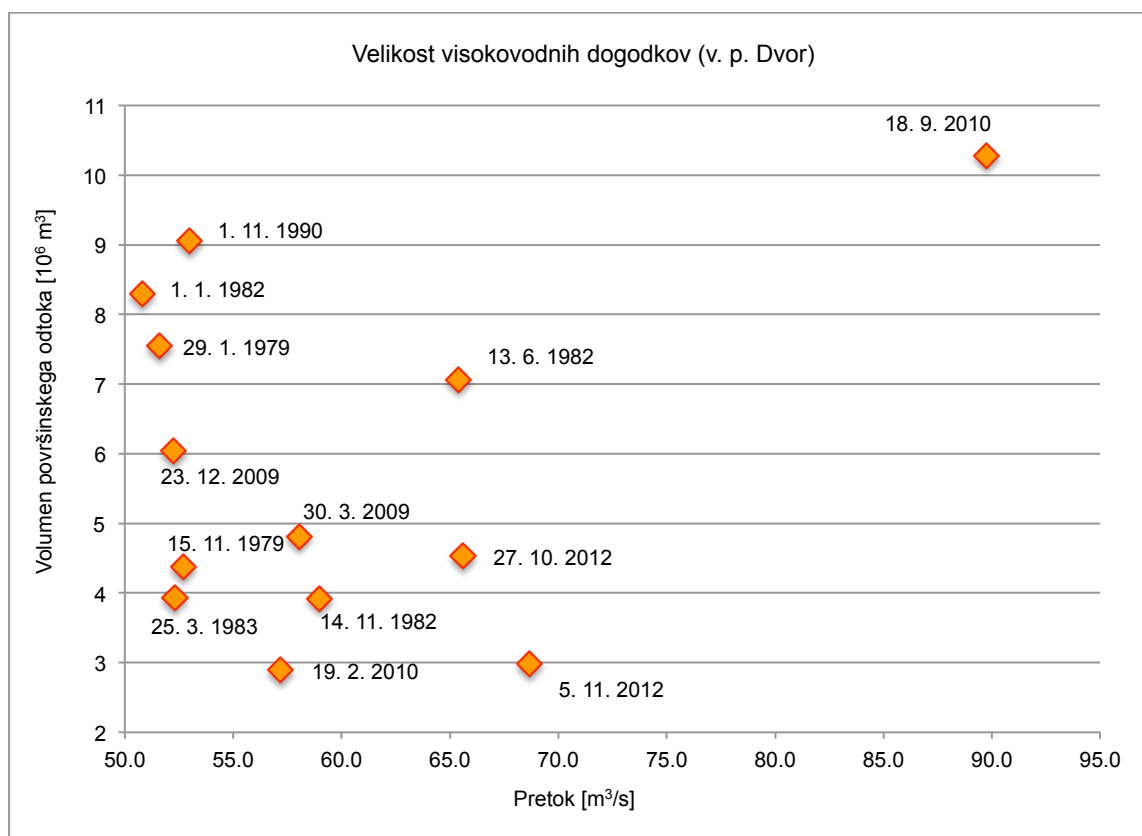
Slika 50: Velikost visokovodnih dogodkov po pretoku in celotnem volumnu (Ljubljana - v. p. Moste)



Slika 51: Velikost visokovodnih dogodkov po pretoku in volumnu površinskega odtoka (Ljubljana - v. p. Moste)



Slika 52: Velikost visokovodnih dogodkov po pretoku in celotnem volumnu (Gradaščica - v. p. Dvor)



Slika 53: Velikost visokovodnih dogodkov po pretoku in volumnu površinskega odtoka (Gradaščica - v. p. Dvor)

Glede na razvrstitev dogodkov po velikosti po treh kriterijih (pretočna konica, volumen celotnega odtoka in volumen površinskega odtoka) in glede na razpoložljivost meritev pretokov in padavin so za podrobnejšo analizo izbrani naslednji dogodki:

1. za Ljubljano: 24. 9. 1933, 29. 1. 1979, 1. 11. 1990, 20. 11. 1991, 23. 10. 1993, 20. 10. in 5. 11. 1998 (zaporedna poplavna dogodka) ter 19. 9. 2010 (v analizo sta vključena tudi pritoka Gradaščica in Iška),
2. za Gradaščico: 1. 1. 1982, 13. 6. 1982, 1. 11. 1990 in 18. 9. 2010.

K poplavnim dogodkom je dodan tudi dogodek 28. 9. 1926, ko je bila, glede na zgodovinske vire, jugozahodna in južna Ljubljana močno poplavljena.

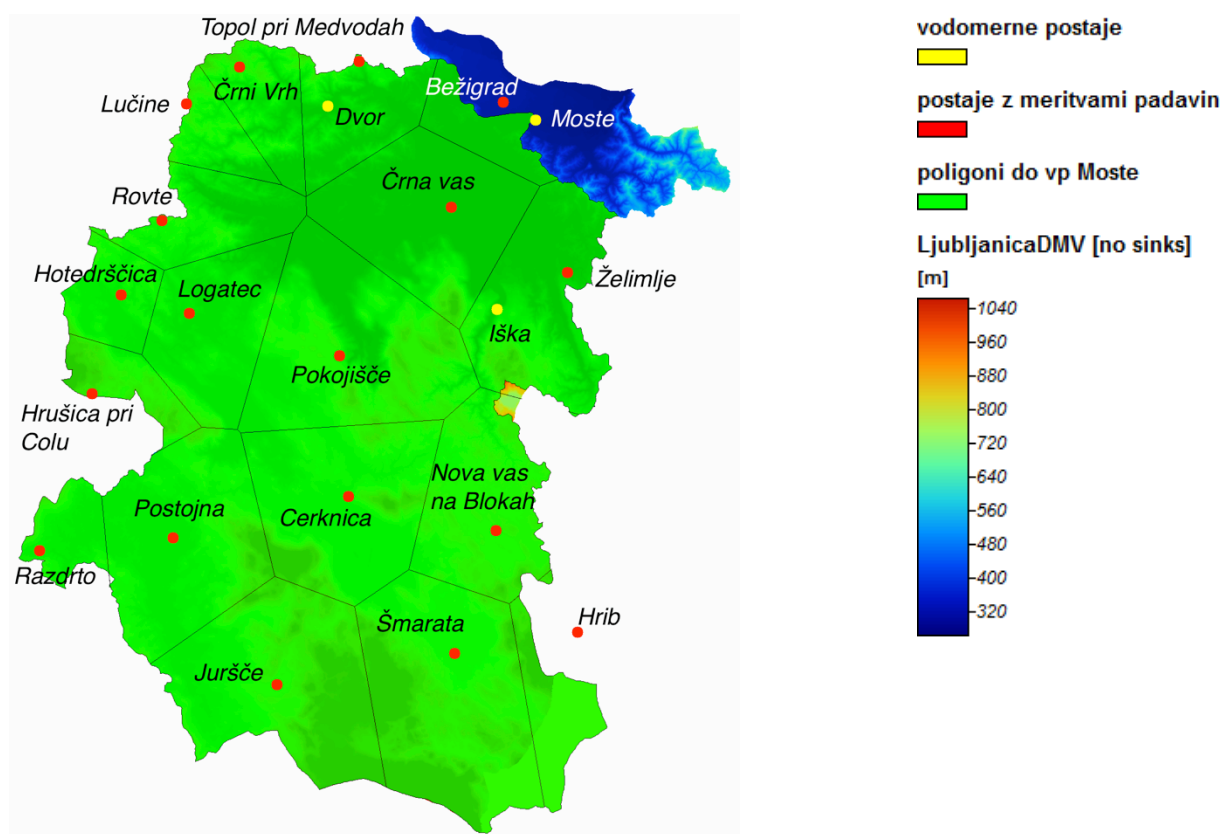
4.7.7 Pripadajoči padavinski dogodki

Za izbrane poplavne dogodke smo poiskali pripadajoče padavine, ki so povzročile nastop poplav. Podatki o padavinskih dogodkih so pridobljeni s spletnih strani ARSO iz arhiva vremenskega portala, kjer so javno dostopni podatki z dnevno ločljivostjo meritev (Agencija RS za okolje, 2015d). Iz meritev padavin izbranih postaj so po metodi Thiessenovih poligonov izračunane dnevne višine padavin za območja porečja Gradaščice in barjanskega dela porečja Ljubljane. Enačba za izračun povprečne višine padavin \bar{P} na prispevnem območju A je:

$$\bar{P} = \sum_1^n P_i \frac{A_i}{A},$$

kjer sta A_i površina posameznega Thiessenovega poligona in P_i izmerjena višina padavin postaje istega poligona.

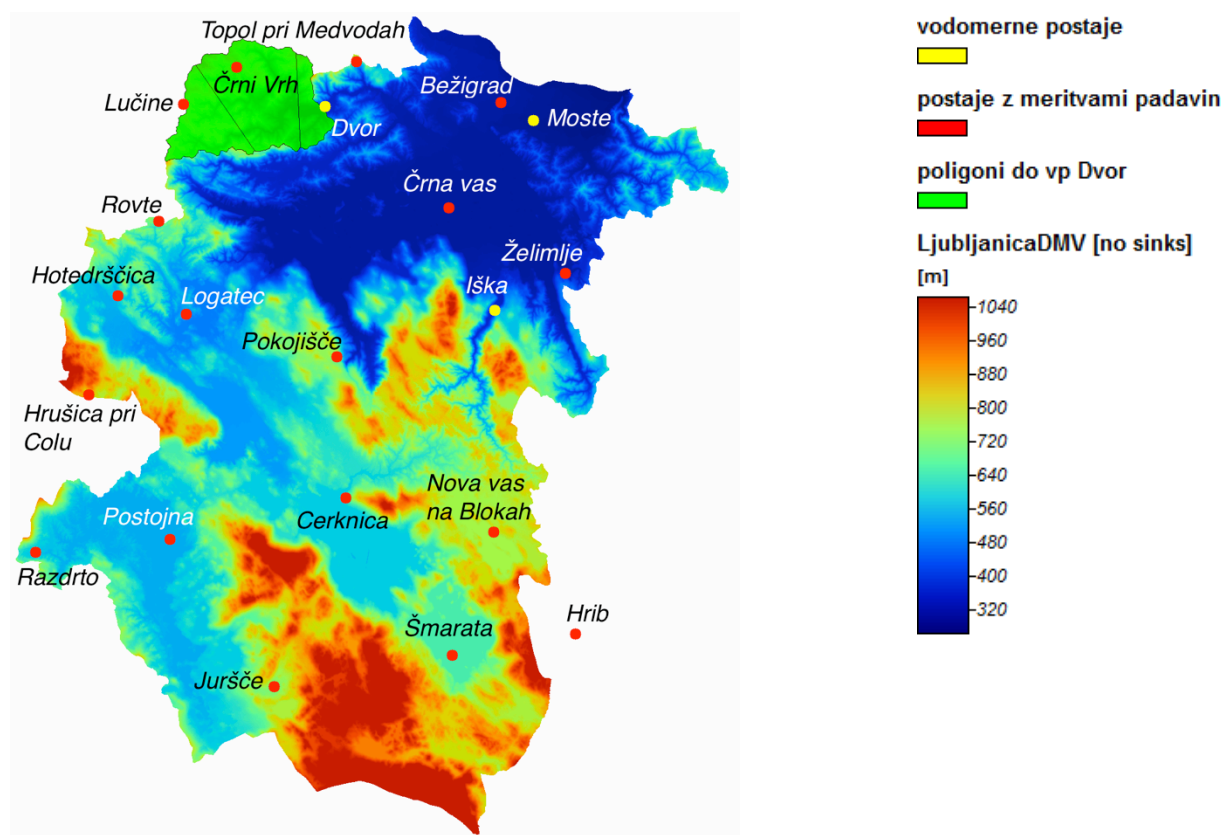
Na slikah 54, 55 in 56 so prikazana prispevna območja po metodi Thiessenovih poligonov (zelena brava) za vodomerne postaje Moste, Dvor in Iška. Postaje z meritvami padavin so na teh slikah prikazane z rdečimi oznakami, vodomerne postaje pa z rumenimi oznakami. Površine Thiessenovih poligonov so zbrane v preglednici 19. Prispevna območja so napeta čez digitalni model višin porečja Ljubljanice. Na modelu so višine prikazane z barvno lestvico, pri kateri temno modra barva predstavlja najmanjšo vrednost (doline, polja, Ljubljansko barje), rdeča pa največjo vrednost (hribi, planote).



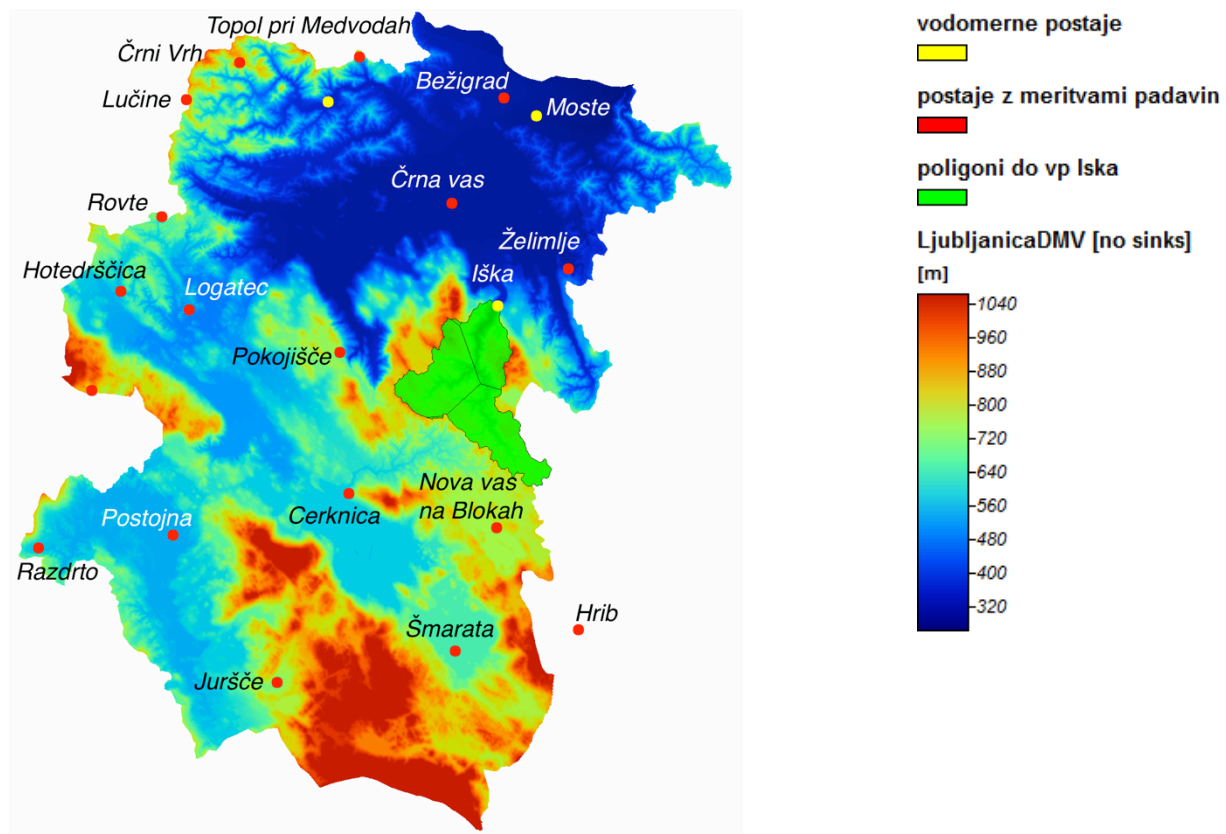
Slika 54: Thiessenovi poligoni za prispevno območje vodomerne postaje Moste

Preglednica 19: Površine Thiessenovih poligonov za prispevna območja vodomernih postaj Moste, Dvor in Iška.

| Poligon | Površina [km ²] (Moste) | Površina [km ²] (Dvor) | Površina [km ²] (Iška) |
|----------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Topol pri Medvodah | 67,68 | 10,84 | |
| Črni Vrh | 53,33 | 44,97 | |
| Ljubljana - Bežigrad | 47,33 | | |
| Lučine | 33,91 | 23,07 | |
| Rovte | 64,98 | | |
| Črna vas | 146,38 | | 0,17 |
| Želimlje | 125,91 | | 16,57 |
| Hotedrščica | 44,48 | | |
| Logatec | 102,72 | | |
| Pokojišče | 185,32 | | 24,93 |
| Hrušica pri Colu | 35,85 | | |
| Razdrto | 34,60 | | |
| Postojna | 158,35 | | |
| Cerknica | 156,05 | | 0,12 |
| Nova vas na Blokah | 116,50 | | 24,75 |
| Hrib | 15,58 | | |
| Šmarata | 182,40 | | |
| Juršče | 174,92 | | |



Slika 55: Thiessenovi poligoni za prispevno območje vodomerne postaje Dvor



Slika 56: Thiessenovi poligoni za prispevno območje vodomerne postaje Iška

5. ANALIZA VEČJIH POPLAV NA POREČJU LJUBLJANICE

V tem poglavju so natančneje predstavljeni posamezni največji poplavni dogodki iz preteklosti na porečju Ljubljane z Gradaščico.

5.1 Poplava septembra 1926

Poplava leta 1926 je močno prizadela Ljubljansko barje in zahodno Ljubljano. Ob tem poplavnem dogodku je življenje izgubilo 10 ljudi (Orožen Adamič, 1991). Močno so bili prizadeti deli ljubljanskih predmestij Vič, Mirje, Rožna dolina, Trnovo, Kolezija in Murgle. Voda je zalila hiše, gospodarska poslopja in druge objekte ter nasula ogromne količine blata, peska, lesa in izruvanega drevja (Legiša, 2013, cit. po Kolbezen, 1992). Poškodovanih je bilo več mostov in brvi. Skupna škoda te poplave je bila ocenjena na 60 milijonov dinarjev, od tega dobrih 22 milijonov dinarjev na privatnih objektih, dobrih 7 milijonov dinarjev na komunikacijah, javnih in tehničnih napravah, okoli 30 milijonov dinarjev pa na kmetijskih in gozdnih površinah ter na kmetijskih pridelkih in strojih. Uničenje zalog kmetijskih pridelkov je povzročilo problem oskrbe prebivalstva s hrano (Legiša, 2013). Obseg poplave v Ljubljani septembra 1926 je prikazan na sliki 16 v poglavju 3.1.

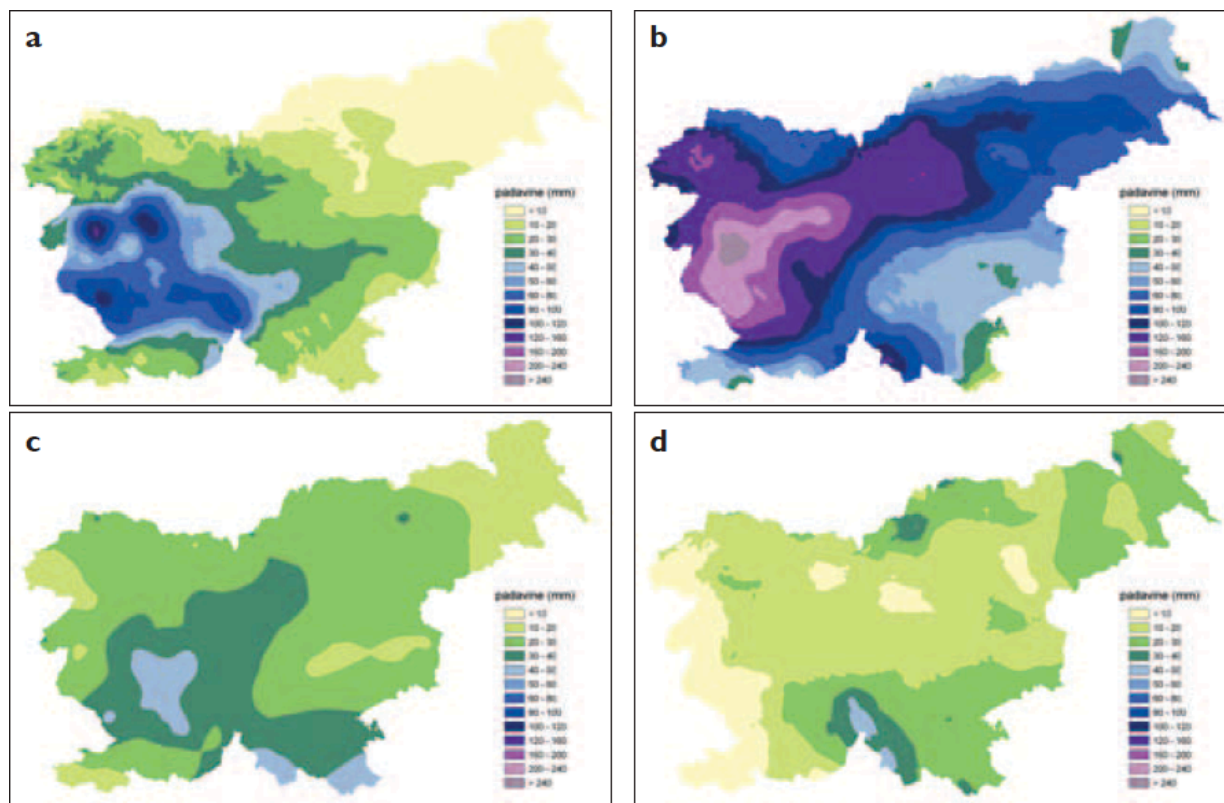
5.1.1 Padavine

25. septembra 1926 je bilo nad Britanskim otočjem in Severnim morjem območje nizkega zračnega pritiska (Dolinar et al., 2011). Od zahoda je nad Slovenijo pritekal vlažen zrak, ki je z dviganjem ob orografskih pregradah povzročil nevihte z močnimi nalivi. Padavinski višek je bil omejen na predele dinarske pregrade in Krasa: severni Trnovski gozd, Idrijsko hribovje, zaledje Javornikov in Snežnika ter Kras okoli Dutovelj. Največ padavin je padlo na območju Ljubljane, Sore, Soče in Gradaščice. 27. in 28. septembra 1926 se je nad severno Italijo razvil skundarni ciklon, ki se je pomikal nad Slovenijo in povzročil močna deževja v severni in osrednji Sloveniji. Višek padavin 28. septembra je bil omejen na podobno območje kot predhodni dan. Med drugimi je v Polhograjskem hribovju padlo okoli 200 mm dežja, v celotnem padavinskem dogodku od 26. septembra do 1. oktobra 1926 pa skupaj skoraj 300 mm (preglednica 20). Skupno sta poleg porečij Soče in Sore prejeli največ padavin porečji Ljubljane in Gradaščice, zaradi česar je nastala na Ljubljanskem barju obsežna poplava (Dolinar et al., 2011).

Za padavine, ki so povzročile poplavo leta 1926, je bila značilna prostorsko in časovno neenakomerna porazdelitev z izrazitimi nalivi (slika 57). Polovica vseh padavin je padla v 9 urah, dnevna količina padavin pa je na Sv. Katarini (Topol pri Medvodah) znašala 272 mm, v Lučinah pa celo 341 mm (Urad za meteorologijo, 2010).

Preglednica 20: Povprečne dnevne padavine na porečju za padavinski dogodek septembra 1926 (povzeto po Dolinar et al., 2011).

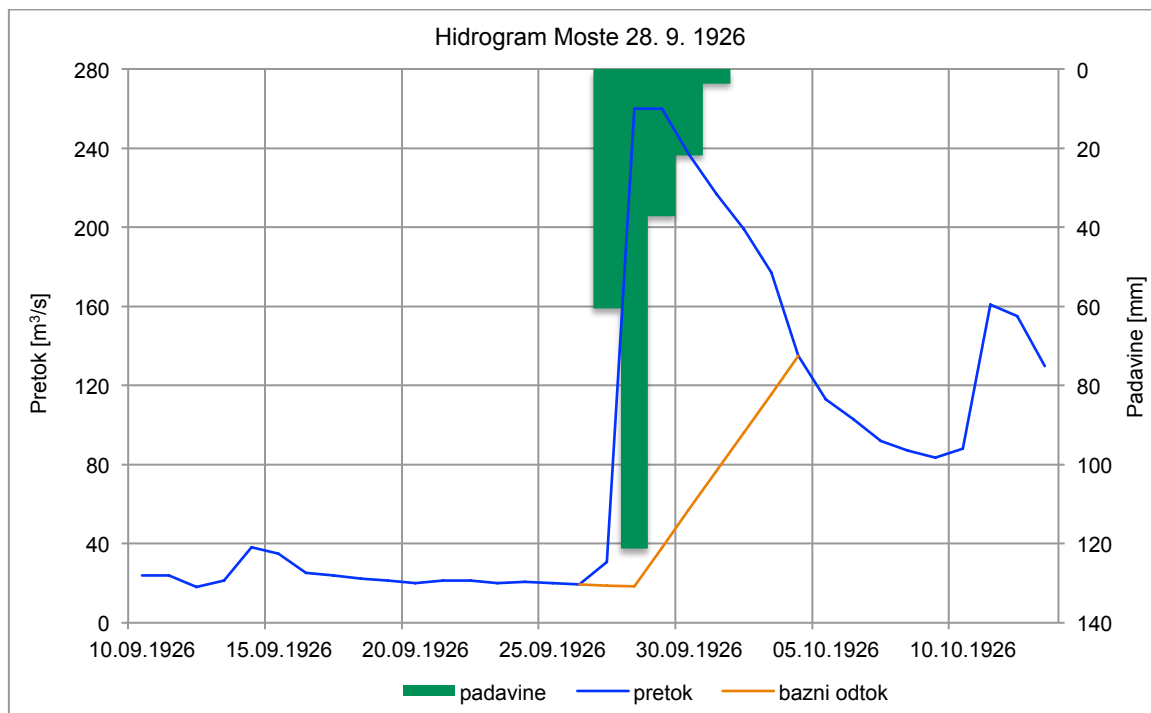
| Povodje | Površina [km ²] | Padavine [mm] | | | | | Vsota |
|------------|-----------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | | 27. 9. | 28. 9. | 29. 9. | 30. 9. | 1. 10. | |
| Ljubljana | 1737 | 60,5 | 121,2 | 37,2 | 21,8 | 3,6 | 244,4 |
| Gradaščica | 154 | 56,1 | 186,3 | 34,3 | 15,3 | 4,8 | 296,8 |



Slika 57: Prostorska porazdelitev padavin po posameznih dnevih med padavinskim dogodkom od 27. do 30. septembra 1926: a) 27. september, b) 28. september, c) 29. september, d) 30. september (rumena barva predstavlja manj kot 10 mm padavin, siva barva več kot 240 mm padavin) (povzeto po Dolinar et al., 2011)

5.1.2 Hidrogrami odtoka

Pretoki Ljubljance pri v. p. Moste od 10. do 26. septembra 1926 so v povprečju znašali okoli $20 \text{ m}^3/\text{s}$ in spadajo med nizke srednje pretoke Ljubljance pri v. p. Moste (slika 58). Hidrogram je naraščal od 26. do 28. septembra, ko je Ljubljanka pri v. p. Moste dosegla pretočno konico $260 \text{ m}^3/\text{s}$, nato pa je od 29. septembra približno 5 dni upadal. Meritve pretokov Gradaščice in Iške za ta poplavni dogodek niso na razpolago. Gradaščica naj bi po nekaterih ocenah dosegla pretok $180 \text{ m}^3/\text{s}$ (Legiša, 2013, cit. po Kolbezen, 1992).



Slika 58: Dnevni hidrogram za v. p. Moste septembra in oktobra 1926 ter dnevne količine padavin

5.1.3 Volumni odtoka

Volumen celotnega poplavnega vala je pri v. p. Moste znašal okoli $133 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, volumen neposrednega površinskega odtoka pa okoli $83 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Trajanje poplavnega vala Ljubljane je ocenjeno na 9 dni (preglednica 22).

5.1.4 Predhodna namočenost

Hidrogram za v. p. Moste nakazuje na suho obdobje pred poplavo. Razpoložljive meritve padavin postaje Dvorec (današnji Trg republike) v Ljubljani kažejo na pretežno suho vreme od 4. do 19. septembra 1933 (preglednica 21). To potrjuje tudi zapis iz časnika Slovenski narod dne 29. 9. 1926: "Po lepih jesenskih dneh je začelo v nedeljo popoldne močno deževati. Deževje je trajalo vso noč in tudi včeraj ni ponehalo. Komaj se je malo razvedrilo, so se že zopet zbrali na Ljubljano in okolico črni oblaki, iz katerih je lilo z manjšimi presledki kakor iz škafe. Tekom včerajšnjega popoldneva je v par urah sledilo več hudih ploh, tako da so se ulice mahoma spremenile v hudournike in so kanali komaj požirali vodne mase," (Legiša, 2013). Poplavni dogodek je bil posledica enkratnega pripadajočega padavinskega dogodka.

Preglednica 21: Meritve padavin v milimetrih postaje Ljubljana - Dvorec septembra 1926.

| dan | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------------|---|---|-----|---|---|---|---|-----|---|----|----|----|----|----|----|
| padavine [mm] | 0 | 0 | 0,2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 2 | 0 |

(nadaljevanje preglednice 21)

| dan | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|-------|----|------|----|
| padavine [mm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46,2 | 153,3 | 39 | 16,2 | 1 |

5.1.5 Koeficient odtoka

Koeficient odtoka Ljublanice pri v. p. Moste (0,20) (preglednica 22) je nekoliko nižji od primerljivih koeficientov drugih poplavnih dogodkov zaradi prostorsko neenakomerne razporeditve padavin - na porečju Ljublanice so bile najmočnejše padavine koncentrirane na območju Polhograjskega hribovja (Dolinar et al., 2011). Odtočni koeficient Gradaščice je bil za ta poplavni dogodek verjetno bistveno večji, poplava pa je najbolj prizadela jugozahodna območja Ljubljane, ki ležijo ob Gradaščici, in, v nasprotju s poplavo leta 1933, nekoliko manj Ljubljansko barje.

Preglednica 22: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka septembra 1926.

| Vodotok (v. p.) | Prispevna površina [km ²] | Pretočna konica [m ³ /s] | Volumen poplav. vala [milijoni m ³] | Volumen poplav. vala [mm] | Višina padavin [mm] | Trajanje poplav. vala [dni] | Koeficient odtoka |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| Ljubljana (Moste) | 1737 ⁶ | 260 | 83,0 | 47,8 | 244,4 ⁶ | 9 | 0,20 |

5.2 Poplava septembra 1933

Poplava leta 1933 je bila, poleg poplave iz leta 1926, za Ljubljansko barje ena najhujših v 20. stoletju.

Zaradi visokega vodostaja naj bi se ljudje začasno preselili iz stanovanjskih sob na podstrešja, živini v hlevih pa podkladali lesene odre, da ni stala v vodi. Po zapisih sodeč je bila poplavljena večina vasi na Ljubljanskem barju, kot na primer Črna vas, Havptmanica in Ilovca, Galjevica pa je bila ogrožena (Mikoš, 2010). Poplavljena so bila tudi območja od Iga do Želimelj in naprej proti Škofljici in Pijavi gorici, ter vas Lipe (Komac in Zorn, 2011). Gladina poplave Ljubljanskega barja leta 1933 je bila podobna gladini poplave iz leta 2010 (Globevnik in Vidmar, 2010).

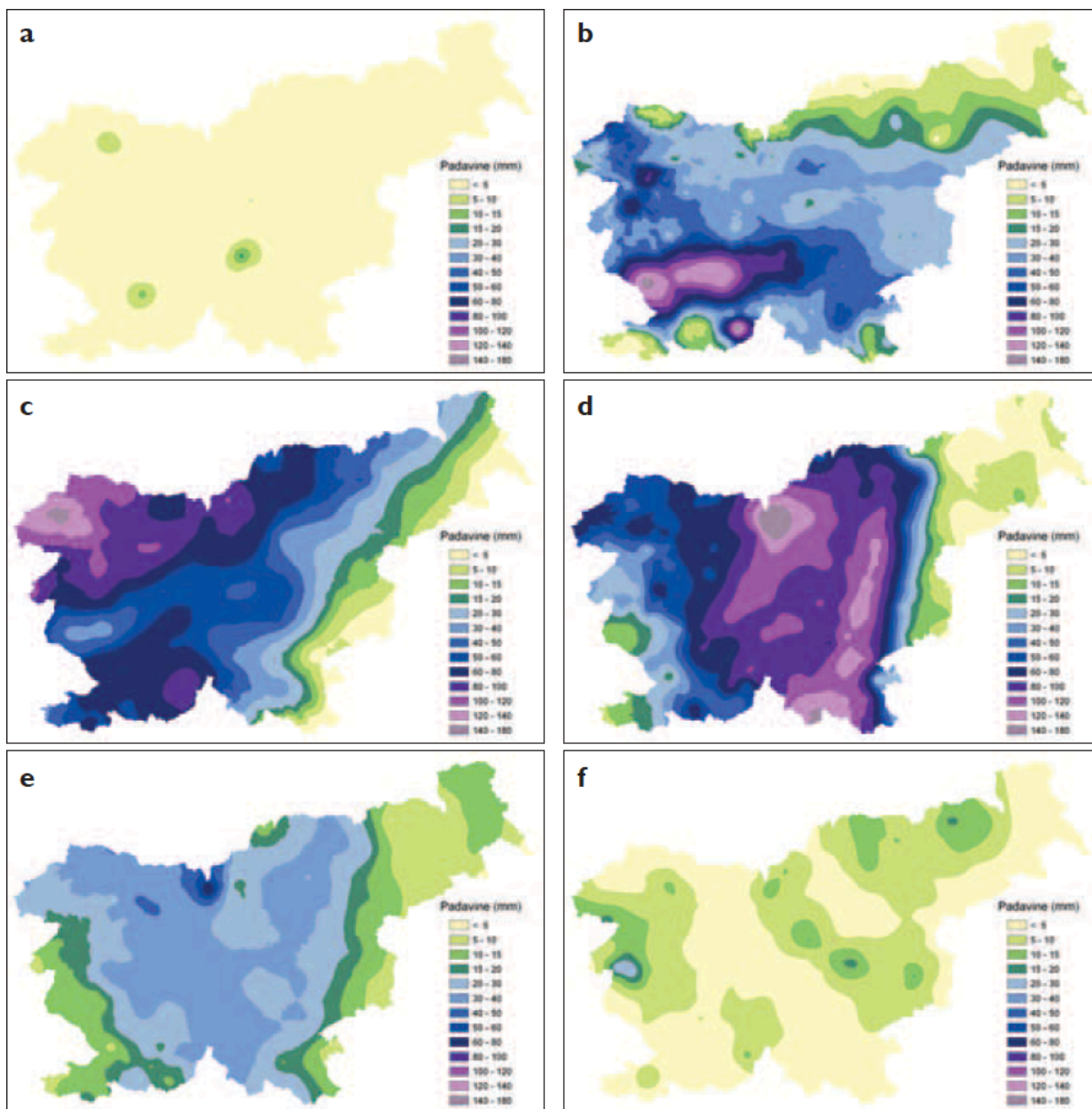
5.2.1 Padavine

Padavinski dogodek se je začel 20. septembra 1933, ko se je ciklon iznad Britanije pomikal proti jugovzhodu (Dolinar et al., 2011). V Sloveniji je bila večja količina padavin zabeležena v naslednjih treh dneh, od 21. do 23. septembra. 21. septembra se je ciklonsko območje širilo od Krasa prek Notranjske in Alp proti skrajnemu severozahodnemu delu Slovenije z izmerjenimi dnevnimi količinami prek 100 mm, lokalno pa tudi več. 22. septembra je ciklon prešel Slovenijo in se popoldne umaknil prek Alp proti severu (slika 59). Sekundarni ciklon, ki se je iznad Tirenskega morja pomikal proti Sloveniji, je 23. septembra prinesel močno deževje v pasu od Kočevskega hribovja do Pohorja in Kamniško-Savinjskih Alp. Porečje Ljublanice je bilo med najbolj prizadetimi s šestdnevno vsoto padavin več kot 250 mm (preglednica 23) (Dolinar et al., 2011).

⁶ Podatek je pridobljen iz članka Ekstremne padavine ob poplavah septembra 2010 - primerjava s podobnima dogodkoma leta 1926 in leta 1933 (Dolinar et al., 2011).

Preglednica 23: Povprečne dnevne padavine na porečju za padavinski dogodek septembra 1933 (povzeto po Dolinar et al., 2011).

| Povodje | Površina [km ²] | Padavine [mm] | | | | | | | Vsota |
|------------|-----------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | | 20. 9. | 21. 9. | 22. 9. | 23. 9. | 24. 9. | 25. 9. | | |
| Ljubljana | 1737 | 1,9 | 69,5 | 63,0 | 84,2 | 31,4 | 4,2 | 254,1 | |
| Gradaščica | 154 | 2,2 | 34,3 | 55,5 | 79,5 | 36,8 | 1,8 | 210,0 | |

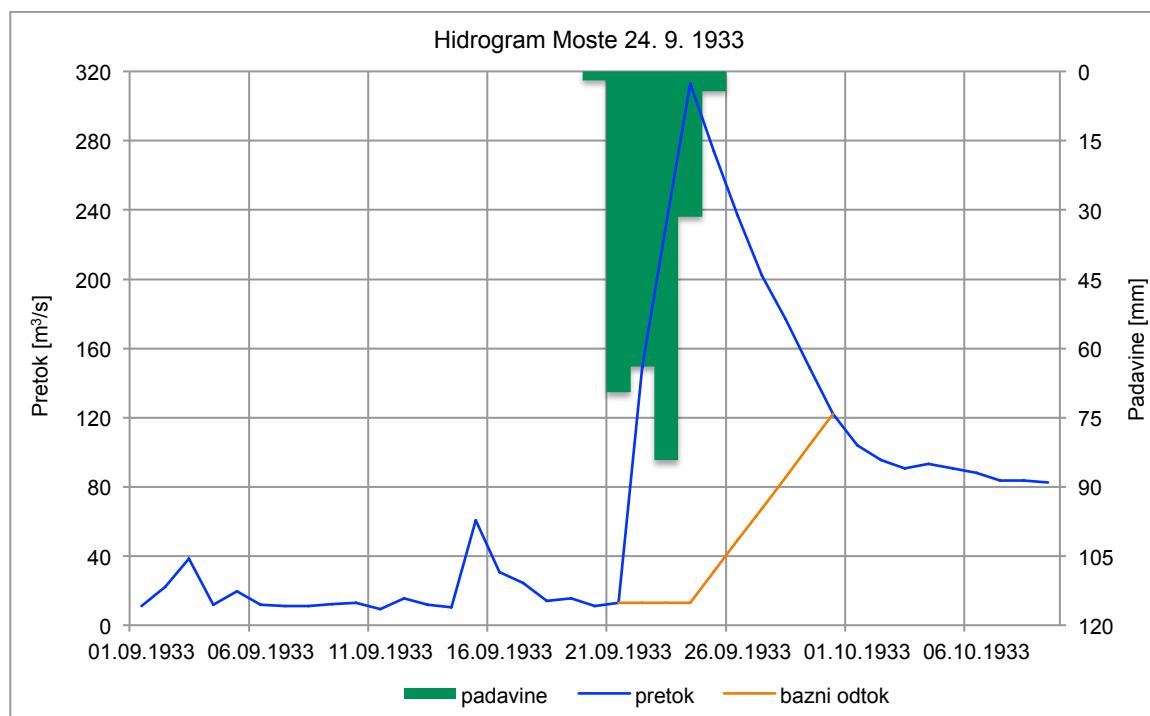


Slika 59: Prostorska porazdelitev padavin po posameznih dnevih med padavinskim dogodkom od 20. do 25. septembra 1933: a) 20. september, b) 21. september, c) 22. september, d) 23. september, e) 24. september in f) 25. september (rumena barva predstavlja manj kot 5 mm padavin, siva barva več kot 140 mm padavin) (Dolinar et al., 2011)

5.2.2 Hidrogrami odtoka

Pretoki Ljubljane pri v. p. Moste od 1. do 21. septembra 1933 niso presegli 70 m³/s, večinoma pa so se gibal v velikostnem razredu nizkih srednjih pretokov pri okoli 12 m³/s. Hidrogram je naraščal od 22. do 24. septembra, ko je Ljubljana pri v. p. Moste dosegla

pretočno konico 313 m³/s, nato pa je približno 6 dni upadal (slika 60). Meritve pretokov Gradaščice in Iške za ta poplavni dogodek niso na razpolago.



Slika 60: Dnevni hidrogram za v. p. Moste septembra in oktobra 1933 ter dnevne količine padavin

5.2.3 Volumni odtoka

Volumen celotnega poplavnega vala je pri v. p. Moste znašal okoli $161 \cdot 10^6$ m³, volumen neposrednega padavinskega odtoka pa okoli $117 \cdot 10^6$ m³. Trajanje poplavnega vala Ljubljanice je ocenjeno na 10 dni (preglednica 25).

5.2.4 Predhodna namočenost

Hidrogram za v. p. Moste ne kaže na izdatno predhodno namočenost terena. Razpoložljive meritve padavin postaje Dvorec (današnji Trg republike) v Ljubljani kažejo na pretežno suho vreme od 4. do 19. septembra 1933 (preglednica 24). Poplavni dogodek je bil posledica enkratnega pripadajočega padavinskega dogodka.

Preglednica 24: Meritve padavin v milimetrih postaje Ljubljana - Dvorec septembra 1933.

| dan | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------------|------|-----|-----|---|---|---|---|---|------|-----|----|----|-----|------|----|
| padavine [mm] | 37,4 | 1,8 | 2,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13,6 | 1,7 | 0 | 0 | 0,3 | 20,2 | 0 |

(nadaljevanje preglednice 22)

| dan | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---------------|----|----|----|-----|------|------|-------|------|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| padavine [mm] | 0 | 0 | 0 | 3,2 | 40,6 | 55,1 | 120,5 | 42,5 | 1,5 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 |

5.2.5 Koeficient odtoka

Zaradi pomanjkanja zadostnega števila meritev padavin za izračun povprečnih padavin na porečju Ljubljanice septembra 1933 sta za določitev koeficienta odtoka uporabljena podatka o prispevni površini in povprečni višini padavin po ugotovitvah Dolinar et al. (2011). Koeficient odtoka (0,27) (preglednica 25) je večji od koeficienta odtoka Ljubljanice ob poplavi septembra 1926 (preglednica 22). Ob poplavi septembra 1933 je bilo Ljubljansko barje tudi bolj prizadeto kot ob poplavi septembra 1926.

Preglednica 25: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka septembra 1933.

| Vodotok (v. p.) | Prispevna površina [km ²] | Pretočna konica [m ³ /s] | Volumen poplav. vala [milijoni m ³] | Volumen poplav. vala [mm] | Višina padavin [mm] | Trajanje poplav. vala [dni] | Koeficient odtoka |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| Ljubljana (Moste) | 1737 ⁷ | 313 | 117 | 67,6 | 254,1 ⁶ | 10 | 0,27 |

5.3 Visokovodni dogodek januarja 1979

Glede na pomanjkanje zapisov o poplavi 29. 1. 1979 gre najverjetneje za visokovodni dogodek in ne za poplavo. Na to nakazujejo tudi manjše količine padavin kot pri drugih poplavni dogodkih, čeprav so pretoki Ljubljanice, Gradaščice in Iške dosegli visoke konice zaradi taljenja snežne odeje.

5.3.1 Padavine

Izrazit višek padavin je, glede na meritve padavinskih postaj, opazen v dneh od 27. do 29. Januarja (preglednice 26, 27 in 28). Glede na zmanjševanje debeline snežne odeje lahko sklepamo, da so bile te padavine v obliki dežja. Pred tem je opazen padavinski dogodek od 9. do 11. januarja, pri katerem so bile padavine v obliki snega, saj se je debelina snežne odeje povečala (na porečju Gradaščice za več kot 30 cm) (Agencija RS za okolje, 2015d)

Preglednica 26: Količine padavin v milimetrih in snežne odeje v centimetrih na porečju Ljubljanice pri visokovodnem dogodku januarja 1979 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 22. 1. 1979 | 23. 1. 1979 | 24. 1. 1979 | 25. 1. 1979 | 26. 1. 1979 | 27. 1. 1979 | 28. 1. 1979 | 29. 1. 1979 | 30. 1. 1979 | 31. 1. 1979 |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Topol pri Medvodah | 1,5 | 0,5 | 0,9 | 14,4 | 7,1 | 4,7 | 27 | 25,6 | 45 | 7,7 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 3,2 | 1,2 | 1,3 | 10,4 | 5,5 | 3,5 | 62,4 | 37,5 | 45 | 3,9 |
| Ljubljana - Bežigrad | 1,6 | 0,6 | 0,4 | 8,6 | 2,4 | 4 | 15,8 | 15 | 43,3 | 5,5 |
| Lučine | 3,2 | 1,7 | 3,3 | 9,2 | 0 | 9,1 | 68 | 68,7 | 28,4 | 4,7 |
| Rovte | 0 | 3,6 | 2,5 | 11,5 | 9 | 0 | 49,2 | 29,2 | 44 | 8 |
| Črna vas | 0 | 0 | 0,9 | 5,8 | 0 | 2,3 | 9,6 | 13,3 | 48,2 | 0 |
| Želimlje | 1,4 | 0,3 | 0 | 7,9 | 1,9 | 1,6 | 11,4 | 22,4 | 45,6 | 1,1 |
| Hotedrščica | 0 | 2,1 | 7,2 | 16,3 | 6,7 | 8,2 | 62,1 | 78,2 | 24,1 | 2,2 |
| Logatec | 0,2 | 2,7 | 3,8 | 10,4 | 1,5 | 2 | 116,8 | 84,3 | 45,4 | 5,9 |
| Pokojišče | 3,1 | 2,5 | 2,1 | 9,9 | 1,1 | 6,2 | 30,6 | 36,5 | 45,8 | 6,7 |
| Hrušica pri Colu | 6,8 | 9,8 | 15,2 | 16,4 | 11,5 | 4,3 | 114,5 | 45,4 | 22,2 | 0 |
| Razdrto | 7,9 | 20,6 | 22,6 | 16,5 | 1,2 | 1,6 | 57,7 | 24,6 | 46,2 | 3,2 |

Se nadaljuje...

⁷ Podatek je pridobljen iz članka Ekstremne padavine ob poplavih septembra 2010 - primerjava s podobnima dogodkoma leta 1926 in leta 1933 (Dolinar et al., 2011).

...nadaljevanje Preglednice 26

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Postojna | 5,6 | 12,8 | 13,8 | 14,7 | 0 | 1,5 | 84,1 | 48,2 | 55,4 | 2,3 |
| Cerknica | 2,7 | 3,1 | 1,2 | 11,8 | 0,9 | 1,4 | 63 | 51,6 | 49,1 | 3,4 |
| Nova vas na Blokah | 2,2 | 1,8 | 0,3 | 7 | 1,3 | 0 | 14 | 29,2 | 56 | 4,6 |
| Hrib | 2,4 | 0 | 0 | 10,8 | 2 | 0,2 | 14 | 29,2 | 51,4 | 6 |
| Šmarata | 1,9 | 2 | 0 | 15 | 1 | 0,1 | 33,5 | 60,8 | 54,9 | 5,6 |
| Juršče | 3,8 | 10,9 | 1,5 | 24 | 0,3 | 0,4 | 47,3 | 65,4 | 60,8 | 9,5 |
| <i>Povprečje</i> | <i>2,5</i> | <i>4,1</i> | <i>3,2</i> | <i>12,5</i> | <i>1,9</i> | <i>2,2</i> | <i>45,5</i> | <i>44,1</i> | <i>48,9</i> | <i>4,7</i> |
| <i>Snežna odeja</i> | <i>17</i> | <i>10</i> | <i>7</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>3</i> | <i>0</i> | <i>0</i> | <i>5</i> | <i>5</i> |

Preglednica 27: Količine padavin v milimetrih in snežne odeje v centimetrih na porečju Gradašnice pri visokovodnem dogodku januarja 1979 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 22. 1. 1979 | 23. 1. 1979 | 24. 1. 1979 | 25. 1. 1979 | 26. 1. 1979 | 27. 1. 1979 | 28. 1. 1979 | 29. 1. 1979 | 30. 1. 1979 | 31. 1. 1979 |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|
| Topol pri Medvodah | 1,5 | 0,5 | 0,9 | 14,4 | 7,1 | 4,7 | 27 | 25,6 | 45 | 7,7 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 3,2 | 1,2 | 1,3 | 10,4 | 5,5 | 3,5 | 62,4 | 37,5 | 45 | 3,9 |
| Lučine | 3,2 | 1,7 | 3,3 | 9,2 | 0 | 9,1 | 68 | 68,7 | 28,4 | 4,7 |
| <i>Povprečje</i> | <i>3,0</i> | <i>1,3</i> | <i>1,8</i> | <i>10,6</i> | <i>4,1</i> | <i>5,3</i> | <i>59,2</i> | <i>45,0</i> | <i>40,1</i> | <i>4,7</i> |
| <i>Snežna odeja</i> | <i>27</i> | <i>20</i> | <i>19</i> | <i>16</i> | <i>17</i> | <i>10</i> | <i>0</i> | <i>0</i> | <i>8</i> | <i>11</i> |

Preglednica 28: Količine padavin v milimetrih in snežne odeje v centimetrih na porečju Iške pri visokovodnem dogodku januarja 1979 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 27. 1. 1979 | 28. 1. 1979 | 29. 1. 1979 | 30. 1. 1979 | 31. 1. 1979 |
|------------------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|
| Črna vas | 2,3 | 9,6 | 13,3 | 48,2 | 0 |
| Želimlje | 1,6 | 11,4 | 22,4 | 45,6 | 1,1 |
| Pokojišče | 6,2 | 30,6 | 36,5 | 45,8 | 6,7 |
| Cerknica | 1,4 | 63 | 51,6 | 49,1 | 3,4 |
| Nova vas na Blokah | 0 | 14 | 29,2 | 56 | 4,6 |
| <i>Povprečje</i> | <i>2,6</i> | <i>27,4</i> | <i>31,5</i> | <i>48,6</i> | <i>3,4</i> |
| <i>Snežna odeja</i> | <i>2</i> | <i>0</i> | <i>0</i> | <i>5</i> | <i>5</i> |

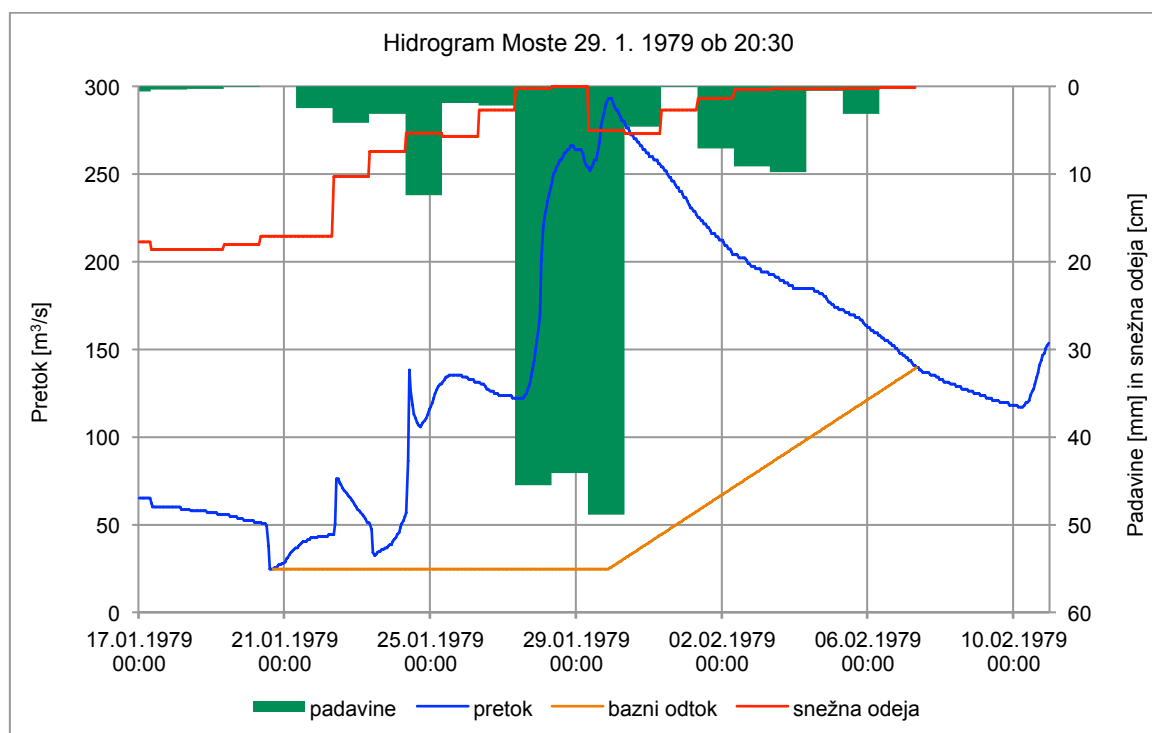
5.3.2 Hidrogrami odtoka

Hidrogram Ljubljane pri v. p. Moste je imel nihajoč naraščajoči del zaradi taljenja snežne odeje v kombinaciji s padavinami v obliki dežja (slika 61). Za začetek naraščanja je izbran čas, ko se začne debeline snežne odeje manjšati, t.j. 20. januarja 1979. Ljubljana je dosegla pretočno konico 29. januarja 1979 pri 293 m³/s. Počasen upadajoči del je značilen za Ljubljano in njeno porečje s kraškimi lastnostmi. Snežna odeja se je po pretočni konici hitro talila in v kombinaciji z novim zmernim valom padavin od 1. do 3. februarja še dodatno upočasnila upadanje pretoka Ljubljane.

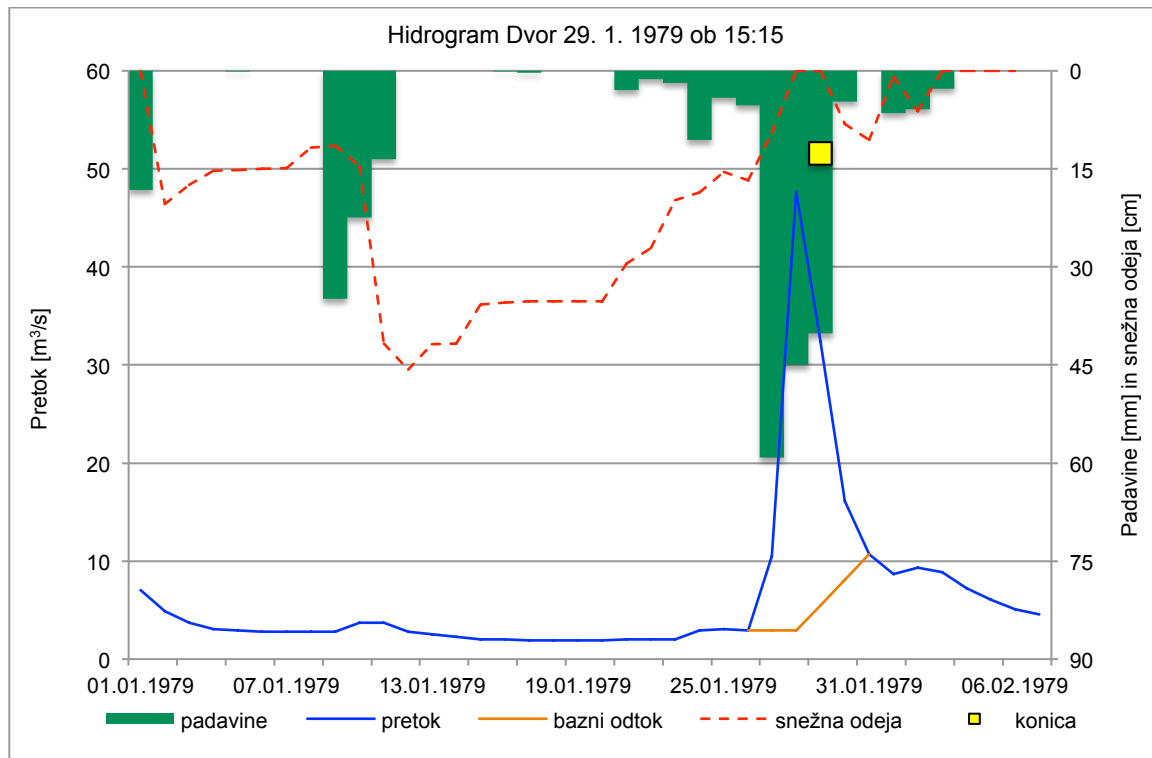
Gradašnica je imela do 26. januarja srednje pretoke (slika 62). Primerjava količin padavin in debeline snežne odeje okoli 10. januarja nakazuje na pretežno snežne padavine, ki so se zadržale na površju približno 10 dni, zato se pretok Gradašnice v tem času ni bistveno spreminjal. 20. januarja se je začela snežna odeja tanjšati, glavni padavinski dogodek pa je nastopil od 21. januarja naprej, zato sklepamo na dvig temperature ozračja. Kombinacija novega padavinskega dogodka in taljenja snežne odeje je na hudourniški Gradaščici

povzročila veliko povečanje pretokov od 26. do 29. januarja, ko je bila dosežena pretočna konica pri 51,6 m³/s. Pretoki so nato v dveh dneh upadli na manj kot 10 m³/s.

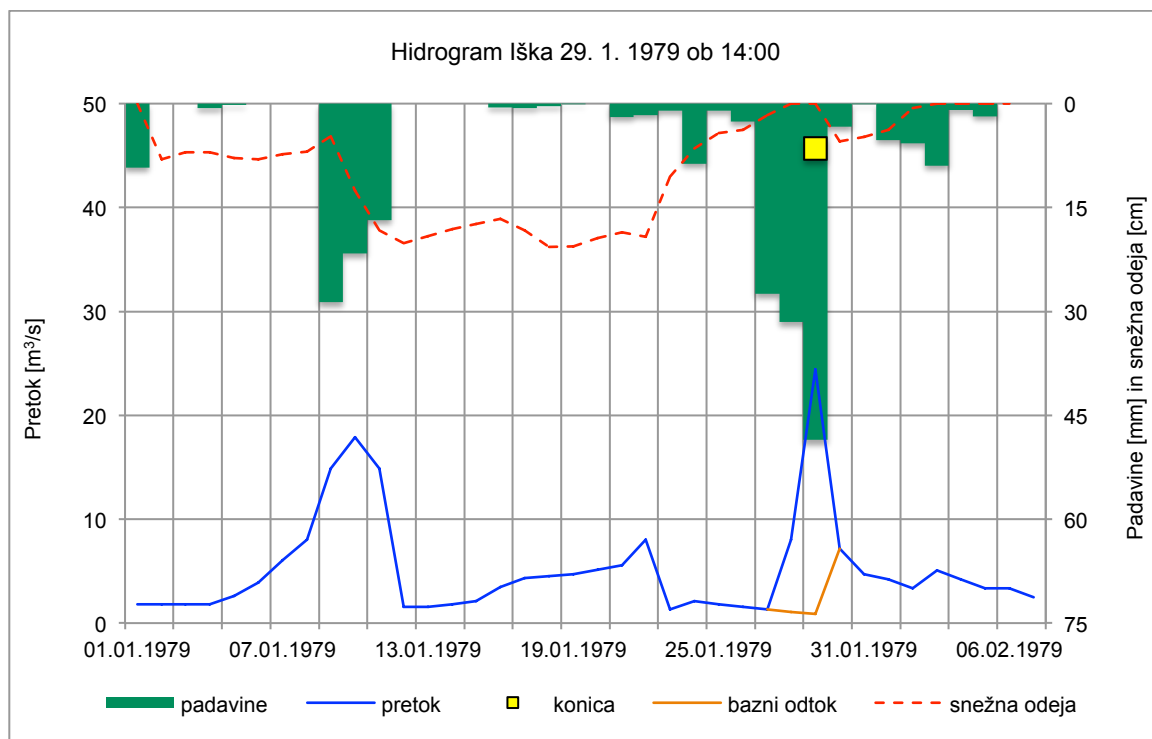
Hidrogram lške je bil pred visokovodnim dogodkom bolj razgiban, povečanje snežne odeje okoli 10. januarja pa približno polovično v primerjavi s povečanjem snežne odeje na porečju Gradaščice, zato sklepamo na padavine v kombinaciji z dežjem. Pretok lške se je začel močno povečevati 27. januarja, dosegel konico 29. januarja pri 45,7 m³/s, nato pa, podobno kot pri Gradaščici, v dveh dneh upadel na manj kot 10 m³/s (slika 63).



Slika 61: Urni hidrogram za v. p. Moste januarja in februarja 1979 ter dnevne količine padavin in debeline snežne odeje



Slika 62: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor januarja in februarja 1979 ter dnevne količine padavin in debeline snežne odeje



Slika 63: Dnevni hidrogram za v. p. Iška januarja in februarja 1979 ter dnevne količine padavin in debeline snežne odeje

5.3.3 Volumni odtoka

Volumni odtoka tega visokovodnega dogodka vključujejo staljeno snežno odejo, zato so večji kot pri drugih, po velikosti primerljivih poplavih, ki so posledica le dežnih padavin brez taljenja snežne odeje. Volumen celotnega vala je pri v. p. Moste znašal okoli $246 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, volumen neposrednega padavinskega odtoka okoli $166 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Trajanje visokovodnega vala Ljubljane je ocenjeno na 18 dni. Visokovodni val Gradašnice je trajal okoli 6 dni, volumen celotnega vala je znašal okoli $10,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, volumen neposrednega padavinskega odtoka pa okoli $7,54 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, pri Iški pa sta volumna znašala $3,54 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (celotni val) in $2,03 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni odtok) s trajanjem 4 dni (preglednica 29).

5.3.4 Predhodna namočenost

Predhodna namočenost za ta visokovodni dogodek pri Gradašnici in Iški ni bila izrazita. Zaradi zadrževanja snežne odeje na površju ni bilo znakov o predhodni namočenosti. Pri Ljubljani pa bi povečanje pretokov na okoli $130 \text{ m}^3/\text{s}$ 24. in 25. januarja lahko bilo povezano s predhodno namočenostjo kraškega porečja pred visokovodnim valom 29. januarja 1979.

5.3.5 Koeficient odtoka

Taljenje snega je bistveno povečalo koeficiente odtoka Ljubljane (0,55) in Gradašnice (0,55), ni pa imelo takega vpliva pri Iški, kjer je koeficient odtoka znašal 0,27) (preglednica 29). Kljub visokim odtočnim koeficientom pa pretoki zaradi manjše predhodne namočenosti niso ekstremno visoki.

Preglednica 29: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka januarja 1979.

| Vodotok (v. p.) | Prispevna površina [km ²] | Pretočna konica [m ³ /s] | Volumen poplav. vala [milijoni m ³] | Volumen poplav. vala [mm] | Višina padavin [mm] | Trajanje poplav. vala [dni] | Koeficient odtoka |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| Gradašnica (Dvor) | 78,88 | 51,6 | 7,54 | 95,6 | 175,0 | 6 | 0,55 |
| Iška (Iška) | 66,53 | 45,7 | 2,03 | 30,6 | 113,5 | 4 | 0,27 |
| Ljubljana (Moste) | 1778,16 | 293 | 166 | 93,2 | 169,6 | 18 | 0,55 |

5.4 Visokovodna dogodka na Gradašnici v letu 1982

V letu 1982 sta bila na Gradašnici dva visokovodna dogodka: prvi s pretočno konico 1. januarja in drugi s pretočno konico 13. junija. Posebnih poročil o poplavljanju Gradašnice v teh dneh ni bilo. Dogodka sta izbrana na podlagi velikosti pretočne konice in volumna odtoka. Visokovodni dogodek 1. januarja ni imel velike pretočne konice, po volumnu celotnega in neposrednega odtoka pa spada med šest največjih dogodkov na Gradašnici s pretočnimi konicami, ki so presegle pretok s 5-letno povratno dobo od leta 1977 naprej.

Visokovodni dogodek 13. junija pa je tretji po velikosti pretočne konice izmed vseh pretokov Gradašnice od leta 1977 naprej.

5.4.1 Padavine

Količine padavin za oba visokovodna dogodka so podane v preglednicah 30 in 31. Pri visokovodnem dogodku januarja 1982 je bilo prisotno tudi taljenje snega. Debelina snežne odeje je, poleg dnevnih količin padavin, prikazana tudi na hidrogramih (sliki 64 in 65).

Ob visokovodnem dogodku junija 1982 pa so bile količine padavin na prispevni površini v. p. Dvor zelo velike. 13. junija je padlo skoraj 100 mm dežja.

Preglednica 30: Količine padavin v milimetrih in snežne odeje v centimetrih na porečju Gradašnice pri visokovodnem dogodku januarja 1982 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 29. 12. 1981 | 30. 12. 1981 | 31. 12. 1981 | 1. 1. 1982 | 2. 1. 1982 |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Topol pri Medvodah | 7,9 | 25,5 | 12,8 | 26,5 | 25,6 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 5,3 | 36,5 | 4,1 | 41,5 | 16,3 |
| Lučine | 7,5 | 38,5 | 6 | 51 | 21 |
| <i>Povprečje</i> | <i>6,3</i> | <i>35,6</i> | <i>5,9</i> | <i>42,2</i> | <i>19,0</i> |
| <i>Snežna odeja</i> | <i>56</i> | <i>35</i> | <i>25</i> | <i>13</i> | <i>9</i> |

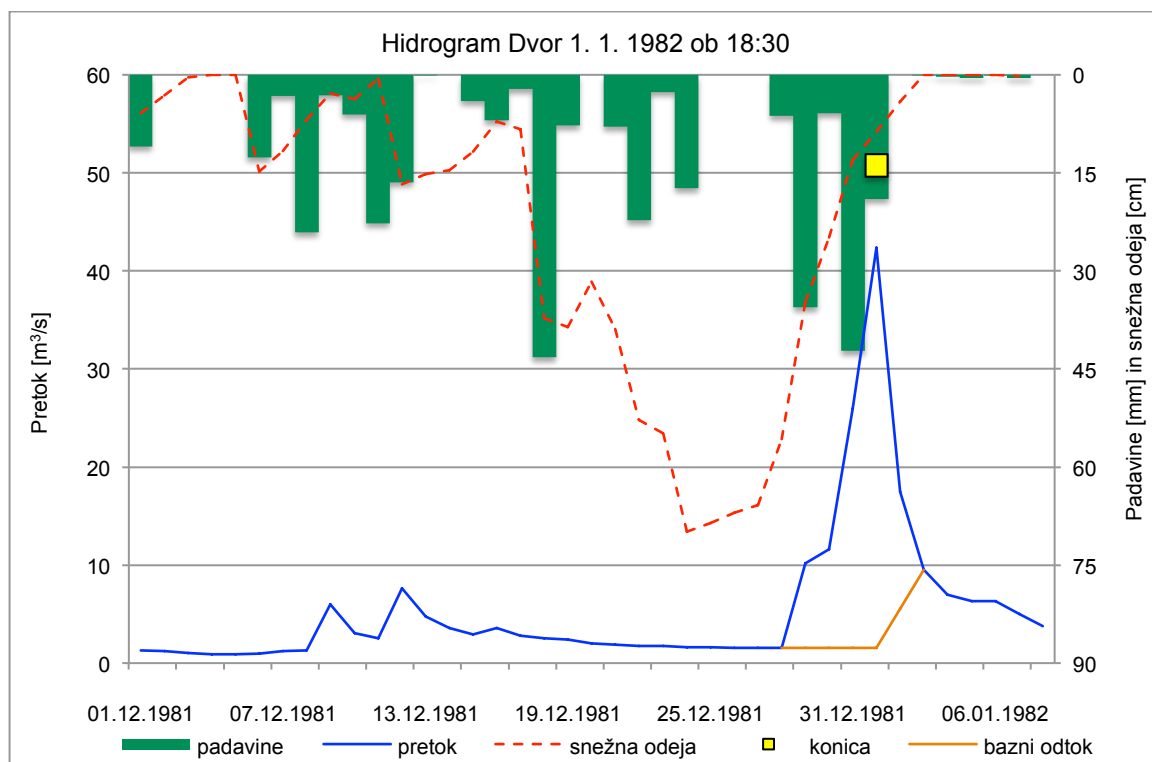
Preglednica 31: Količine padavin v milimetrih na porečju Gradašnice pri visokovodnem dogodku junija 1982 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 10. 6. 1982 | 11. 6. 1982 | 12. 6. 1982 | 13. 6. 1982 | 14. 6. 1982 |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Topol pri Medvodah | 2,5 | 6,7 | 36,9 | 71,2 | 49,5 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 1,4 | 29,2 | 40,9 | 106,3 | 48,1 |
| Lučine | 2,5 | 14,4 | 53,3 | 99,3 | 53,5 |
| <i>Povprečje</i> | <i>1,9</i> | <i>21,8</i> | <i>44,0</i> | <i>99,4</i> | <i>49,9</i> |

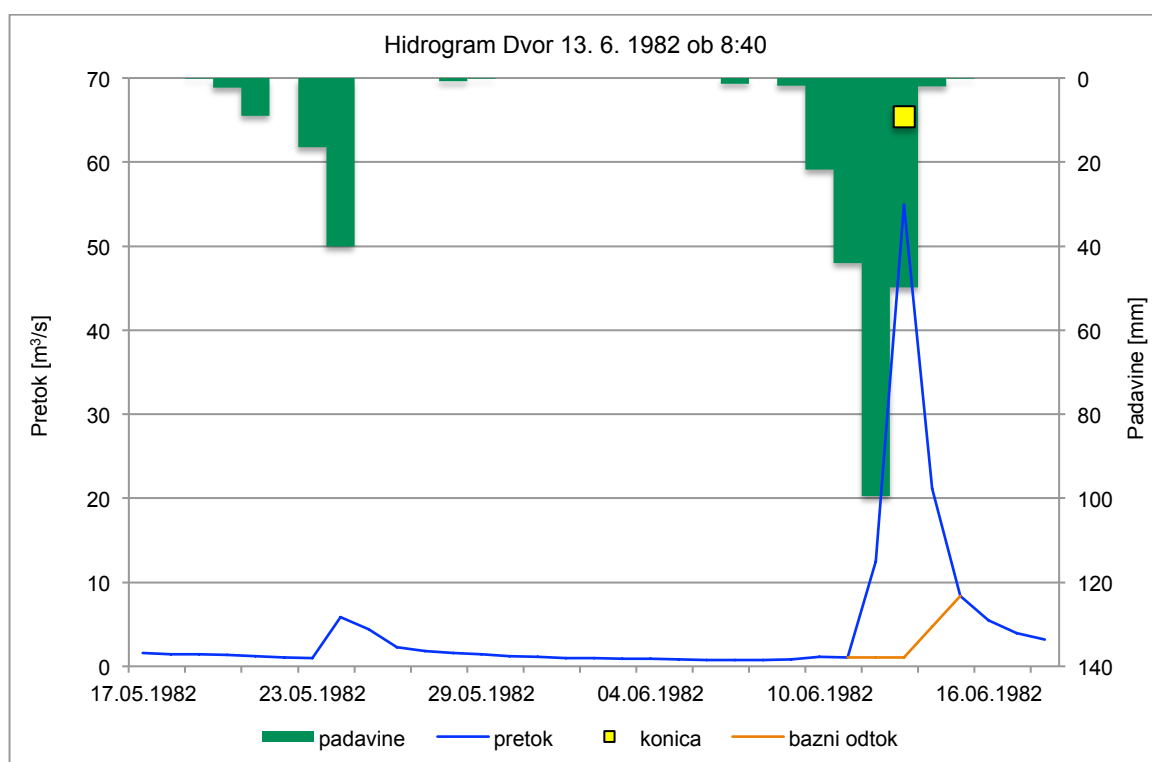
5.4.2 Hidrogrami odtoka

Pri visokovodnem dogodku 1. januarja je bila na Gradašnici dosežena pretočna konica 50,8 m³/s (Agencija RS za okolje, 2015a). Snežne padavine v drugi polovici decembra 1981 so se zadržale na površju, zato se pretoki takrat niso povečali. Od 27. decembra 1981 naprej se je debelina snežne odeje hitro zmanjševala, sočasno pa je prišlo do ponovnih padavin v obliki dežja, zato se je pretok Gradašnice pri v. p. Dvor v treh dneh povečal z okoli 1,5 m³/s na več kot 40 m³/s (slika 64).

Junija 1982 pa je bilo pred visokovodnim dogodkom približno 15 suhih dni. Pretok Gradašnice pri v. p. Dvor je takrat znašal manj kot 1 m³/s. Po močnem deževju v dneh od 11. do 14. junija je pretok narasel na okoli 55 m³/s (slika 65), pretočna konica 13. junija pa je znašala 65,4 m³/s (Agencija RS za okolje, 2015a).



Slika 64: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor decembra in januarja 1982 ter dnevne količine padavin in debeline snežne odeje



Slika 65: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor maja in junija 1982 ter dnevne količine padavin

5.4.3 Volumni odtoka

Volumen celotnega vala januarja 1982 je znašal okoli $10,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, volumen neposrednega odtoka pa približno $8,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Visokovodni val je trajal 7 dni (preglednica 32).

Junija 1982 je volumen celotnega vala znašal okoli $8,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, volumen neposrednega odtoka pa okoli $7,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ s trajanjem 5 dni (preglednica 32).

5.4.4 Predhodna namočenost

Predhodna namočenost tal ni značilna za nobenega od teh dveh visokovodnih dogodkov Gradašnice. Junija 1982 se je visok pretok pojavil zaradi izredno močnih padavin, pred tem pa je bilo večdnevno suho obdobje. Januarja 1982 pa se je voda najprej zadržala na površini v obliki snega, nato pa je s taljenjem snežne odeje površinsko odtekla v vodotok.

5.4.5 Koeficient odtoka

Koeficienta odtoka znašata 0,97 (1. januar) in 0,41 (13. junij). Vzrok za izredno visok odtočni koeficient za dogodek 1. januarja 1982 je taljenje snežne odeje, ki se je zmanjšala s 70 cm 24. decembra 1981 na 0 cm 4. januarja 1982 (Agencija RS za okolje, 2015d).

Preglednica 32: Hidrološke lastnosti visokovodnih dogodkov Gradašnice pri v. p. Dvor leta 1982.

| Datum | Prispevna površina [km ²] | Pretočna konica [m ³ /s] | Volumen poplav. vala [milijoni m ³] | Volumen poplav. vala [mm] | Višina padavin [mm] | Trajanje poplav. vala [dni] | Koeficient odtoka |
|-------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| 1. 1. 1982 | 78,88 | 50,8 | 8,30 | 105,2 | 108,9 | 7 | 0,97 |
| 13. 6. 1982 | 78,88 | 65,4 | 7,07 | 89,6 | 216,9 | 5 | 0,41 |

5.5 Poplava novembra 1990

Poplave novembra 1990 veljajo za enega izmed najobširnejših poplavnih dogodkov v Sloveniji. Ujma je zajela 2/3 države, najhuje je bilo v zahodni in severni Sloveniji ter na območju Savinjske doline in Celja z okolico, ki je utrpelo 62 % delež vse povzročene škode (Ministrstvo za okolje in prostor, 2011). Ocenjena škoda zaradi poplav leta 1990 je znašala 4 % BDP (več kot milijardo DEM) in presejala ocenjeno škodo zaradi poplav iz let 1998, 2007 in 2010 za faktor 4–8, zato velja za poplavo z največjimi posledicami za družbo (Ministrstvo za okolje in prostor, 2011). V poplavi novembra 1990 sta bili 2 smrtni žrtvi (Orožen Adamič, 1991). Slika 18 v poglavju 3.1 prikazuje območje poplavljanja Gradašnice ob novembrskih poplavah leta 1990.

5.5.1 Padavine

V zadnjem tednu oktobra je bilo nad Britanskim otočjem in nad vzhodnim Atlantikom območje nizkega zračnega pritiska, ki je z vzhodnim delom segalo nad Slovenijo (Pristov, 1991). Državo so večkrat prešle hladne fronte, za njimi pa je dotekal toplejši in vlažni zrak, kar je povzročilo močne padavine predvsem v severozahodnem delu Slovenije. Zaradi pomikanja območja nizkega zračnega pritiska proti Skandinaviji je začel 1. novembra nad Slovenijo dotekati hladnejši zrak, padavine pa so se razširile nad vso Slovenijo. Glavnina padavin je padla v noči iz 31. oktobra na 1. november in 1. novembra čez dan (preglednice 33, 34 in 35). Največje količine padavin so bile v zahodni in severozahodni Sloveniji ter na območju Kamniško-Savinjskih Alp. Po večdnevem padavinskem obdobju so na razmočena tla in povečane vodostaje dodatne intenzivne padavine, ki so padle v manj kot desetih urah, povzročile poplave (Pristov, 1991).

Preglednica 33: Količine padavin v milimetrih na porečju Ljubljanice pri poplavnem dogodku novembra 1990 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 26. 10. 1990 | 27. 10. 1990 | 28. 10. 1990 | 29. 10. 1990 | 30. 10. 1990 | 31. 10. 1990 | 1. 11. 1990 | 2. 11. 1990 | 3. 11. 1990 | 4. 11. 1990 |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| Topol pri Medvodah | 6 | 17,3 | 34,1 | 20,2 | 25,9 | 0 | 26 | 71,4 | 20,4 | 28 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 8,9 | 17,2 | 35,2 | 20 | 23,6 | 0 | 51,2 | 77,5 | 32,1 | 26,2 |
| Ljubljana - Bežigrad | 4,7 | 14,4 | 20,1 | 6,7 | 14,2 | 0 | 19,8 | 66,9 | 15,8 | 23 |
| Lučine | 11,6 | 20,2 | 49,3 | 24,1 | 25 | 0 | 59 | 89,5 | 26,5 | 27,7 |
| Rovte | 11 | 22 | 41 | 33 | 51 | 0,6 | 63,5 | 59 | 39 | 32 |
| Črna vas | 6,2 | 15,2 | 26,9 | 2,1 | 4,6 | 0 | 14,8 | 53,8 | 38,9 | 51,2 |
| Želimlje | 5,1 | 10,3 | 20,4 | 1 | 8,5 | 0,2 | 4,1 | 42,6 | 31,3 | 20,7 |
| Hotedrščica | 14,2 | 22,4 | 33,2 | 26,5 | 42,3 | 0,4 | 60,5 | 71,4 | 37,2 | 47,1 |
| Logatec | 9,5 | 16,9 | 36,8 | 11,1 | 28,5 | 0,8 | 35,2 | 77,1 | 16,2 | 52,1 |
| Pokojišče | 7,4 | 13,2 | 22,4 | 3,2 | 16,6 | 0,9 | 25,9 | 38,6 | 40,2 | 24,8 |
| Hrušica pri Colu | 40,3 | 12,4 | 25,7 | 13,7 | 33,8 | 4,9 | 46,2 | 65,6 | 30,8 | 50,2 |
| Razdrto | 10,2 | 10,8 | 19,4 | 5,8 | 24,6 | 0,3 | 22,8 | 54,4 | 14,2 | 38,3 |
| Postojna | 8,5 | 12,6 | 37,6 | 3 | 33,4 | 0,7 | 12,5 | 54,5 | 17 | 29 |
| Cerknica | 2,1 | 21,4 | 33,4 | 3,6 | 28,2 | 1,3 | 17,2 | 64,1 | 62,2 | 45,8 |
| Nova vas na Blokah | 8 | 11,4 | 29 | 0,1 | 8,8 | 0,5 | 1,4 | 49,7 | 29,1 | 20,2 |
| Hrib | 5,1 | 8 | 38,7 | 1,1 | 8,6 | 0 | 5,7 | 44,5 | 14,7 | 6,2 |
| Šmarata | 7,4 | 9,7 | 25,9 | 0,3 | 16,4 | 0 | 7,3 | 53,3 | 17,3 | 14,7 |
| Juršče | 8,7 | 10,5 | 31,9 | 0 | 29,5 | 0 | 6,5 | 28,9 | 25 | 6,9 |
| <i>Povprečje</i> | <i>8,0</i> | <i>14,1</i> | <i>30,2</i> | <i>6,1</i> | <i>21,9</i> | <i>0,5</i> | <i>19,8</i> | <i>54,0</i> | <i>30,0</i> | <i>28,6</i> |

Preglednica 34: Količine padavin v milimetrih na porečju Gradaščice pri poplavnem dogodku novembra 1990 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 26. 10. 1990 | 27. 10. 1990 | 28. 10. 1990 | 29. 10. 1990 | 30. 10. 1990 | 31. 10. 1990 | 1. 11. 1990 | 2. 11. 1990 | 3. 11. 1990 | 4. 11. 1990 |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| Topol pri Medvodah | 6 | 17,3 | 34,1 | 20,2 | 25,9 | 0 | 26 | 71,4 | 20,4 | 28 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 8,9 | 17,2 | 35,2 | 20 | 23,6 | 0 | 51,2 | 77,5 | 32,1 | 26,2 |
| Lučine | 11,6 | 20,2 | 49,3 | 24,1 | 25 | 0 | 59 | 89,5 | 26,5 | 27,7 |
| <i>Povprečje</i> | <i>9,3</i> | <i>18,1</i> | <i>39,2</i> | <i>21,2</i> | <i>24,3</i> | <i>0,0</i> | <i>50,0</i> | <i>80,2</i> | <i>28,9</i> | <i>26,9</i> |

Preglednica 35: Količine padavin v milimetrih na porečju Iške pri poplavnem dogodku novembra 1990 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 26. 10. 1990 | 27. 10. 1990 | 28. 10. 1990 | 29. 10. 1990 | 30. 10. 1990 | 31. 10. 1990 | 1. 11. 1990 | 2. 11. 1990 | 3. 11. 1990 | 4. 11. 1990 |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| Črna vas | 6,2 | 15,2 | 26,9 | 2,1 | 4,6 | 0 | 14,8 | 53,8 | 38,9 | 51,2 |
| Želimlje | 5,1 | 10,3 | 20,4 | 1 | 8,5 | 0,2 | 4,1 | 42,6 | 31,3 | 20,7 |
| Pokojišče | 7,4 | 13,2 | 22,4 | 3,2 | 16,6 | 0,9 | 25,9 | 38,6 | 40,2 | 24,8 |
| Cerknica | 2,1 | 21,4 | 33,4 | 3,6 | 28,2 | 1,3 | 17,2 | 64,1 | 62,2 | 45,8 |
| Nova vas na Blokah | 8 | 11,4 | 29 | 0,1 | 8,8 | 0,5 | 1,4 | 49,7 | 29,1 | 20,2 |
| <i>Povprečje</i> | <i>7,0</i> | <i>11,8</i> | <i>24,4</i> | <i>1,5</i> | <i>11,7</i> | <i>0,6</i> | <i>11,3</i> | <i>43,8</i> | <i>33,9</i> | <i>22,2</i> |

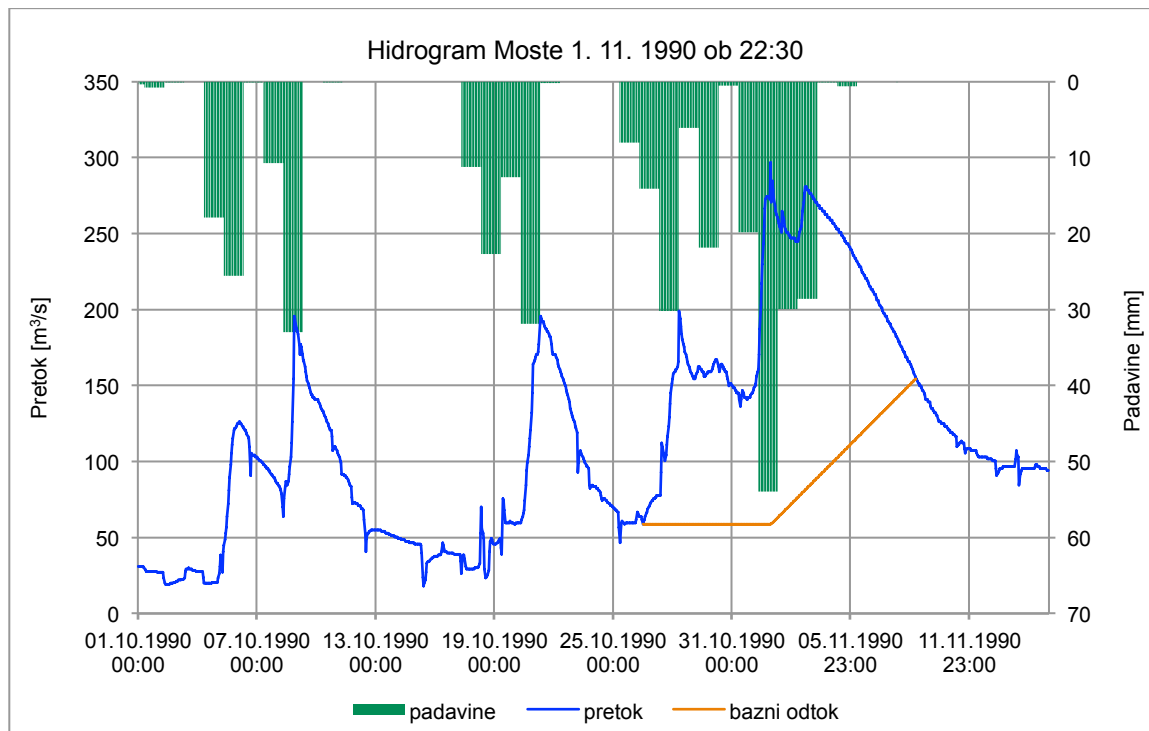
5.5.2 Hidrogrami odtoka

Iz baze podatkov ARSO (Agencija RS za okolje, 2015e) so bili pridobljene urne meritve limnigrafa na v. p. Moste. Urne meritve za čas poplavnega dogodka novembra 1990 na v. p. Dvor in v. p. Iška pa v elektronski bazi ARSO ne obstajajo. Na podlagi meritev pretokov na v. p. Moste sta izdelana hidrogram s širšim časovnim oknom od 1. 10. 1990 naprej ter hidrogram z ožjim časovnim oknom za prikaz poplavnega vala 1. novembra 1990. Podobno

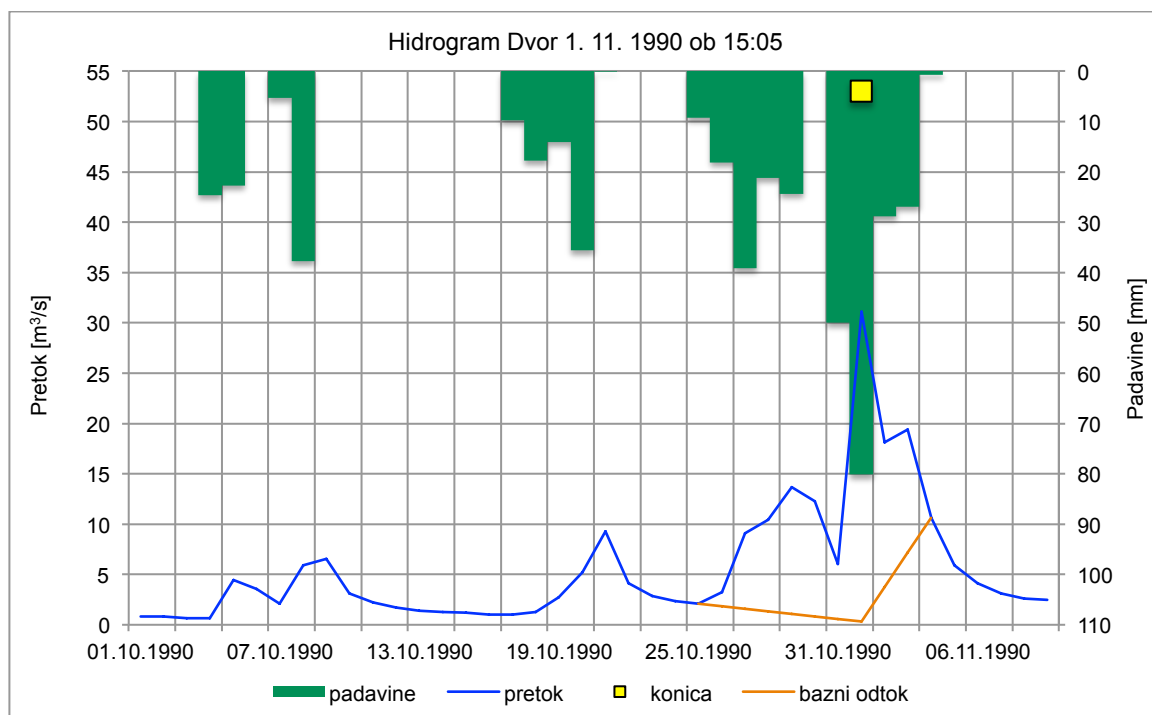
sta prikazana tudi hidrograma za v. p. Dvor ter hidrogram poplavnega vala za v. p. Iška. Na vseh hidrogrameh so nanešene tudi višine padavin z dnevno ločljivostjo za izbrano obdobje.

V dneh pred nastopom konic 1. novembra je bilo na porečju Ljubljane deževje v nekoliko manjšem količinskem obsegu, ki je povzročilo namočenost tal in povečanje pretokov vodotokov. Padavine so prenehale le v noči na 31. oktober, zaradi kratkega časa med upadanjem predhodnega vala in naraščanjem glavnega vala pa sta oba skupaj privzeta kot en sestavljen poplavni val. To je vzrok za bistveno daljše trajanje poplavnih valov Gradaščice in Iške (11 dni).

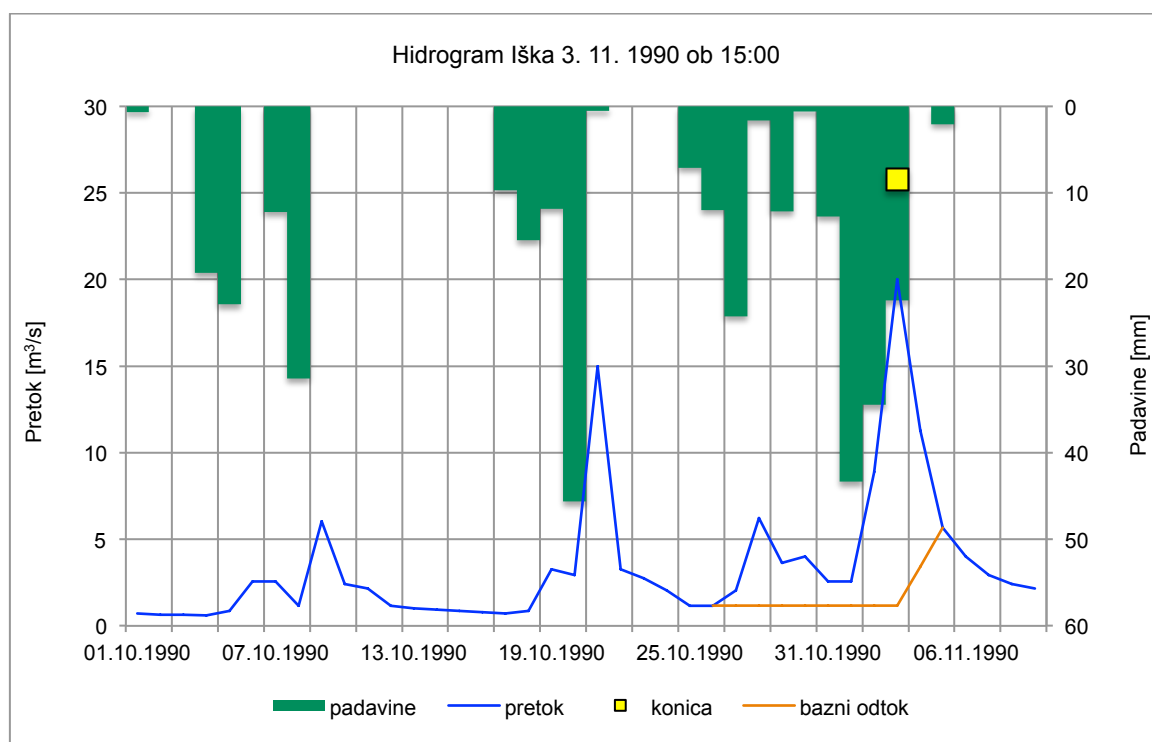
Kljub temu, da Ljubljana zaradi manj izdatnih padavin v južnem delu Slovenije novembra 1990 ni dosegla ekstremnih pretokov, je povzročila večje poplave (Kolbezen, 1991). Pretok na v. p. Moste je 1. novembra 1990 ob 22:30 dosegel konico pri 297 m³/s (slika 66). Gradaščica je pri v. p. Dvor pretočno konico dosegla istega dne ob 15:05 s 53,0 m³/s (slika 67), Iška pa je pri v. p. Iška pretočno konico dosegla 3. novembra ob 15:00 s 25,8 m³/s (slika 68).



Slika 66: Urni hidrogram za v. p. Moste za oktober in november 1990 ter dnevne količine padavin



Slika 67: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor za oktober in november 1990 ter dnevne količine padavin



Slika 68: Dnevni hidrogram za v. p. Iška za oktober in november 1990 ter dnevne količine padavin

5.5.3 Volumni odtoka

Volumen celotnega poplavnega vala je na Ljubljani znašal okoli $230 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, volumen neposrednega padavinskega odtoka pa približno $130 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Trajanje poplavnega vala

Ljubljane je ocenjeno na 14 dni. Na Gradaščici pa je znašal volumen celotnega poplavnega vala okoli $11,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, volumen neposrednega padavinskega odtoka pa okoli $9,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ s trajanjem 11 dni. Poplavni val Iške je znašal okoli $4,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma $5,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (celotni val) (preglednica 36). Trajanje poplavnih valov Gradaščice in Ljubljane je daljše v primerjavi z drugimi poplavnimi dogodki, ker so v tem primeru upoštevane tudi predhodne nižje konice z dne 29. oktobra 1990. V tem primeru je zaradi manjše časovne oddaljenosti predhodne konice od glavne konice upoštevan empirični pogoj o neodvisnosti konic (Brodie et al., 2005; Pugelj, 2012; Heco, 2015):

$$N = 0,862 A^{0,2},$$

kjer je A prispevna površina območja v km^2 in N čas od nastopa maksimalnega pretoka do konca površinskega odtoka v dneh ali urah. N znaša 50 ur za prispevno območje v. p. Dvor in 93 ur za prispevno območje v. p. Moste in je v obeh primerih daljši od časa, ki preteče med predhodno konico in začetkom naraščanja pretokov pri glavnem visokovodnem dogodku, zato sta v obeh primerih obe konici upoštevani v enem poplavnem valu. Za prispevno območje v. p. Iške pa N znaša 48 ur in je krajši od časa, ki preteče od predhodne konice do ponovnega naraščanja pretokov.

5.5.4 Predhodna namočenost

Hidrogrami vodomernih postaj nakazujejo na predhodno namočenost tal, predvsem zaradi padavin v dneh med 25. in 30. oktobrom. V manj kot mesecu dni pred novembrsko poplavo so bili na porečju Ljubljane trije predhodni padavinski dogodki, ki so delno napolnili podzemne sisteme, zaradi česar so bile ob glavnem padavinskem dogodku kapacitete podtalja za zadrževanje vode zmanjšane.

Poleg zelo visokih, a redkokje rekordnih količin padavin, je bil vzrok za izjemno obsežne poplave novembra 1990 predhodna namočenost tal (Urad za meteorologijo, 2010). Zaradi predhodnih padavin in premočenosti terena so zadnje padavine v nalivih močne intenzitete prešle neposredno v odtok, kar je povzročilo nagel porast voda (Kolbezen, 1991).

5.5.5 Koeficient odtoka

Koeficienti odtoka znašajo 0,39 za Gradaščico, 0,24 za Iško in 0,34 za Ljubljano. Slednji je nekoliko nižji zaradi kraških lastnosti porečja (preglednica 36).

Preglednica 36: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka novembra 1990.

| Vodotok (v. p.) | Prispevna površina [km^2] | Pretočna konica [m^3/s] | Volumen poplav. vala [milijoni m^3] | Volumen poplav. vala [mm] | Višina padavin [mm] | Trajanje poplav. vala [dni] | Koeficient odtoka |
|-------------------|--------------------------------------|---|---|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| Gradaščica (Dvor) | 78,88 | 53,0 | 9,06 | 114,9 | 298,0 | 11 | 0,39 |
| Iška (Iška) | 66,53 | 25,8 | 4,19 | 62,9 | 168,2 | 5 | 0,24 |
| Ljubljana (Moste) | 1778,16 | 297 | 130 | 73,0 | 213,9 | 14 | 0,34 |

5.6 Visokovodni dogodek novembra 1991

Novembra 1991 so bile poplave na porečju Ljubljanice na območju Planinskega polja, kjer je poplavljalna Unica. Dno planinskega polja je bilo popolnoma poplavljeno. Zalitih je bilo več kot 900 ha zemljišč, neprevozne so bile vse ceste, ki prečkajo polje. Razen poplavljenih cest in zemljišč večje škode ni bilo (Bat, 1992).

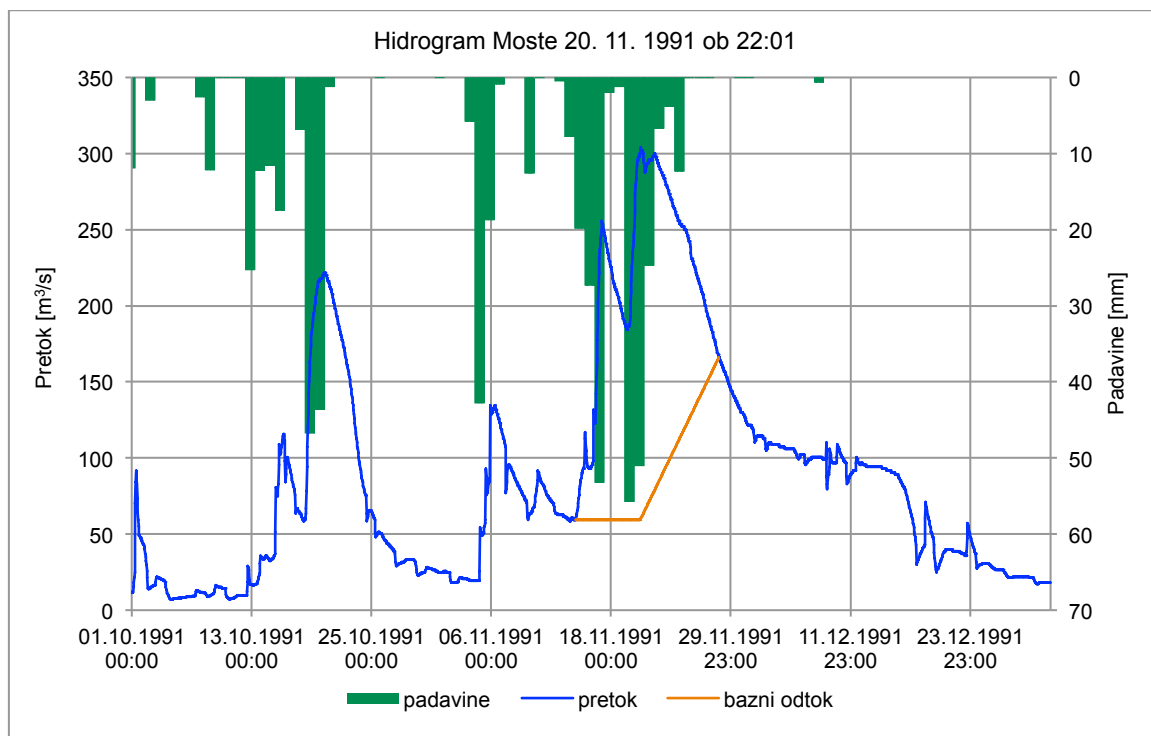
Na območju Ljubljanskega barja in na porečju Gradaščice ni bilo zabeleženih posebnih poplavnih dogodkov.

5.6.1 Padavine

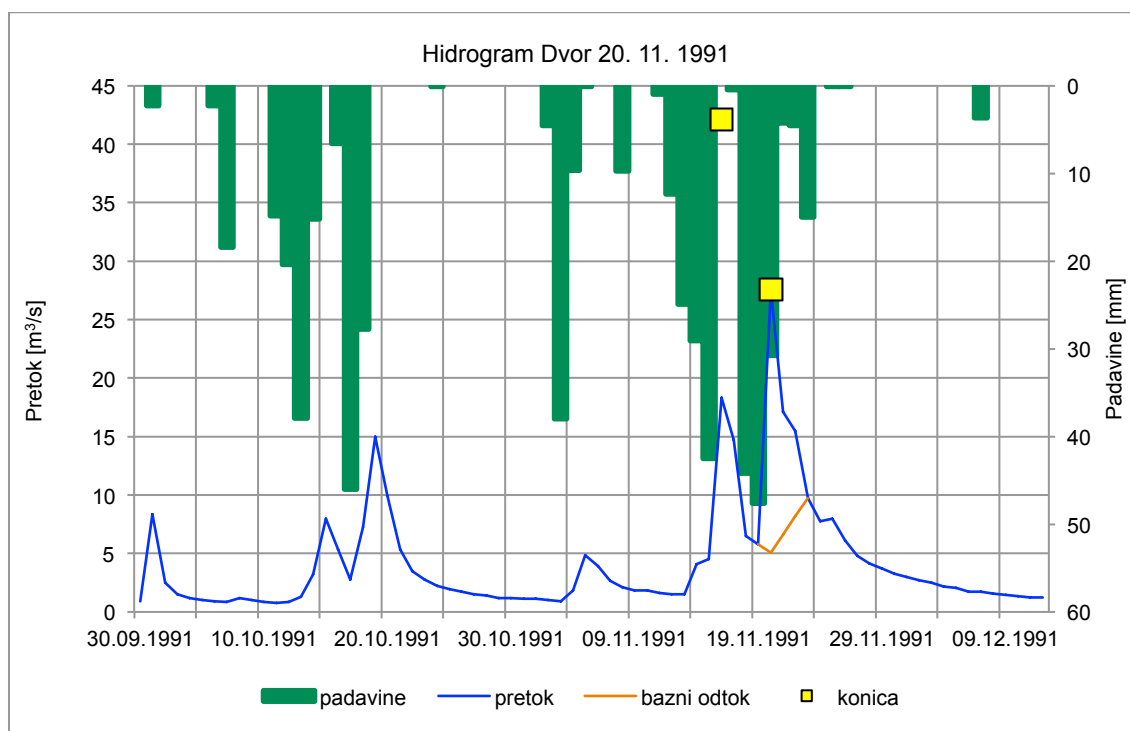
Najmočnejši padavinski dogodki so se v novembru zvrstili na območju Postojne, Hasberga in Nove vasi na Blokah. Do 25. novembra je v Postojni padlo 393,3 mm padavin, vodostaj Unice pri Hasbergu pa je znašal 487 cm (razlivanje se prične pri 245 cm). V letih 1951–1990 je bil to tretji najmočnejši padavinski dogodek na tem območju (Bat, 1992).

5.6.2 Hidrogrami odtoka

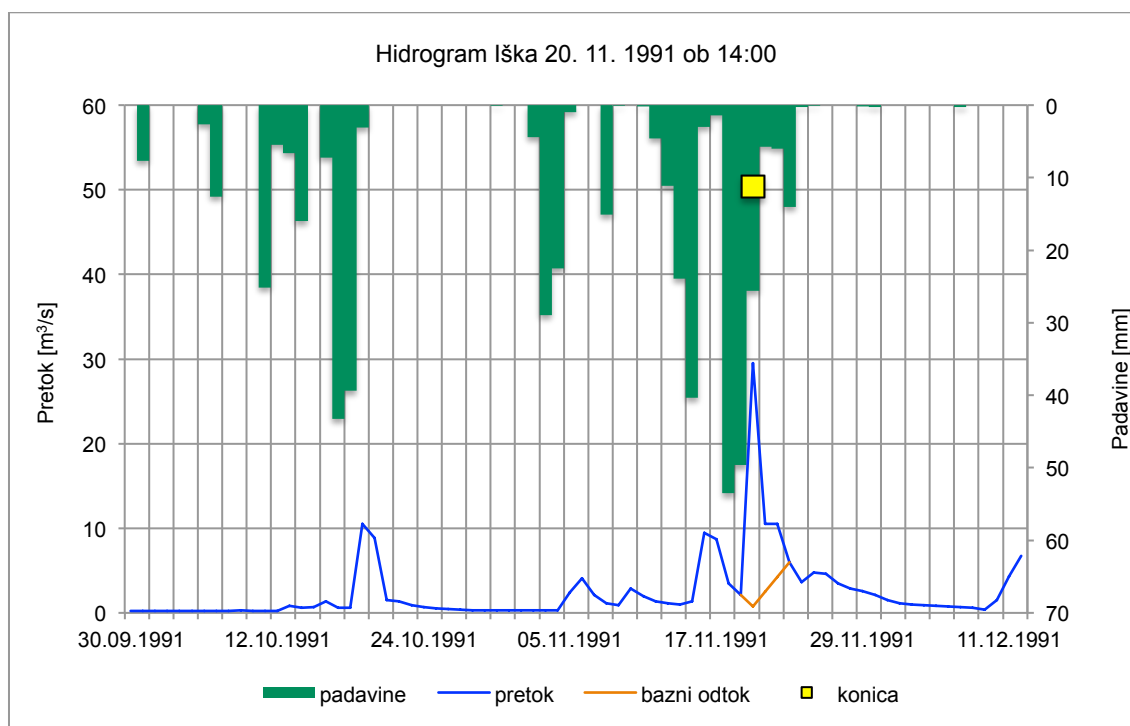
Ljublanica je 20. novembra 1991 pri v. p. Moste dosegla največjo konico s $304 \text{ m}^3/\text{s}$, pred tem pa 16. novembra $256 \text{ m}^3/\text{s}$, zato sta obe konici upoštevani v istem valu (slika 69). Gradaščica je pri v. p. Dvor dosegla največji pretok 16. novembra z $42,1 \text{ m}^3/\text{s}$, vendar je zaradi hitrejšega površinskega odtoka ta konica časovno preveč oddaljena od konice 20. novembra, ko je bil dosežen pretok $27,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 70). Iška je dosegla največji pretok $50,4 \text{ m}^3/\text{s}$ 20. Novembra (slika 71).



Slika 69: Urni hidrogram za v. p. Moste od oktobra do decembra 1991 ter dnevne količine padavin



Slika 70: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor od oktobra do decembra 1991 ter dnevne količine padavin



Slika 71: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor za oktober in november 1991 ter dnevne količine padavin

5.6.3 Volumni odtoka

Volumni valov na Ljubljani so znašali $162 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma $272 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (celotni val), na Gradaščici $3,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma

$6,5 \cdot 10^6$ m³ (celotni val), na Iški pa $3,7 \cdot 10^6$ m³ (neposredni padavinski odtok), oziroma $8,6 \cdot 10^6$ m³ (celotni val) (preglednica 37).

5.6.4 Predhodna namočenost

Poleg novembrskih padavin je bil tudi oktober nadpovprečno moker mesec, zato so bili kraški izviri zasičeni z vodo in podtalni sistemi ob ponovnih padavinah niso mogli več sprejemati dodatne vode (Bat, 1992). Na predhodno namočenost tal nakazuje tudi hidrogram za v. p. Moste: pred 20. novembrom sta bila dva padavinska dogodka, prvi 5. novembra in drugi 16. novembra. Pri obeh dogodkih so največje dnevne količine padavin presegle 40 mm, pretok Ljubljanice pa med 5. in 20. novembrom ni padel pod 60 m³/s.

5.6.5 Koeficient odtoka

Koeficienti odtoka znašajo 0,35 za Gradaščico, 0,42 za Iško in 0,34 za Ljubljanico (preglednica 37).

Preglednica 37: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka novembra 1991.

| Vodotok (v. p.) | Prispevna površina [km ²] | Pretočna konica [m ³ /s] | Volumen poplav. vala [milijoni m ³] | Volumen poplav. vala [mm] | Višina padavin [mm] | Trajanje poplav. vala [dni] | Koeficient odtoka |
|---------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| Gradaščica (Dvor) | 78,88 | 27,6 | 3,48 | 44,2 | 127,3 | 5 | 0,35 |
| Iška (Iška) | 66,53 | 50,4 | 3,72 | 55,8 | 133,4 | 4 | 0,42 |
| Ljubljanica (Moste) | 1778,16 | 304 | 162 | 90,9 | 266,3 | 14 | 0,34 |

5.7 Poplava oktobra 1993

Med 21. in 26. oktobrom 1993 so bile v Sloveniji največje poplave v tem letu. Padavine so povzročile močno naraščanje vodotokov in zemeljske plazove po skoraj vsej Sloveniji. Ljubljanica je 22. oktobra poplavlila Ljubljansko barje, prav tako je poplavljala Gradaščica. Drugi val padavin porečja Gradaščice ni bistveno prizadel, zato pretok, ki je do 23. oktobra popoldan že upadel, ni ponovno narastel. Nasprotno pa je bil upad pretoka Ljubljanice dosti počasnejši, zato je poplava na Ljubljanskem barju vztrajala dlje časa. Poplava na barju je zalila 5 gospodarskih objektov in okoli 2000 ha njiv in travnikov. Cesta med Črno vasjo in Podpečjo je bila več dni poplavljena, otežen je bil dostop do približno 60 objektov (Šipec, 1994). V Ljubljani (v Murglah, na Viču in Rakovi Jelši), Horjulu, Notranjih Goricah, Podpeči, Preserjah, Dobrovi, Brezovici in Kozarjah je bilo zalitih nekaj kletnih prostorov. Skupna škoda zaradi poplav in plazov v letu 1993 je ocenjena na 6 milijard tolarjev (Šipec, 1994).

5.7.1 Padavine

Sredozemski ciklon, ki se je več dni zadržal v bližini naših krajev, je v Sloveniji povzročil močne padavine v dneh od 21. do 24. oktobra 1993. 21. oktobra zvečer je močno deževalo v zahodni, južni in osrednji Sloveniji. Naslednjega dne so se padavine razširile nad vso državo, proti večeru pa so se pomaknile nad osrednjo in vzhodno Slovenijo. Prvi val padavin je trajal do 23. oktobra zjutraj, količine padavin pa so znašale med 50 in 100 mm v severovzhodnih krajih, drugod več kot 100 mm, na zahodu in jugu države pa do 200 mm (Šipec, 1994). 23.

oktobra popoldne je sledil drugi val padavin, ki se je od juga širil proti severu in vzhodu. Količinsko je bil drugi val manj izdaten kot prvi, vendar je bila intenziteta padavin večja. Skupne količine padavin od 20. do 24. oktobra so povsod, razen v severovzhodni Sloveniji, presegle 200 mm. Največ padavin je padlo v hribovitih delih zahodne in osrednje Slovenije, Topol pri Medvodah je prejel 194 mm, Ilirska Bistrica in Postojna pa 180 in 178 mm (Šipec, 1994). Količine padavin za porečja Ljubljane, Gradašnice in Iške so podane v preglednicah 38, 39, in 40.

Preglednica 38: Količine padavin v milimetrih na porečju Ljubljane pri poplavnem dogodku oktobra 1993 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 21. 10. 1993 | 22. 10. 1993 | 23. 10. 1993 | 24. 10. 1993 | 25. 10. 1993 |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Topol pri Medvodah | 1,6 | 99,8 | 67,8 | 27 | 9,9 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 9,6 | 85,4 | 51,3 | 24,9 | 6,2 |
| Ljubljana - Bežigrad | 0,4 | 80,3 | 40 | 13,6 | 3,4 |
| Lučine | 11,2 | 100,4 | 62,6 | 37,5 | 10,7 |
| Rovte | 9,8 | 109,1 | 54,4 | 41,5 | 10 |
| Črna vas | 0 | 97,8 | 53,2 | 23,6 | 7,4 |
| Želimlje | 0 | 88,6 | 42,7 | 22,8 | 2,2 |
| Hotedrščica | 10,2 | 81,1 | 55,6 | 35,2 | 11,3 |
| Logatec | 2 | 79 | 56,9 | 32,9 | 9 |
| Pokojišče | 0 | 84,3 | 51,2 | 27,8 | 6,2 |
| Hrušica pri Colu | 6,8 | 80,5 | 46,6 | 24,8 | 8,4 |
| Razdrto | 3,1 | 77,5 | 44,2 | 35,8 | 5,4 |
| Postojna | 0,3 | 99,6 | 52,5 | 24,6 | 4,4 |
| Cerknica | 0 | 96,8 | 51,8 | 35,3 | 6,1 |
| Nova vas na Blokah | 0,6 | 107,5 | 53 | 38,4 | 4,1 |
| Hrib | 0,1 | 86,8 | 43,2 | 37,1 | 6,4 |
| Šmarata | 0,1 | 91,6 | 46,3 | 38,2 | 3,9 |
| Juršče | 0 | 102,2 | 34 | 30 | 5,5 |
| <i>Povprečje</i> | <i>1,6</i> | <i>93,5</i> | <i>49,6</i> | <i>30,6</i> | <i>6,0</i> |

Preglednica 39: Količine padavin v milimetrih na porečju Gradašnice pri poplavnem dogodku oktobra 1993 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 21. 10. 1993 | 22. 10. 1993 | 23. 10. 1993 | 24. 10. 1993 | 25. 10. 1993 |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Topol pri Medvodah | 1,6 | 99,8 | 67,8 | 27 | 9,9 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 9,6 | 85,4 | 51,3 | 24,9 | 6,2 |
| Lučine | 11,2 | 100,4 | 62,6 | 37,5 | 10,7 |
| <i>Povprečje</i> | <i>9,0</i> | <i>91,8</i> | <i>56,9</i> | <i>28,9</i> | <i>8,0</i> |

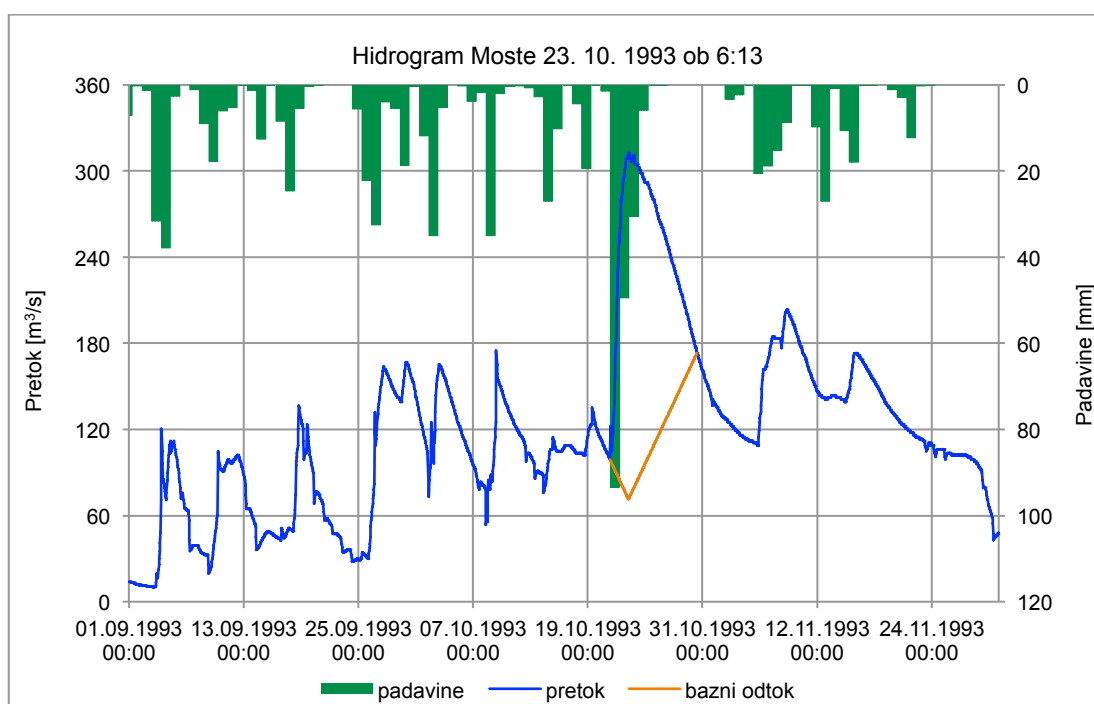
Preglednica 40: Količine padavin v milimetrih na porečju Iške pri poplavnem dogodku oktobra 1993 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 22. 10. 1993 | 23. 10. 1993 | 24. 10. 1993 | 25. 10. 1993 |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Črna vas | 97,8 | 53,2 | 23,6 | 7,4 |
| Želimlje | 88,6 | 42,7 | 22,8 | 2,2 |
| Pokojišče | 84,3 | 51,2 | 27,8 | 6,2 |
| Cerknica | 96,8 | 51,8 | 35,3 | 6,1 |
| Nova vas na Blokah | 107,5 | 53 | 38,4 | 4,1 |
| <i>Povprečje</i> | <i>94,1</i> | <i>49,8</i> | <i>30,5</i> | <i>4,4</i> |

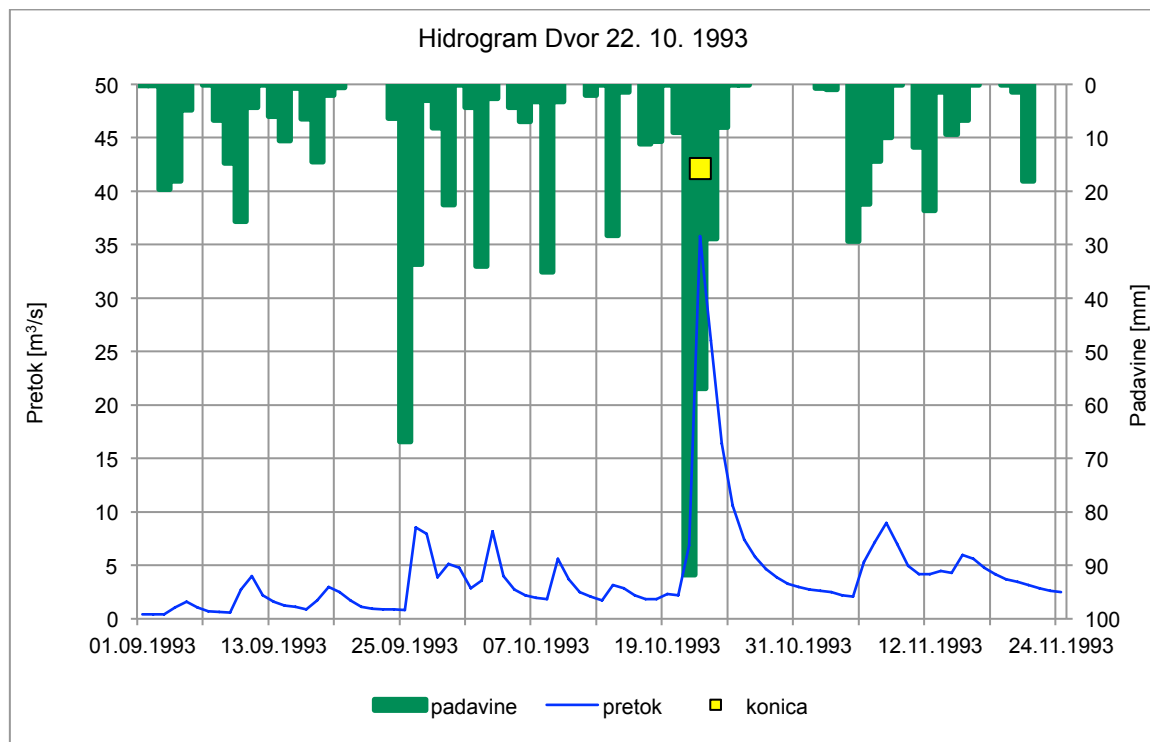
5.7.2 Hidrogrami odtoka

Zaradi pogostih padavinskih dogodkov na porečju Ljublanice v septembru in oktobru 1993 se je pretok pri v. p. Moste počasi povečeval in je v tednu pred poplavo dosegel vrednosti visokih srednjih pretokov. Pretočna konica 313 m³/s je bila dosežena 23. oktobra (slika 72). Pretoki so do 4. novembra upadli na slabih 120 m³/s, nato pa so se zaradi novih padavin spet povečali.

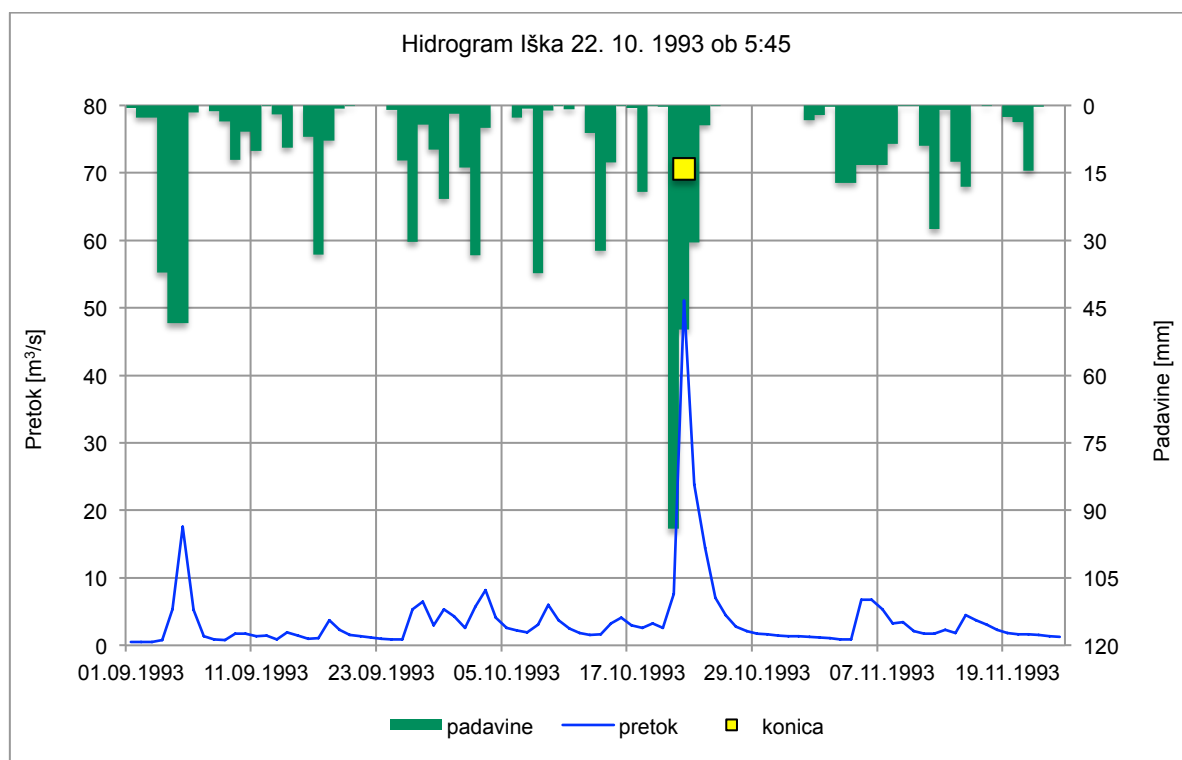
Gradaščica in Iška v septembru in oktobru pred poplavo nista znatno povečali pretokov, saj so le-ti po padavinskih dogodkih zaradi hitrejšega površinskega odtoka in manjših porečij sproti upadali. Ob prvem valu padavin sta 22. oktobra oba vodotoka dosegla pretočno konico, Gradaščica pri 42,1 m³/s (slika 73), Iška pa pri 70,6 m³/s (slika 74).



Slika 72: : Urni hidrogram za v. p. Moste od septembra do novembra 1993 ter dnevne količine padavin



Slika 73: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor od septembra do novembra 1993 ter dnevne količine padavin



Slika 74: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor od septembra do novembra 1993 ter dnevne količine padavin

5.7.3 Volumni odtoka

Volumni valov na Ljubljani so znašali $105 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma $196 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (celotni val), na Gradaščici $5,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma $8,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (celotni val), na Iški pa $5,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma $8,6 \cdot 10^6$

m³ (celotni val). Trajanja poplavnih valov so ocenjena na 9 dni za Ljubljano, na 6 dni za Gradaščico in na 5 dni za Iško (preglednica 41).

5.7.4 Predhodna namočenost

Zaradi prvega vala padavin so bila tla že razmočena, zato so najbolj naraščali vodotoki na območju drugega vala padavin. To so predvsem vodotoki v osrednji in vzhodni Sloveniji (Šipec, 1994). Hidrogram za v. p. Moste kaže na postopno zasičenje podtalja kraškega porečja Ljubljane, saj so se pretoki od začetka septembra do 20. oktobra počasi, a vztrajno povečevali. Pogoste padavine v oktobru kažejo na predhodno namočenost tudi na porečjih Gradaščice in Iške.

5.7.5 Koeficient odtoka

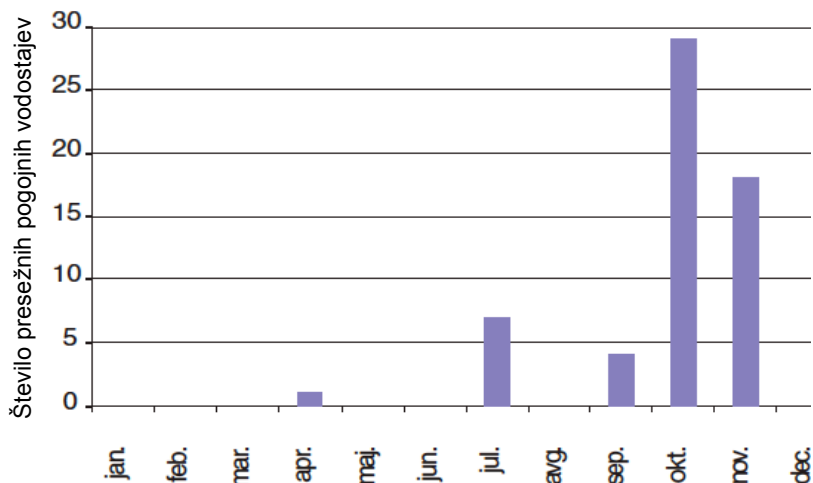
Koeficienti odtoka so znašali 0,39 za Gradaščico, 0,50 za Iško in 0,33 za Ljubljano (preglednica 41).

Preglednica 41: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka oktobra 1993.

| Vodotok (v. p.) | Prispevna površina [km ²] | Pretočna konica [m ³ /s] | Volumen poplav. vala [milijoni m ³] | Volumen poplav. vala [mm] | Višina padavin [mm] | Trajanje poplav. vala [dni] | Koeficient odtoka |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| Gradaščica (Dvor) | 78,88 | 42,1 | 5,92 | 75,0 | 194,5 | 6 | 0,39 |
| Iška (Iška) | 66,53 | 70,6 | 5,94 | 89,3 | 178,7 | 5 | 0,50 |
| Ljubljana (Moste) | 1778,16 | 313 | 105 | 59,2 | 181,2 | 9 | 0,33 |

5.8 Poplavi oktobra in novembra 1998

Leto 1998 je bilo za Slovenijo eno izmed bolj poplavnih. Prve večje poplave so se pojavile v neobičajnem času, 14. in 15. julija. Sledile so manjše poplave 5. septembra in večje vodne ujme med 12. in 14. septembrom, med 5. in 10. oktobrom, med 18. in 21. oktobrom in največje poplave v letu 1998 med 4. in 6. novembrom, v katerih sta umrli 2 osebi (Šipec, 1999). Ljubljansko barje je bilo v jeseni dvakrat poplavljen, med 18. in 21. oktobrom ter med 4. in 6. novembrom. Po deževju v začetku oktobra so ostali povečani pretoki pri večini vodotokov v Sloveniji, zato je drugo deževje od 18. do 21. oktobra povzročilo prvo poplavljanje nekaterih rek. Med prvimi sta poplavljali tudi Gradaščica in Ljubljana. Ob tretjem valu padavin med 3. in 5. novembrom sta poplavljali tudi Iška in Borovniščica, aktivirali pa so se tudi številni kraški in pobočni izviri, ki so doprinesli k povečanju poplave na Ljubljanskem barju. V noči na 5. november je spet poplavljala Gradaščica s pritoki (Dolinar, 1999). V Polhograjskih dolomitih so se na hudournikih zaradi naplavin na številnih odsekih zelo zmanjšali pretočni profili, prišlo je tudi do zajed v brežinah, sproženih je bilo več usadov. Poškodbe brežin in dna struge so bile na Borovniščici in Podlipščici (Horvat in Papež, 1999). Od skupno 59 preseženih pogojnih vodostajev v letu 1998 jih je bilo 29 v mesecu oktobru in 18 v mesecu novembru (slika 75) (Polajnar, 1999). Ocenjena škoda poplav v letu 1998 znaša dobrih 88 milijonov evrov (Tušar, 2012).

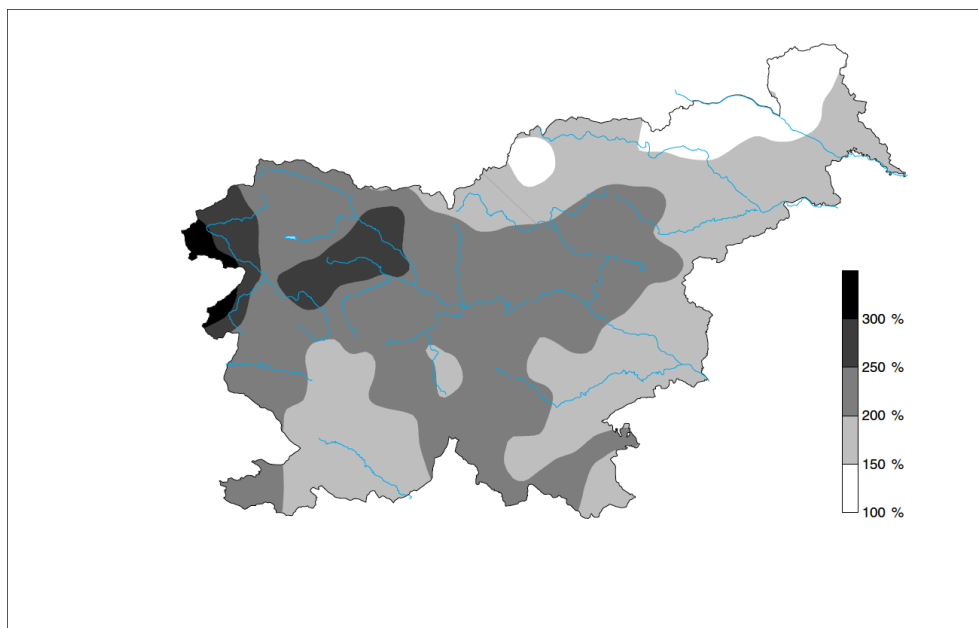


Slika 75: Število presežnih pogojnih vodostajev slovenskih rek na opazovanih vodomernih postajah in gladine morja ob slovenski obali leta 1998 (Polajnar, 1998)

5.8.1 Padavine

18. oktobra 1998 je bilo nad severno Evropo obsežno območje nizkega zračnega pritiska, hladna fronta se je čez dan pomikala nad Slovenijo. Nad srednjo Evropo je nato nastalo območje visokega zračnega pritiska, nad severnim Sredozemljem pa se je območje nizkega zračnega pritiska poglobilo. Najprej je pihal jugozahodnik, ki je v višinah nad naše kraje prinašal tople in vlažen zrak, 20. oktobra pa je zapihal severozahodnik, ki je ohladil zračne mase. Ozračje je bilo labilno, prevladovalo je oblačno vreme s pogostimi padavinami, delno nevihtami. Za ta padavinski dogodek je značilna raznolika prostorska razporeditev, tudi zaradi prisilnega dviga zraka ob gorskih pregradah in posledično večjih količin padavin na privetnih straneh pregrad. Največ padavin je padlo na južnem robu Julijskih Alp, skupno preko 200 mm. Močne padavine so se pojavile tudi na južnem robu Kamniško-Savinjskih Alp s količinami od 100 do 120 mm v dveh dneh (Dolinar, 1999).

Drugi val padavin je sledil med 3. in 5. novembrom. Prvi dan je bilo nad Evropo obsežno in globoko ciklonsko območje s središčem nad Severnim morjem. Popoldan je v Sloveniji začelo deževati. 4. novembra se je nad severno Italijo poglobilo sekundarno ciklonsko območje, v višinah je nad Slovenijo pihal močan tople jugozahodni veter. V noči na 5. november je v nižjih plasteh začel pihati hladnejši severovzhodnik, v višinah pa je še vedno pihal tople jugozahodnik. Največ padavin, več kot 220 mm, je padlo v Julijskih Alpah, na Trnovski planoti in v Kamniških Alpah. Tudi tokrat so najmočnejše padavine nastale zaradi prisilnega dviga ob gorskih pregradah. Zaradi striženja toplega in hladnega vetra so nastale močne padavine tudi na povodju Drete na jugovzhodnem robu Kamniških Alp (Dolinar, 1999). V večini Slovenije so bile padavine oktobra 1998 nadpovprečne (slika 76). Količine padavin za poplavna dogodka oktobra in novembra 1998 na porečjih Ljubljane, Gradaščice in Iške so podane v preglednicah od 42, do 47.



Slika 76: Padavine oktobra 1998 v primerjavi s povprečjem 1961–1990 (Dolinar, 1999)

Preglednica 42: Količine padavin v milimetrih na porečju Ljubljanice pri poplavnem dogodku oktobra 1998 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 18. 10. 1998 | 19. 10. 1998 | 20. 10. 1998 | 21. 10. 1998 |
|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Topol pri Medvodah | 0 | 79 | 37,7 | 7,7 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 0 | 83,2 | 40 | 0,6 |
| Ljubljana - Bežigrad | 0,6 | 36,5 | 24,5 | 1,4 |
| Lučine | 0,2 | 88,6 | 42,3 | 0 |
| Rovte | 6,6 | 54,6 | 46 | 6,5 |
| Črna vas | 4,7 | 52,6 | 36,4 | 0,9 |
| Želimlje | 0 | 30,2 | 28,3 | 0 |
| Hotedrščica | 12,4 | 42,3 | 53,4 | 4,3 |
| Logatec | 3,7 | 35,2 | 43 | 0 |
| Pokojišče | 2,1 | 48,1 | 35,7 | 0,3 |
| Hrušica pri Colu | 2,8 | 43,2 | 38,5 | 2,3 |
| Razdrto | 0,4 | 43,6 | 32,1 | 0,6 |
| Postojna | 0,6 | 40,6 | 36,7 | 0,5 |
| Cerknica | 0,4 | 33,5 | 43,1 | 1 |
| Nova vas na Blokah | 1,6 | 21,4 | 30,2 | 0,1 |
| Hrib | 0 | 38,6 | 39,1 | 0,4 |
| Šmarata | 0,2 | 35,9 | 38,1 | 0,1 |
| Juršče | 0,4 | 19,5 | 26,4 | 0 |
| <i>Povprečje</i> | <i>1,7</i> | <i>41,1</i> | <i>36,4</i> | <i>1,0</i> |

Preglednica 43: Količine padavin v milimetrih na porečju Gradašnice pri poplavnem dogodku oktobra 1998 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 19. 10. 1998 | 20. 10. 1998 | 21. 10. 1998 |
|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Topol pri Medvodah | 79 | 37,7 | 7,7 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 83,2 | 40 | 0,6 |
| Lučine | 88,6 | 42,3 | 0 |
| <i>Povprečje</i> | <i>84,2</i> | <i>40,4</i> | <i>1,4</i> |

Preglednica 44: Količine padavin v milimetrih na porečju Iške pri poplavnem dogodku oktobra 1993 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 18. 10. 1998 | 19. 10. 1998 | 20. 10. 1998 |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Črna vas | 4,7 | 52,6 | 36,4 |
| Želimlje | 0 | 30,2 | 28,3 |
| Pokojišče | 2,1 | 48,1 | 35,7 |
| Cerknica | 0,4 | 33,5 | 43,1 |
| Nova vas na Blokah | 1,6 | 21,4 | 30,2 |
| <i>Povprečje</i> | <i>1,4</i> | <i>33,7</i> | <i>31,8</i> |

Preglednica 45: Količine padavin v milimetrih na porečju Ljubljanice pri poplavnem dogodku novembra 1998 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 1. 11. 1998 | 2. 11. 1998 | 3. 11. 1998 | 4. 11. 1998 | 5. 11. 1998 | 6. 11. 1998 |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Topol pri Medvodah | 1 | 2,3 | 5,7 | 12,2 | 134,8 | 17 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 4 | 0,3 | 6,6 | 21,6 | 137 | 15,3 |
| Ljubljana - Bežigrad | 0,3 | 2,4 | 6,5 | 10,1 | 105,7 | 10,9 |
| Lučine | 2,7 | 5,3 | 3,1 | 25,7 | 134 | 8,8 |
| Rovte | 2,9 | 5 | 9 | 35,2 | 160,5 | 12,6 |
| Črna vas | 1,4 | 3,5 | 7,1 | 37,4 | 81,6 | 12,1 |
| Želimlje | 0,4 | 2,3 | 4,8 | 30,2 | 63,3 | 10,9 |
| Hotedrščica | 4,6 | 4,1 | 10,7 | 53,4 | 117,5 | 15,4 |
| Logatec | 1,9 | 5,4 | 13 | 76,6 | 72,8 | 11,7 |
| Pokojišče | 3 | 5,3 | 4,5 | 54,1 | 82,5 | 11,8 |
| Hrušica pri Colu | 5,2 | 11,6 | 14,2 | 125,2 | 122,4 | 8,9 |
| Razdrto | 7,2 | 10,9 | 5,2 | 76,1 | 70,7 | 13,2 |
| Postojna | 1,6 | 5,7 | 5 | 66 | 72,5 | 6 |
| Cerknica | 5,4 | 1,3 | 10,5 | 47,8 | 78,9 | 18,9 |
| Nova vas na Blokah | 0,6 | 0,4 | 1,9 | 14,7 | 51,7 | 11,2 |
| Hrib | 0 | 0,3 | 0 | 13,2 | 36,7 | 12,1 |
| Šmarata | 1 | 2,9 | 2 | 25,7 | 71,3 | 11,1 |
| Juršče | 2,9 | 4,2 | 3,3 | 27,7 | 59,9 | 4,2 |
| <i>Povprečje</i> | <i>2,3</i> | <i>3,7</i> | <i>5,8</i> | <i>40,6</i> | <i>82,1</i> | <i>11,3</i> |

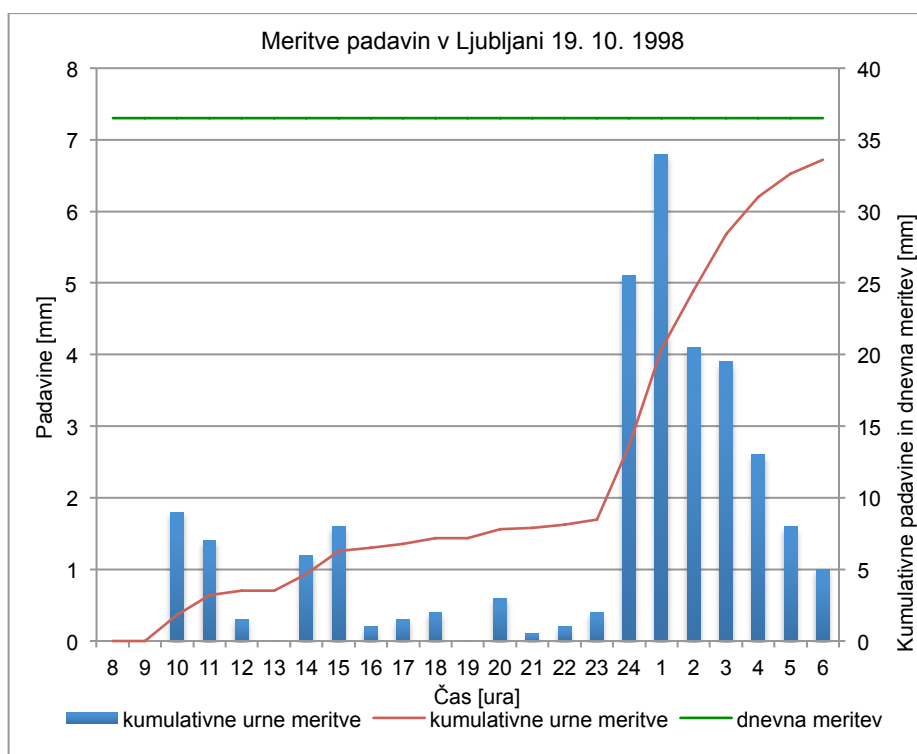
Preglednica 46: Količine padavin v milimetrih na porečju Gradašnice pri poplavnem dogodku novembra 1998 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 1. 11. 1998 | 2. 11. 1998 | 3. 11. 1998 | 4. 11. 1998 | 5. 11. 1998 | 6. 11. 1998 |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Topol pri Medvodah | 1,0 | 2,3 | 5,7 | 12,2 | 134,8 | 17 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 4,0 | 0,3 | 6,6 | 21,6 | 137 | 15,3 |
| Lučine | 2,7 | 5,3 | 3,1 | 25,7 | 134 | 8,8 |
| <i>Povprečje</i> | <i>3,2</i> | <i>2,0</i> | <i>5,5</i> | <i>21,5</i> | <i>135,8</i> | <i>13,6</i> |

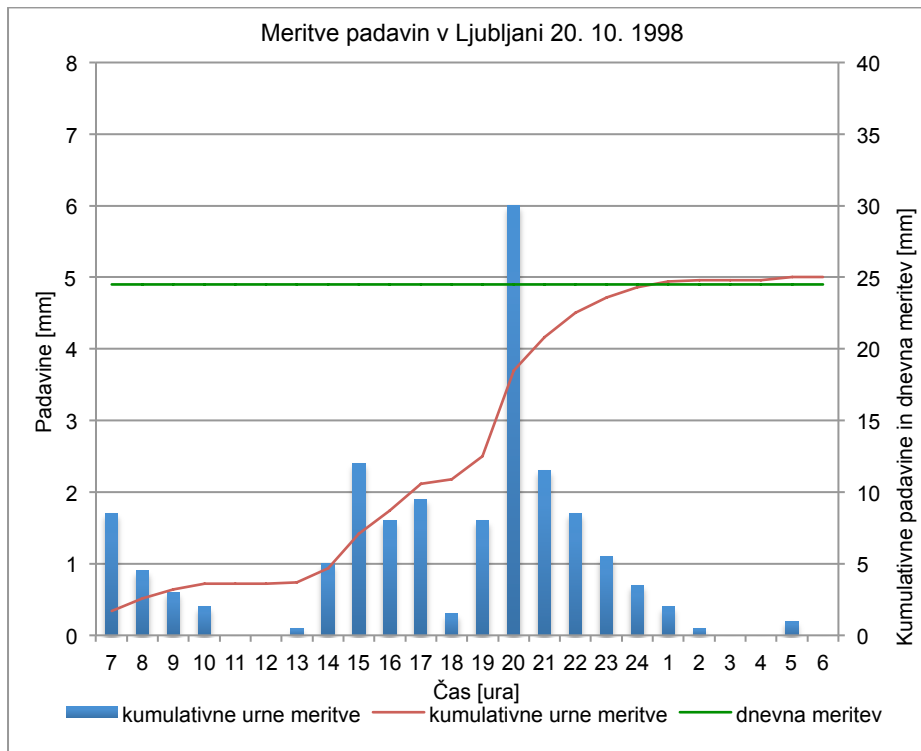
Preglednica 47: Količine padavin v milimetrih na porečju Iške pri poplavnem dogodku novembra 1998 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 1. 11. 1998 | 2. 11. 1998 | 3. 11. 1998 | 4. 11. 1998 | 5. 11. 1998 | 6. 11. 1998 |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Črna vas | 1,4 | 3,5 | 7,1 | 37,4 | 81,6 | 12,1 |
| Želimlje | 0,4 | 2,3 | 4,8 | 30,2 | 63,3 | 10,9 |
| Pokojišče | 3,0 | 5,3 | 4,5 | 54,1 | 82,5 | 11,8 |
| Cerknica | 5,4 | 1,3 | 10,5 | 47,8 | 78,9 | 18,9 |
| Nova vas na Blokah | 0,6 | 0,4 | 1,9 | 14,7 | 51,7 | 11,2 |
| <i>Povprečje</i> | <i>1,5</i> | <i>2,7</i> | <i>3,6</i> | <i>33,4</i> | <i>66,3</i> | <i>11,4</i> |

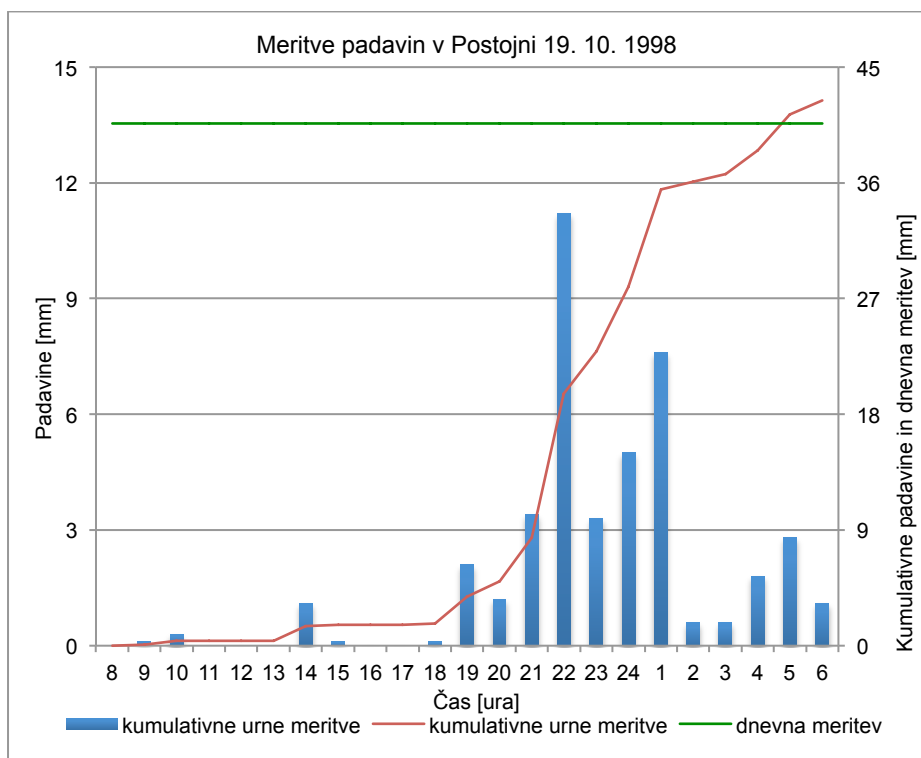
Iz baze podatkov ARSO (Agencija RS za okolje, 2015e) so pridobljene tudi razpoložljive urne meritve padavin postaj v Ljubljani in Postojni v oktobru in novembru 1998. Na slikah 77-83, ki prikazujejo te meritve, se vidi razlika med padavinskima dogodkoma: 19. in 20. oktobra so bile padavine časovno enakomernejše porazdeljene z urnimi količinami, ki v Ljubljani niso presegle 7 mm, v Postojni pa 12 mm. Kumulativne urne padavine v Ljubljani niso presegle 35 mm, v Postojni pa 45 mm. Nasprotno pa so bile urne količine padavin večje ob naslednjem padavinskem dogodku, ko so v Ljubljani 5. novembra kumulativne padavine znašale več kot 80 mm, v Postojni pa 4. novembra okoli 60 mm in 5. novembra okoli 70 mm. Tudi časovno so bile padavine bolj strnjene. Na slikah so dodane še samostojne dnevne meritve, ki bi morale znašati toliko, kot kumulativne urne meritve, vendar so prisotna določena odstopanja. Dnevne meritve so večinoma precenjene glede na vsoto urnih meritev.



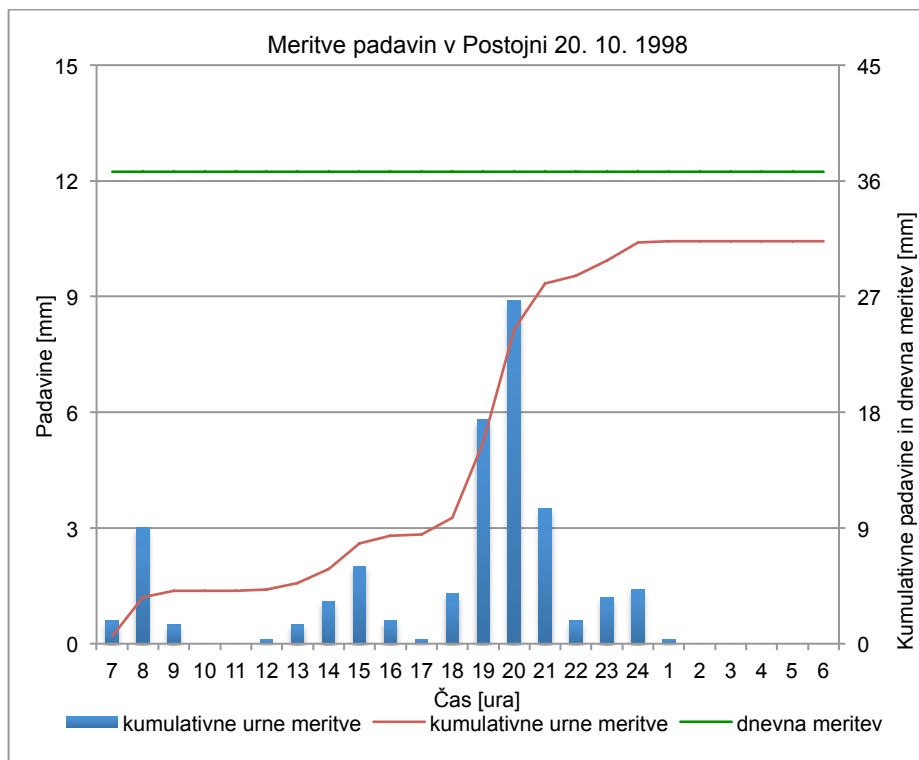
Slika 77: Meritve padavin v Ljubljani 19. 10. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)



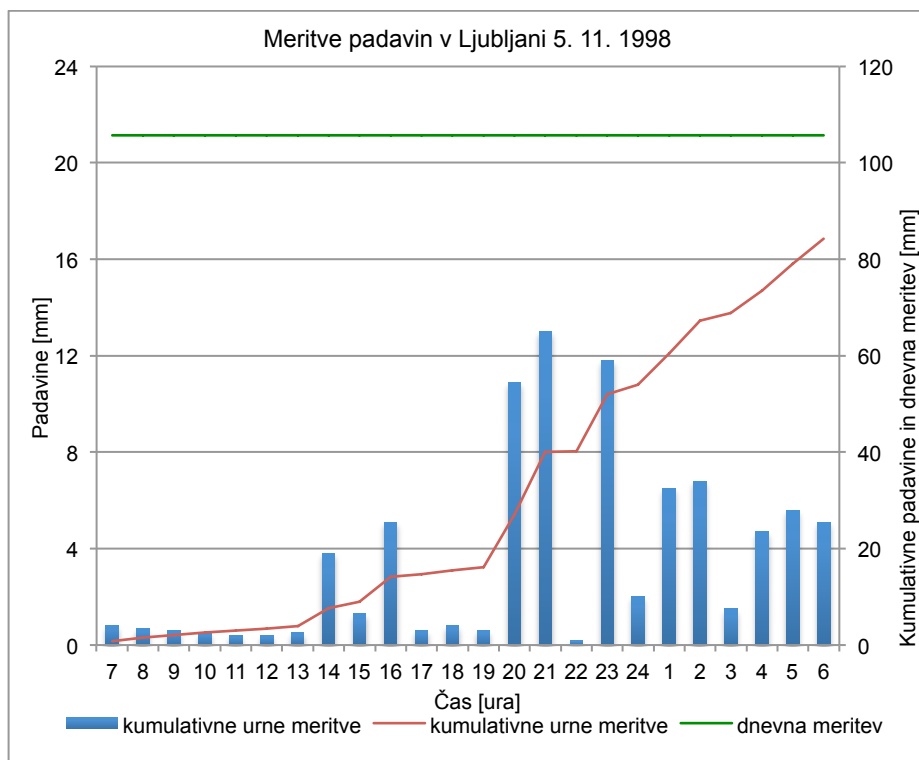
Slika 78: Meritve padavin v Ljubljani 20. 10. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)



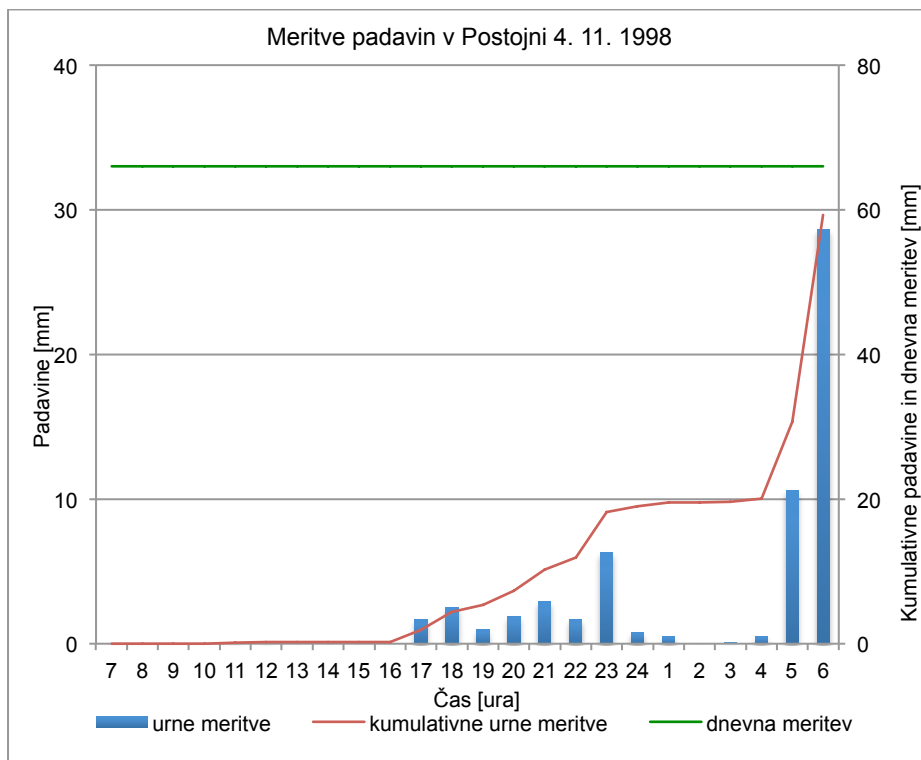
Slika 79: Meritve padavin v Postojni 19. 10. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)



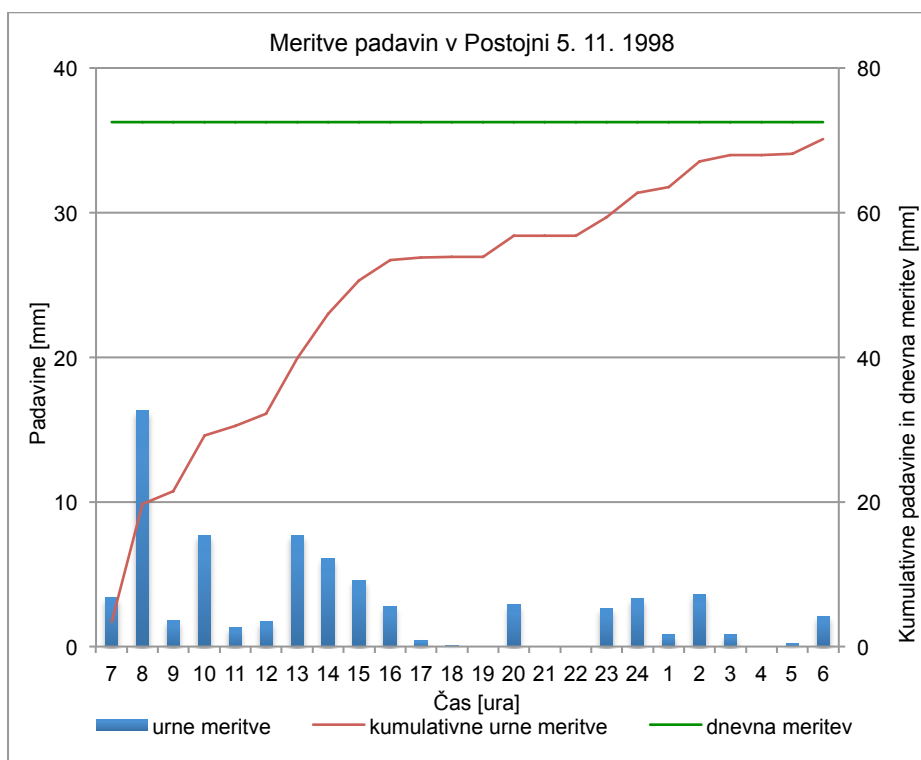
Slika 80: Meritve padavin v Postojni 20. 10. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)



Slika 81: Meritve padavin v Ljubljani 5. 11. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)



Slika 82: Meritve padavin v Postojni 4. 11. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)



Slika 83: Meritve padavin v Postojni 5. 11. 1998 (Agencija RS za okolje, 2015e)

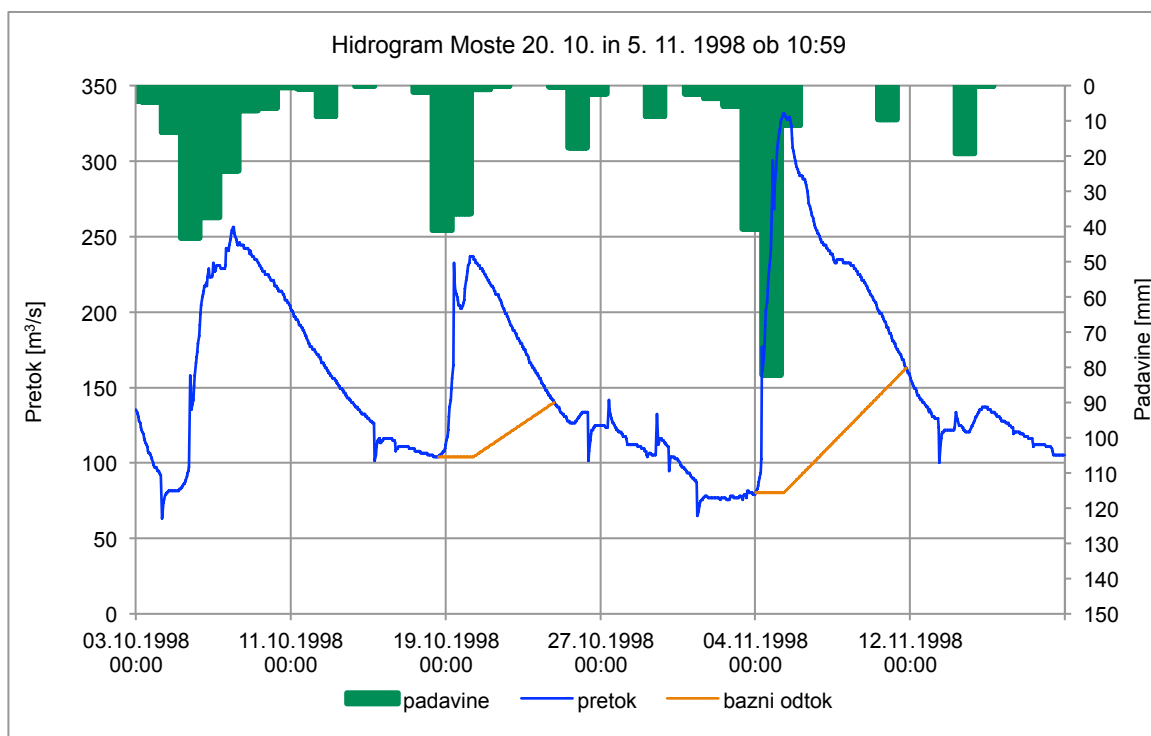
5.8.2 Hidrogrami odtoka

Pri v. p. Moste je Ljubljana ponoči 20. oktobra dosegla pretok $245 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 84) in poplavila zahodni del Ljubljanskega barja, ki je ostalo poplavljeno nekaj dni (Polajnar, 1999). Pretočna konica Gradašnice 20. oktobra 1998 ni znana, vendar glede na dostopne podatke

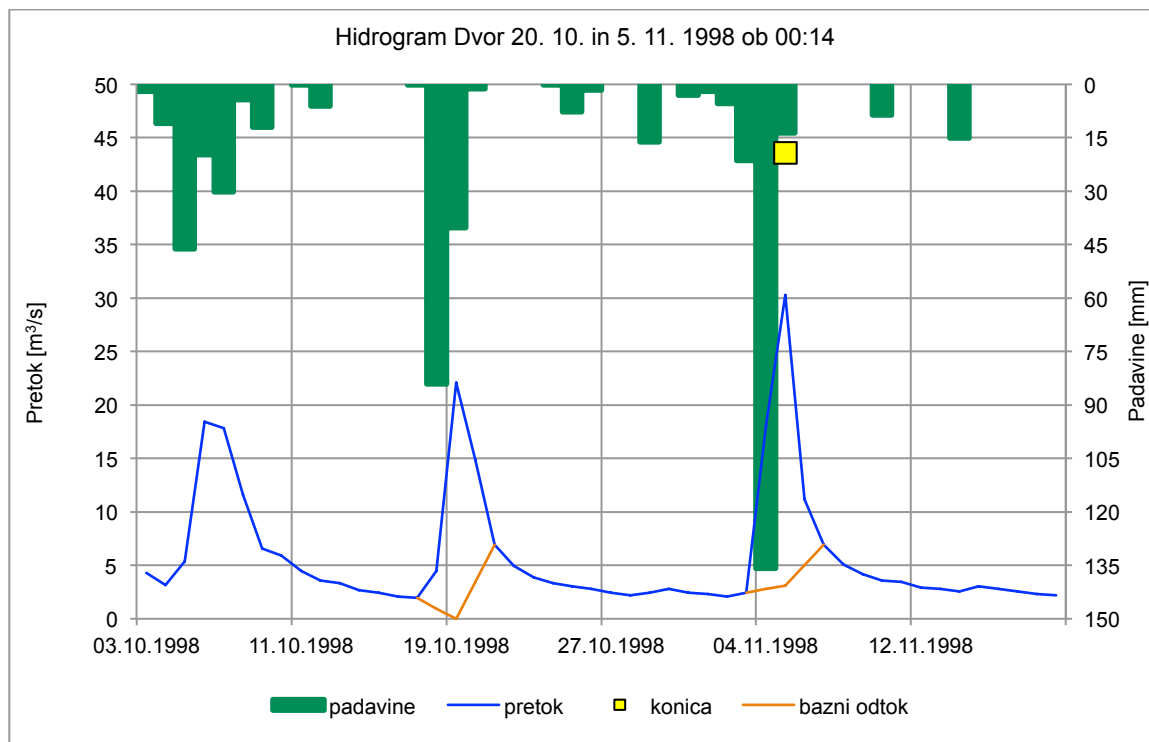
znaša med $22,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (srednji dnevni pretok) in $31,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (največji mesečni pretok Gradaščice pri v. p. Dvor, izmerjen 7. oktobra). Na enak način je določen interval velikosti pretočne konice lške 20. oktobra. Pretočna konica je imela vrednost več kot $10,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (srednji dnevni pretok), a manj kot $11,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (največji mesečni pretok lške pri v. p. lška, izmerjen 7. oktobra).

Pri naslednjem padavinskem dogodku v začetku novembra 1998 pa je pretok Ljubljanice pri v. p. Moste 5. novembra dosegel konico $332 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 84). Pri v. p. Dvor je bila 5. novembra izmerjena pretočna konica Gradaščice $43,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 85). lška je pri v. p. lška dosegla pretočno konico 5. novembra s $25,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 86).

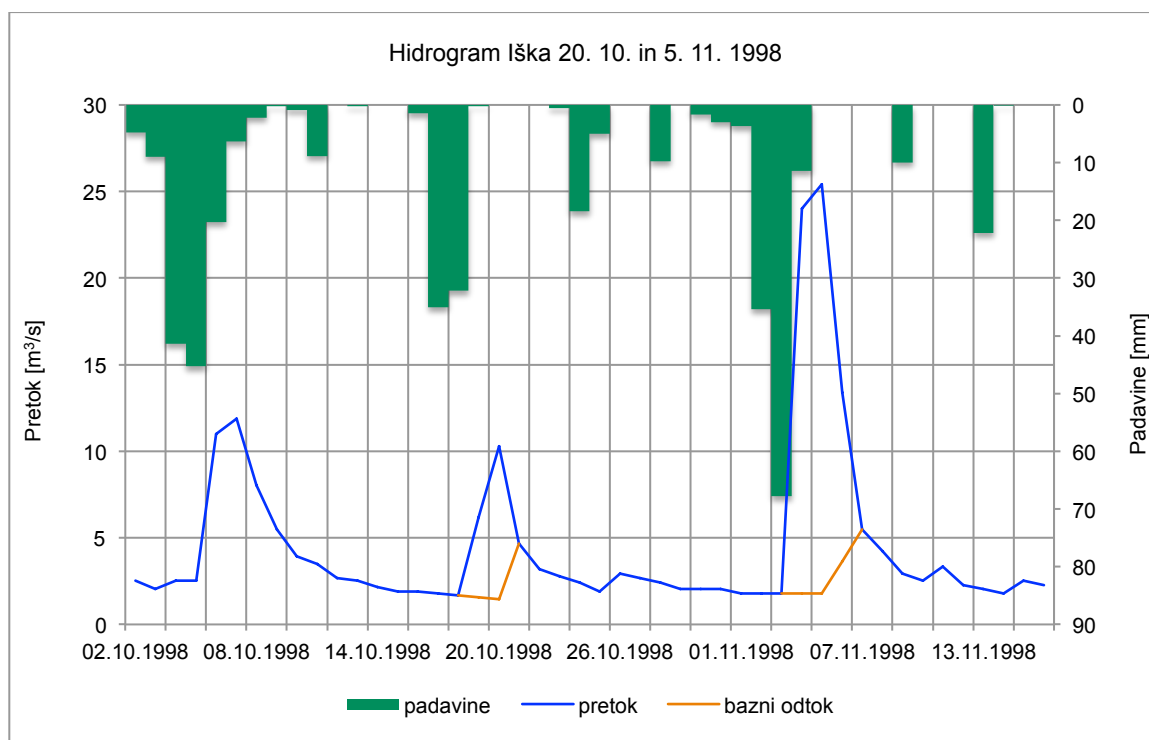
Zaradi hitrega odziva Gradaščice in lške so njuni pretoki med padavinskimi dogodki ostali v območju srednjih pretokov (okoli $2 \text{ m}^3/\text{s}$), nasprotno pa je bilo pri Ljubljanici z daljšim odzivnim časom, ko so pretoki upadli največ do visokih srednjih pretokov pri vrednostih med $75 \text{ m}^3/\text{s}$ in $110 \text{ m}^3/\text{s}$. Upadanje pretokov je bilo po poplavi 5. novembra najpočasnejše na Krki in Ljubljanici (Polajnar, 1999).



Slika 84: Urni hidrogram za v. p. Moste oktobra in novembra 1998 ter dnevne količine padavin



Slika 85: Dnevni hidrogram za v. p. Dvor oktobra in novembra 1998 ter dnevne količine padavin



Slika 86: Dnevni hidrogram za v. p. Iška oktobra in novembra 1998 ter dnevne količine padavin

5.8.3 Volumni odtoka

Ob poplavnem dogodku 20. oktobra 1998 so volumni poplavnih valov na Ljubljanici znašali $35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma $96 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (celotni val), na Gradašči

$3,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma $4,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (celotni val), na Iški pa $1,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (celotni val). Trajanja poplavnih valov so ocenjena na 6 dni za Ljubljano, na 5 dni za Gradaščico in na 4 dni za Iško (preglednica 48).

Ob večjem poplavnem dogodku 5. novembra 1998 pa so volumni poplavnih valov na Ljubljani znašali $81 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma $158 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (celotni val), na Gradaščici $4,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma $6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (celotni val), na Iški pa $4,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (neposredni padavinski odtok), oziroma $6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (celotni val). Trajanja poplavnih valov so ocenjena na 8 dni za Ljubljano ter na 5 dni za Gradaščico in Iško (preglednica 49).

5.8.4 Predhodna namočenost

Zaradi obilnih in pogostih padavin v oktobru 1998 je predhodna namočenost tal značilna za poplavna dogodka ob koncu oktobra in v začetku novembra 1998, zaradi česar je bilo Ljubljansko barje poplavljenost v večjem obsegu. Na stiku Krimskega hribovja in Ljubljanskega barja so se aktivirali številni pobočni in kraški izviri, ki so pripomogli k obširnimi poplavami na tem območju (Polajnar, 1999).

5.8.5 Koeficient odtoka

Za poplavni dogodek na Ljubljanskem barju 20. oktobra 1998 so znašali koeficienti odtoka za Gradaščico 0,32, za Iško 0,26 in za Ljubljano 0,25 (preglednica 48).

Za poplavni dogodek 5. novembra 1998 pa so vrednosti koeficientov odtoka za Gradaščico znašale 0,29, za Iško 0,61 in za Ljubljano 0,31 (preglednica 49).

Preglednica 48: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka oktobra 1998.

| Vodotok (v. p.) | Prispevna površina [km ²] | Pretočna konica [m ³ /s] | Volumen poplav. vala [milijoni m ³] | Volumen poplav. vala [mm] | Višina padavin [mm] | Trajanje poplav. vala [dni] | Koeficient odtoka |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| Gradaščica (Dvor) | 78,88 | 22,1 - 31,5 | 3,20 | 40,5 | 126 | 5 | 0,32 |
| Iška (Iška) | 66,53 | 10,3 - 11,9 | 1,17 | 17,5 | 66,9 | 4 | 0,26 |
| Ljubljana (Moste) | 1778,16 | 245 | 35,4 | 19,9 | 80,2 | 6 | 0,25 |

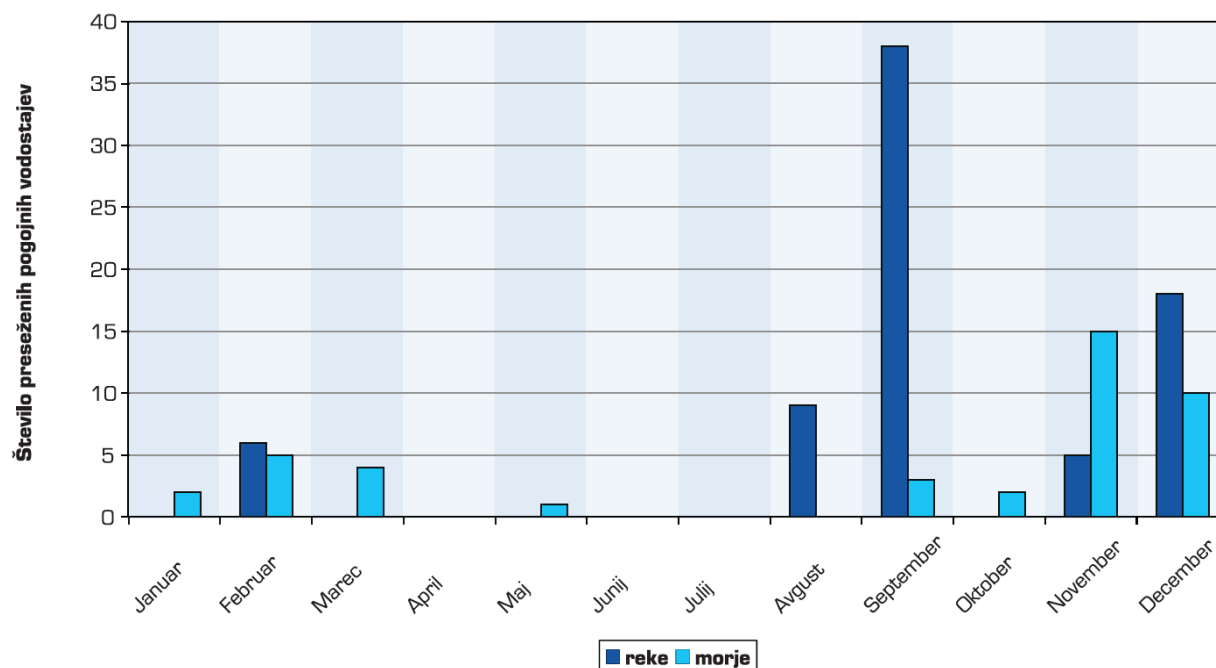
Preglednica 49: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka novembra 1998.

| Vodotok (v. p.) | Prispevna površina [km ²] | Pretočna konica [m ³ /s] | Volumen poplav. vala [milijoni m ³] | Volumen poplav. vala [mm] | Višina padavin [mm] | Trajanje poplav. vala [dni] | Koeficient odtoka |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| Gradaščica (Dvor) | 78,88 | 43,6 | 4,20 | 53,3 | 181,7 | 5 | 0,29 |
| Iška (Iška) | 66,53 | 25,4 | 4,81 | 72,2 | 118,9 | 5 | 0,61 |
| Ljubljana (Moste) | 1778,16 | 332 | 80,7 | 45,4 | 145,8 | 8 | 0,31 |

5.9 Poplava septembra 2010

Leta 2010 je bilo v Sloveniji 118 pojavov visokih voda, ko so reke na vodomernih postajah presegle opozorilne pretoke. Na več vodomernih postajah so bili izmerjeni rekordni pretoki rek v opazovanem obdobju (Polajnar, 2011). Pretoki rek so bili v povprečju 30 % večji od povprečnih pretokov v 30-letnem primerjalnem obdobju 1970–2000. Vodnatost je bila rahlo podpovprečna le v severovzhodnem delu države, največja pa je bila v zahodnem delu države. Poleg nekaterih drugih rek je imela tudi Ljubljana v Mostah povprečno letno vodnatost večjo od vseh vodnatosti v 30-letnem primerjalnem obdobju (Strojan, 2010). Dogodki visokih voda so vzeli najmanj tri človeška življenja in povzročili zelo veliko materialno škodo na stanovanjskih in gospodarskih objektih, prometnicah, vodni infrastrukturi, na kmetijskih površinah in lastnini prebivalcev (Polajnar, 2011). Največ pojavov visokih voda, t.j. 38, je bilo v mesecu septembru (slika 87) (Polajnar, 2011). Ocenjena škoda poplav v letu 2010 znaša več kot 225 milijonov evrov. Pred tem po škodni količini zaradi poplav poleg leta 1990 izstopata še leti 1998 z 88 milijoni evrov in 2007 z 80 milijoni evrov (Tušar, 2012).

V dneh od 17. 9. do 19. 9. so državo zajele močne in obsežne padavine, ki so povzročile močan porast rek in razlivanja vodotokov skoraj povsod po Sloveniji. Poleg obsežne poplave na Ljubljanskem barju so bile velike poplave tudi na porečjih Vipave, Idrijce, Poljanske Sore, Savinje v spodnjem toku, Krke, Save v spodnjem toku ter na kraških poljih Notranjskega in Dolenjskega krasa (Urad za hidrologijo in stanje okolja, 2010). Obseg poplavljanja na Ljubljanskem barju septembra 2010 je prikazan na slikah 17 in 19 v poglavju 3.1.

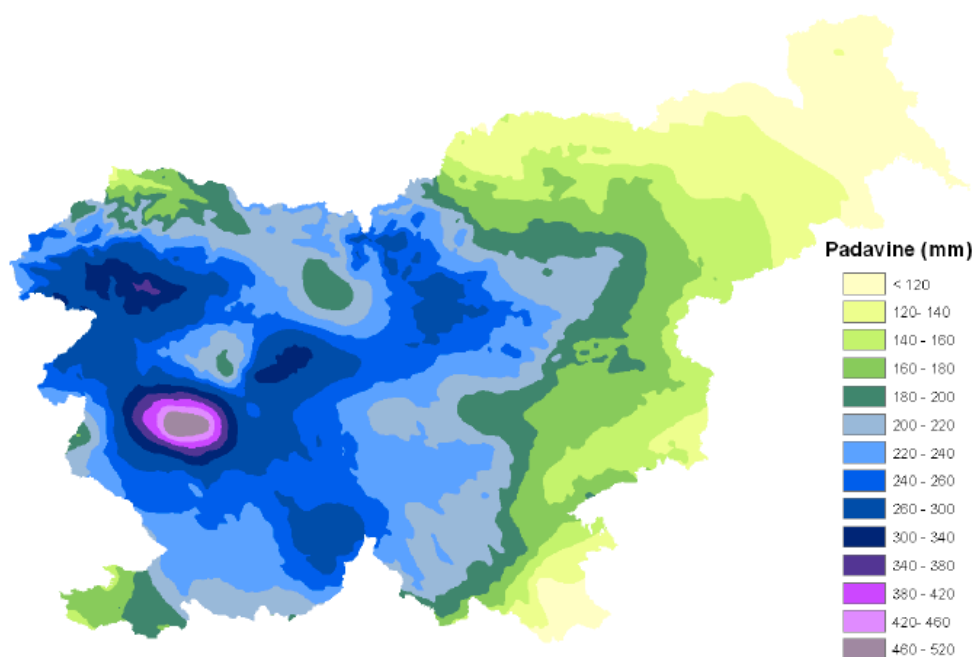


Slika 87: Število preseženih pogojnih vodostajev (Polajnar, 2011)

5.9.1 Padavine

V noči na 17. september se je dež razširil nad celotno državo, padavine pa so se nadaljevale tudi čez dan, predvsem v zahodni in osrednji Sloveniji. V noči na 18. september se je dež okrepil, v zahodni polovici države so bile tudi krajevne nevihte. Preko dneva se je intenziteta

padavin rahlo zmanjšala, popoldne in zvečer pa spet povečala. V noči na 19. september je povsod deževalo, najmočneje v jugozahodnem delu države, čez dan pa so padavine od severozahoda proti jugovzhodu postopno ponehale. Od četrta, 16. septembra 2010, do nedelje, 19. septembra 2010, je bila največja količina padavin na območju med Ajdovščino in Idrijo (slika 88), ki je lokalno znašala prek 500 mm (dobra tretjina povprečnih letnih padavin v Sloveniji). V zahodni in osrednji Sloveniji je padavinska vsota preseгла 200 mm (Urad za hidrologijo in stanje okolja, 2010). V povprečju je na ozemlju države v 48 urah (od petka do nedelje zjutraj) padlo 170–180 mm padavin, kar je največja količina v takšnem časovnem obdobju v zadnjih 60 letih (Urad za meteorologijo, 2010). Po velikosti območja in količini padavin se ta padavinski dogodek uvršča med največje. Ob poplavih leta 1926 so bili nalivi bolj izraziti, ko je glavčina padavin padla v 9 urah ter je dnevna količina padavin v Lučinah znašala 341 mm in na Sv. Katarini (Topol pri Medvodah) 272 mm, leta 1933 pa so bile padavine časovno in prostorsko enakomerneje porazdeljene v tri valove s krajšimi vmesnimi prekinitvami. Podobno so bile padavine razporejene leta 2010, ko se je izoblikovalo pet krajših padavinskih valov z dokaj enakomerno jakostjo padavin (Urad za meteorologijo, 2010). Količine padavin za porečja Ljubljanice in Gradašnice so podane v preglednicah 50 in 51.



Slika 88: Karta 4-dnevne vsote padavin, od 8:00 16. septembra do 8:00 20. septembra 2010 (Urad za meteorologijo, 2010)

Preglednica 50: Količine glavnega vala padavin v milimetrih na porečju Ljubljanice pri poplavnem dogodku septembra 2010 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

| Postaja \ Datum | 17. 9. 2010 | 18. 9. 2010 | 19. 9. 2010 | 20. 9. 2010 |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Topol pri Medvodah | 60,2 | 158,3 | 101 | 0,4 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 39,4 | 129,2 | 90,1 | 0,5 |
| Ljubljana - Bežigrad | 43,9 | 139,6 | 87 | 0,9 |
| Lučine | 40,2 | 126,2 | 91,5 | 0,4 |
| Rovte | 7,2 | 138,8 | 140,5 | 0,9 |
| Črna vas | 42,6 | 99,6 | 103,5 | 0,6 |
| Želimlje | 17,2 | 97,3 | 105,6 | 3,2 |

Se nadaljuje...

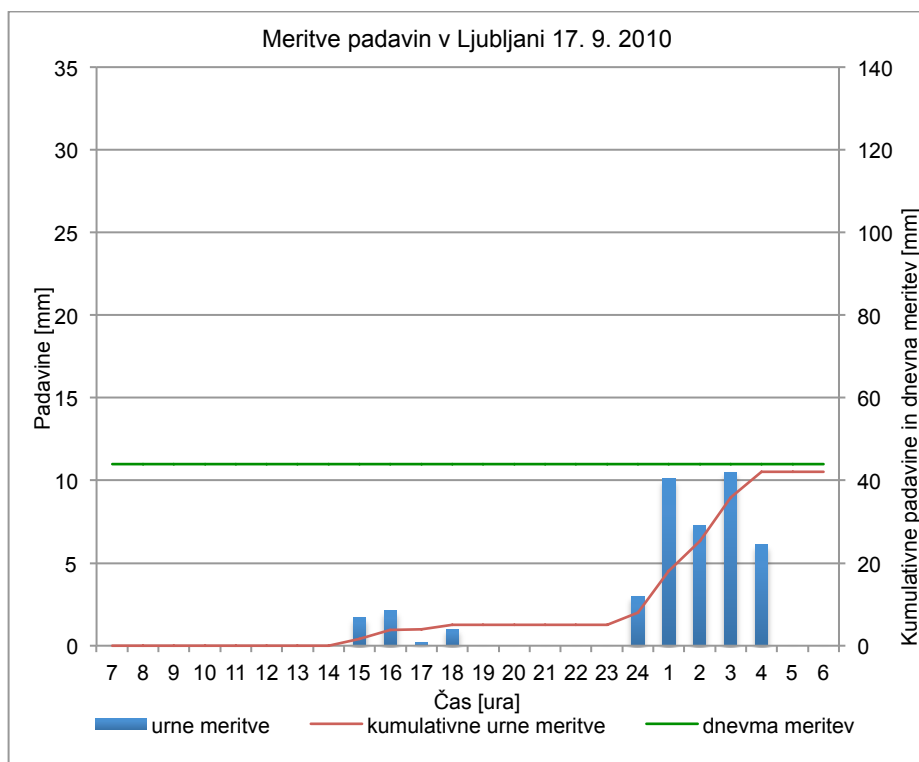
| ...nadaljevanje Preglednice 50 | | | | |
|--------------------------------|-------------|--------------|--------------|------------|
| Hotedrščica | 28,4 | 143 | 136 | 0 |
| Logatec | 16,2 | 139,5 | 127,1 | 0,8 |
| Pokojišče | 16,1 | 92,2 | 111,5 | 0,6 |
| Hrušica pri Colu | 17,4 | 145,6 | 142,5 | 0,6 |
| Razdrto | 6,9 | 76 | 159,6 | 0,1 |
| Postojna | 6,4 | 95,2 | 132,4 | 0,7 |
| Cerknica | 5,5 | 105,5 | 129,6 | 1,1 |
| Nova vas na Blokah | 6,5 | 97,3 | 115,2 | 1,8 |
| Hrib | 2,2 | 92 | 111,7 | 1,9 |
| Šmarata | 1,1 | 147,5 | 132 | 0,6 |
| Juršče | 7,4 | 100,9 | 133,5 | 6,9 |
| <i>Povprečje</i> | <i>16,3</i> | <i>113,7</i> | <i>120,8</i> | <i>1,6</i> |

Preglednica 51: Količine glavnega vala padavin v milimetrih na porečju Gradaščice pri poplavnem dogodku septembra 2010 (24-urne količine padavin so bile izmerjene ob 7. uri zjutraj) (Agencija RS za okolje, 2015d).

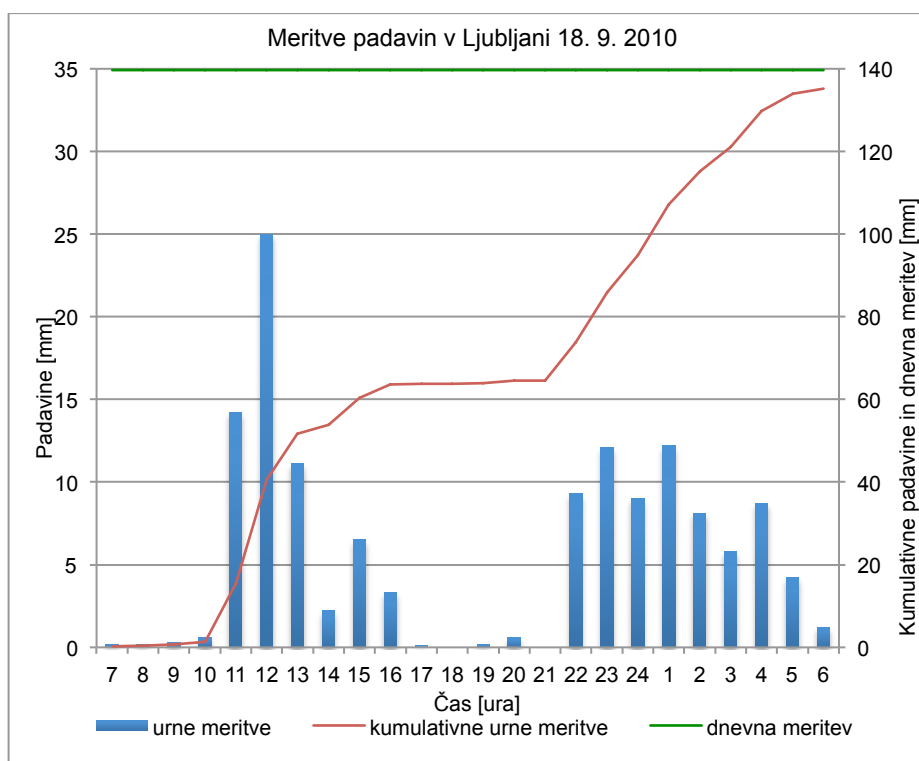
| Postaja \ Datum | 17. 9. 2010 | 18. 9. 2010 | 19. 9. 2010 | 20. 9. 2010 |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Topol pri Medvodah | 60,2 | 158,3 | 101 | 0,4 |
| Črni Vrh pri Polhovem Gradcu | 39,4 | 129,2 | 90,1 | 0,5 |
| Lučine | 40,2 | 126,2 | 91,5 | 0,4 |
| <i>Povprečje</i> | <i>42,5</i> | <i>132,3</i> | <i>92,0</i> | <i>0,5</i> |

Urne meritve padavin v Ljubljani in Postojni v dneh od 17. do 19. septembra kažejo časovno razporeditev padavinskih valov. V Ljubljani je bil prvi val padavin v noči na 17. september, ko je padlo vsega skupaj dobrih 40 mm dežja, največ od polnoči do 4. ure zjutraj (slika 89). Naslednji dan sta bila v Ljubljani dva padavinska vala z urnimi količinami okoli 8 mm in več, največja urna količina pa je znašala 25 mm v 12. uri. Kumulativne urne padavine tega dne znašajo 135 mm (slika 90). Kumulativne padavine do 19. septembra ob 7. uri zjutraj so znašale 88 mm, urne količine pa so znašale približno od 1 do 9 mm prek celega dne (slika 91).

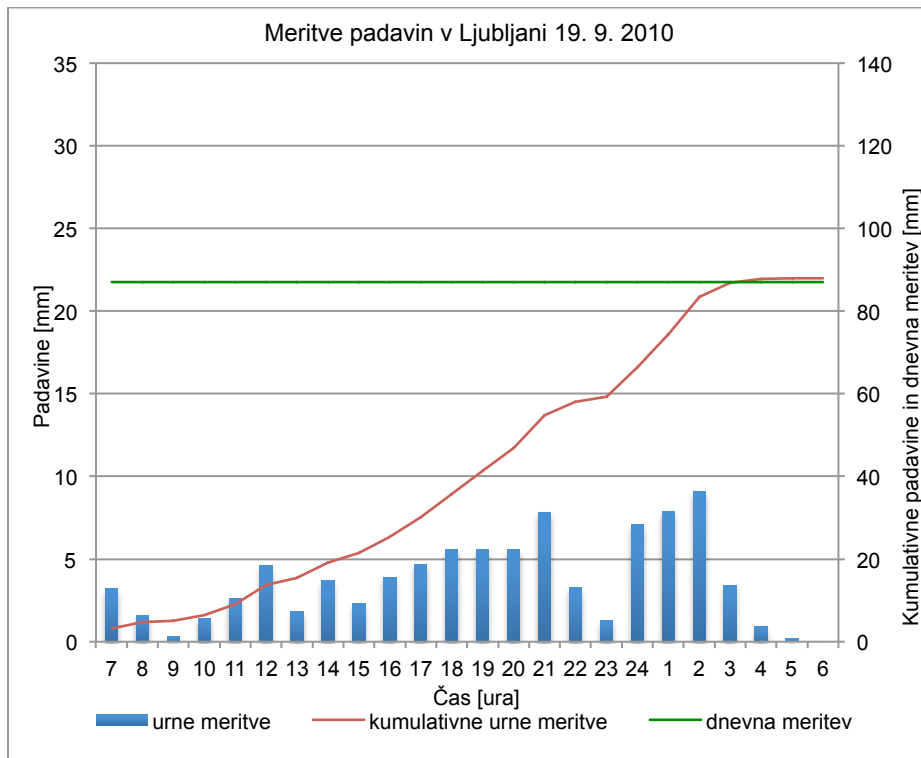
V Postojni je bil porast padavin v noči na 18. september z urnimi količinami do 22 mm, kumulativne padavine pa so za ta dan znašale 95 mm (slika 92). Naslednji dan sta podnevi in ponoči sledila še dva padavinska vala z urnimi količinami do 20 mm, vsota padavin pa je znašala dobrih 132 mm (slika 93).



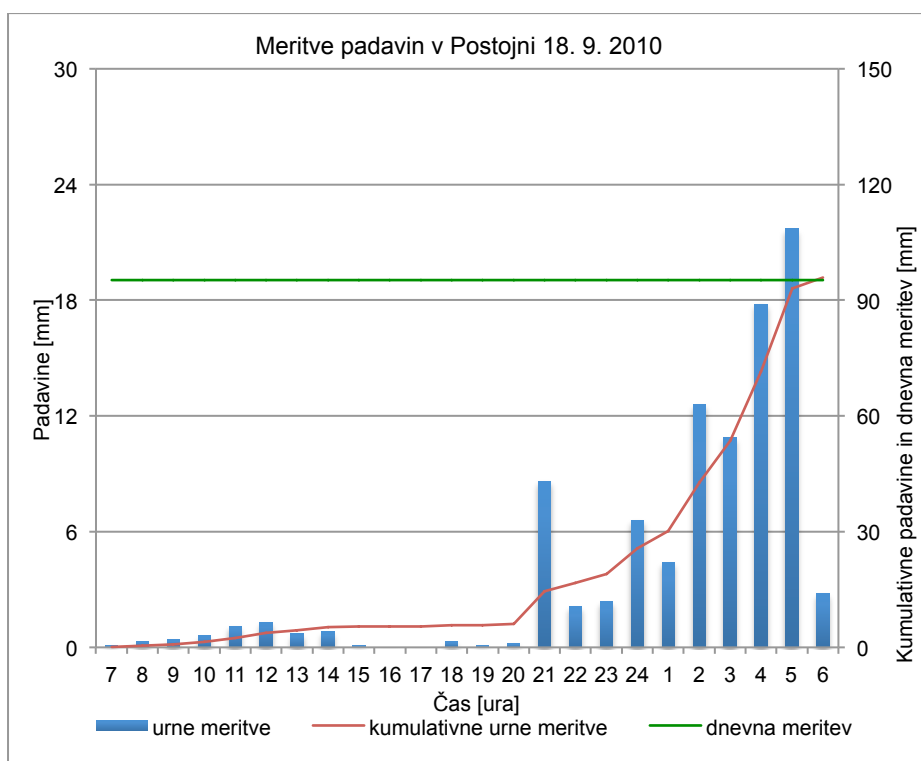
Slika 89: Meritve padavin v Ljubljani 17. 9. 2010 (Agencija RS za okolje, 2015e)



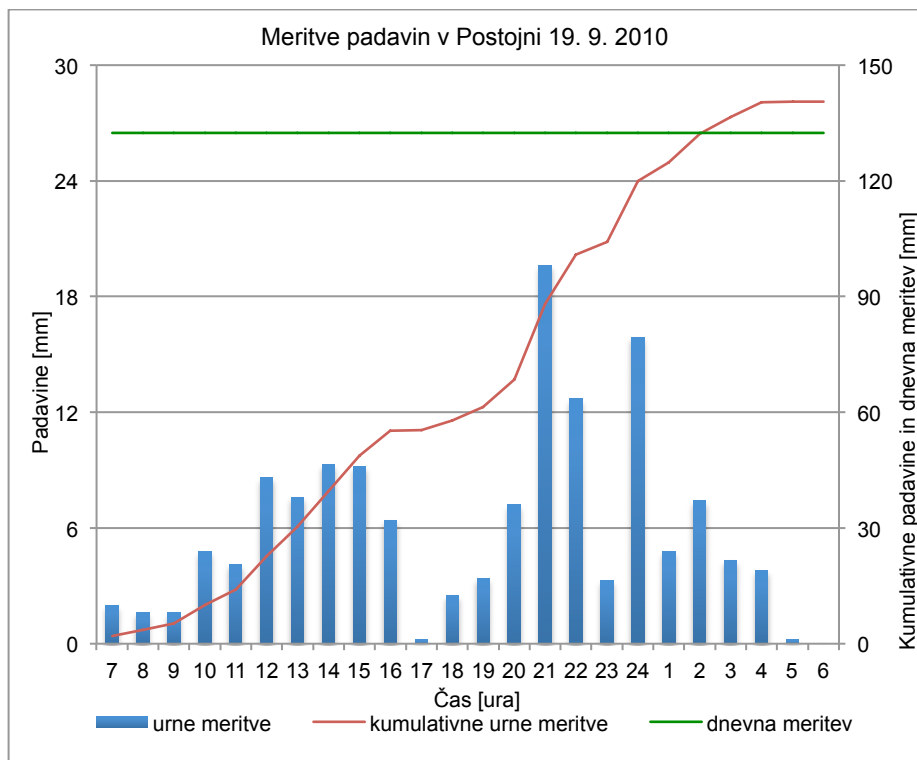
Slika 90: Meritve padavin v Ljubljani 18. 9. 2010 (Agencija RS za okolje, 2015e)



Slika 91: Meritve padavin v Ljubljani 19. 9. 2010 (Agencija RS za okolje, 2015e)



Slika 92: Meritve padavin v Postojni 18. 9. 2010 (Agencija RS za okolje, 2015e)

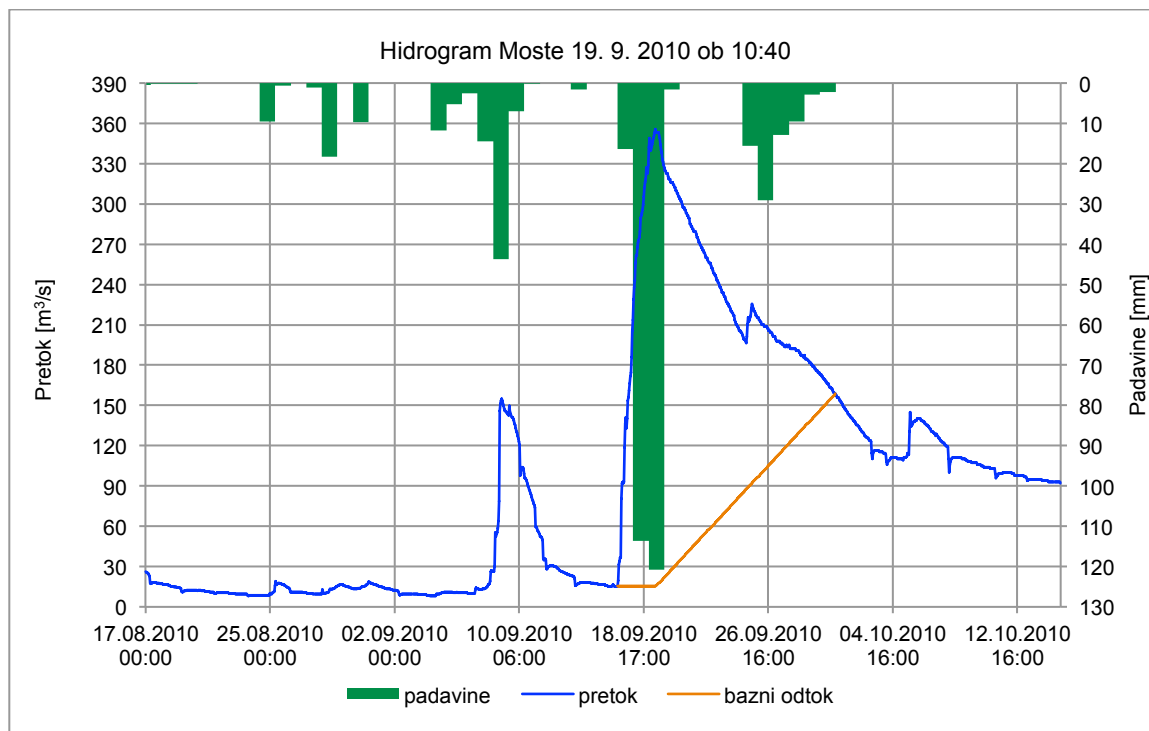


Slika 93: Meritve padavin v Postojni 19. 9. 2010 (Agencija RS za okolje, 2015e)

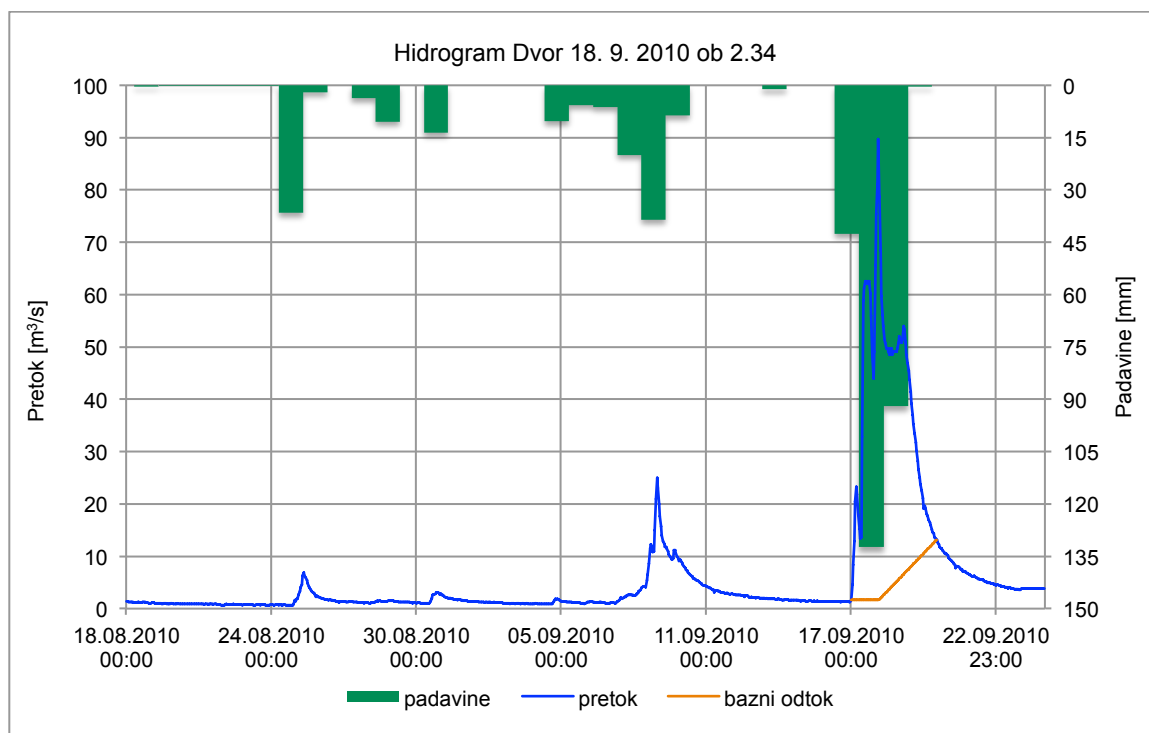
5.9.2 Hidrogrami odtoka

Hudourniški značaj Gradaščice se odraža na njenem hidrogramu; ob močnih in kratkotrajnih padavinah pretok Gradaščice skokovito naraste. Po enem dnevu padavin z visoko intenziteto je pretok pri v. p. Dvor z okoli $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ narasel do konice $89,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 95). Gradaščica je s to konico na v. p. Dvor presegla pretok s 100-letno povratno dobo (Strojan, 2010). Naraščanje hidrograma je zelo dinamično in se odziva na padavinske nalive znotraj časovnega okna 24 ur zaradi manjše velikosti porečja (krajši čas koncentracije) in hudourniških lastnosti Gradaščice.

Nasprotno hidrogram za v. p. Moste počasneje in enakomernejše narašča ter bistveno počasneje in skoraj linearno upada zaradi kraških lastnosti in velikosti porečja (slika 94).

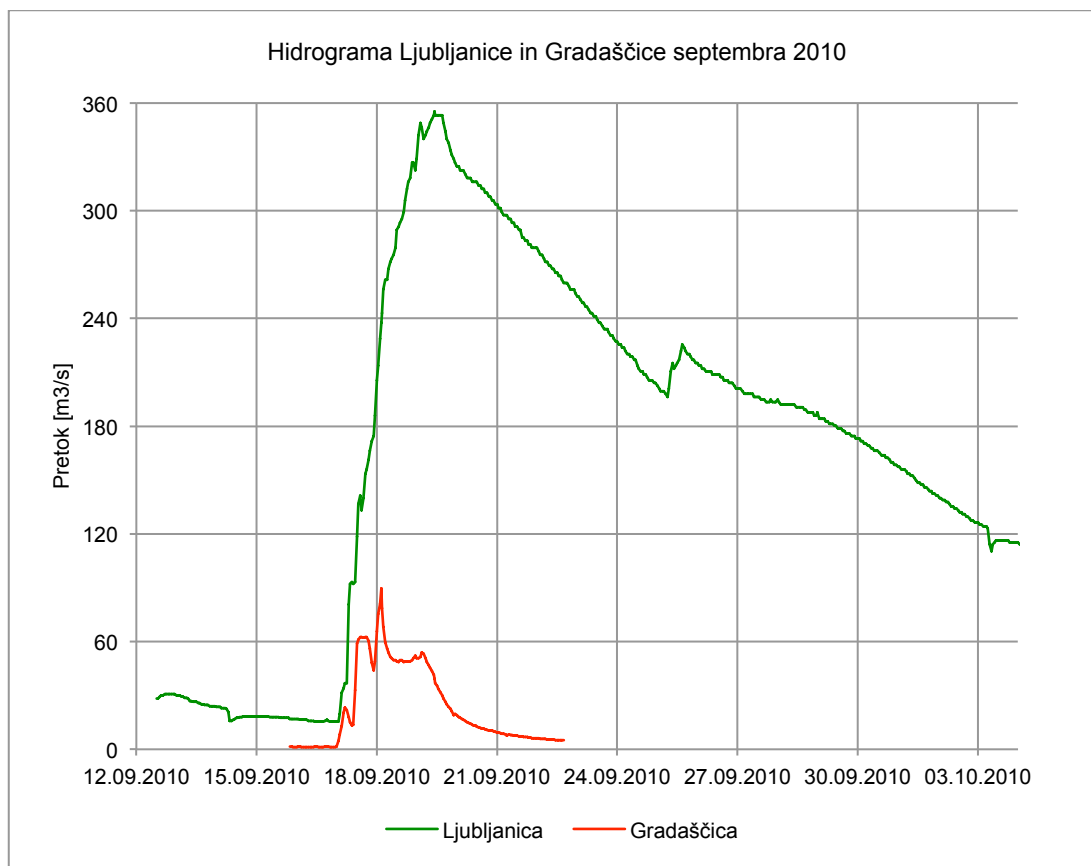


Slika 94: Urni hidrogram za v. p. Moste od avgusta do oktobra 2010 ter dnevne količine padavin



Slika 95: Urni hidrogram za v. p. Dvor avgusta in septembra 2010 ter dnevne količine padavin

Na sliki 96 sta primerjana hidrograma Ljublanice in Gradašnice za poplavni dogodek 18. in 19. septembra 2010. Pretoki obeh vodotokov so začeli naraščati 17. septembra ob 1:00. Gradašnica je dosegla pretočno konico 18. septembra ob 2:34, Ljublanica pa 19. septembra ob 10:40. Kljub podobnim padavinam, je bil odziv Ljublanice še enkrat daljši. Po prenehanju padavin je pretok Gradašnice v dveh dneh bistveno upadel, pretok Ljublanice pa je bil po enem tednu še vedno večji od $180 \text{ m}^3/\text{s}$.



Slika 96: Primerjava hidrogramov Ljubljanice in Gradaščice za poplavni dogodek v septembru 2010 (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015e)

5.9.3 Volumni odtoka

Volumen celotnega poplavnega vala na Gradaščici je na podlagi hidrograma za v. p. Dvor ocenjen na $12.0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, volumen neposrednega padavinskega odtoka pa na $10.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Na Ljubljanici je znašal volumen celotnega poplavnega vala okoli $278 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, volumen neposrednega padavinskega odtoka pa okoli $188 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Tudi po velikosti volumnov poplavnih valov se ta dogodek uvršča med največje poplavne dogodke na Ljubljanici v zadnjih 100 letih. Približno $34 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vode se je razlilo na $76,8 \text{ km}^2$ površine Ljubljanskega barja (Globevnik in Vidmar, 2010). Od tod sledi, da je v povprečju globina poplave znašala približno 44 cm.

5.9.4 Predhodna namočenost

Meritve padavin in pretokov kažejo na suho obdobje pred poplavnim dogodkom, z izjemo padavinskega dogodka in povečanja pretoka v začetku septembra 2010, ko je Gradaščica dosegla pretok okoli $25 \text{ m}^3/\text{s}$, Ljubljana pa okoli $150 \text{ m}^3/\text{s}$, vendar sta oba pretoka upadla pred nastopom poplavnega dogodka. Teden pred poplavnim dogodkom je bil brez padavin. Ostali pretoki v obdobju pred poplavnim dogodkom se po velikosti uvrščajo med nižje srednje pretoke na obeh vodotokih (Agencija RS za okolje, 2015b). V tem primeru vpliv predhodne namočenosti na poplavljanje Gradaščice in Ljubljanice ni prisoten, temveč je poplavni dogodek posledica intenzivnih, neprekinjenih padavin med 17. in 20. septembrom 2010.

5.9.5 Koeficient odtoka

Koeficienti odtoka ob poplavi septembra 2010 so znašali za Gradaščico 0,49 in za Ljublanico pa 0,33 (preglednica 52).

Preglednica 52: Hidrološke lastnosti poplavnega dogodka septembra 2010.

| Vodotok (v. p.) | Prispevna površina [km ²] | Pretočna konica [m ³ /s] | Volumen poplav. vala [milijoni m ³] | Volumen poplav. vala [mm] | Višina padavin [mm] | Trajanje poplav. vala [dni] | Koeficient odtoka |
|-----------------------|---|---|---|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Gradaščica (Dvor) | 78,88 | 89,7 | 10,3 | 130,4 | 266,8 | 4 | 0,49 |
| Ljublanica (Moste) | 1778,16 | 355 | 188 | 105,7 | 324,5 | 14 | 0,33 |

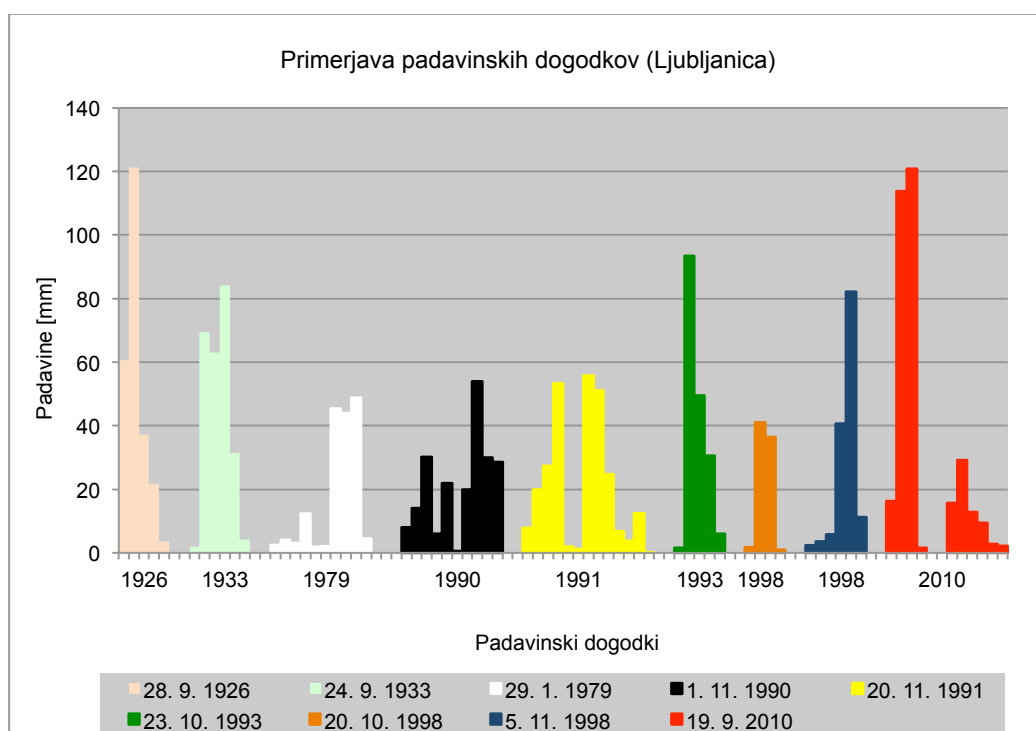
6. ANALIZA REZULTATOV

Razen vsakoletnih poplav na območjih manjšega obsega veljajo poplave za redek pojav, predvsem pa to velja za poplave z daljšimi povratnimi dobami. V zadnjem času so poplave vedno bolj dokumentirane, analiziranje poplav iz preteklosti pa je, zaradi manj natančnih ali pomanjkljivih podatkov, oteženo. Ker se ta naloga osredotoča na velike poplave, je vzorec dogodkov, ki so v tem poglavju analizirani, majhen.

Izmed visokovodnih dogodkov, predstavljenih v prejšnjem poglavju, jih je 9 na Ljubljani, 9 na Gradaščici in 6 na Iški. Dva pripadajoča padavinska dogodka sta imela tudi snežne padavine oziroma snežno odejo: 29. 1. 1979 (Ljubljana, Gradaščica in Iška) ter 1. 1. 1982 (Gradaščica). Taljenje snežne odeje je poseben dejavnik, zato sta ta dva dogodka v analizi obravnavana posebej. V preglednicah sta označena z znakom »*« poleg datuma.

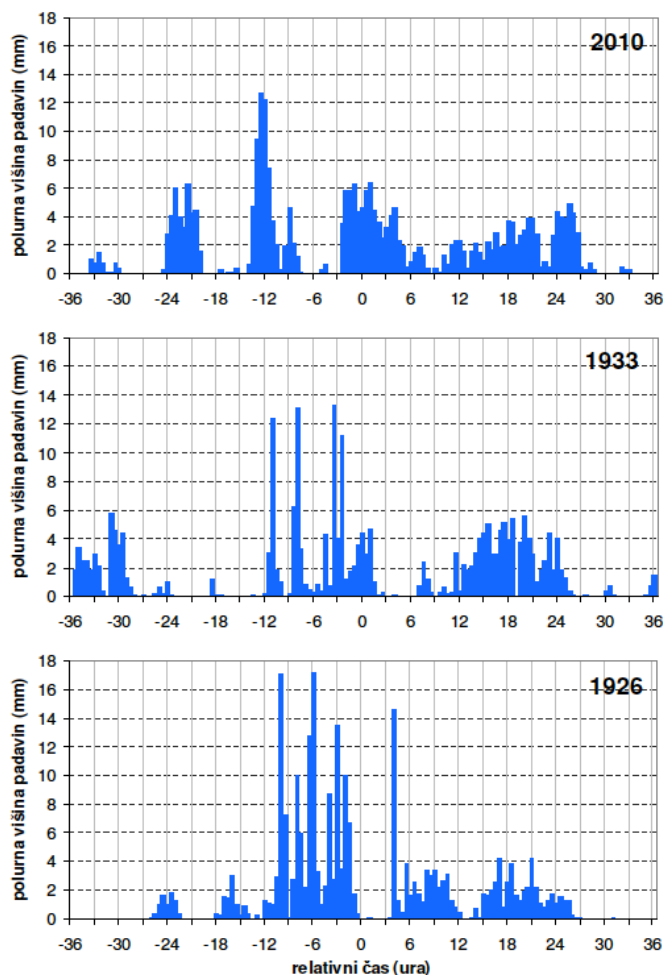
6.1 Poplavni dogodki na porečju Ljubljane

Slika 97 prikazuje analizirane padavinske dogodke na prispevni površini vodomerne postaje Moste. Padavine so bile krajše in močnejše v letih 1926, 1933, 1993, 1998 (5. november) in 2010. Ob dogodkih v letih 1926, 1933 in 2010, ko ni bilo predhodne namočenosti tal, so poplave Ljubljanskega barja in jugozahoda Ljubljane povzročili posamični intenzivni padavinski dogodki. Takrat so padavine v posameznih dneh znašale tudi več kot 120 mm. Podobni padavinski dogodki so povzročili poplavljanje Ljubljane tudi v letih 1993 in 1998, vendar so bili takrat predhodni padavinski dogodki, torej ne gre za izolirane padavinske dogodke po daljših suhih obdobjih. Poplavljanje Ljubljane so ob predhodni namočenosti povzročili tudi manj intenzivni in daljši padavinski dogodki v letih 1979, 1990 in 1991.



Slika 97: Večji padavinski dogodki na porečju Ljubljane, ki so povzročili poplavne dogodke (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015d)

Na sliki 98 so prikazane polurne količine padavin v Ljubljani za poplavne dogodke v letih 1926, 1933 in 2010. Opazne so razlike v časovni razporeditvi. Leta 1926 so bili močni nalivi zgoščeni v razmiku 9 ur, leta 1933 so bili trije padavinski valovi, največje polurne višine padavin pa so bile manjše kot leta 1926. Leta 2010 so bile konice polurnih višin še manj izrazite, vendar so bile padavine časovno enakomernejše porazdeljene v 48 urah.



Slika 98: Časovni potek (polurna višina padavin) močnega deževja v Ljubljani od 26. 9. 1926 popoldne do 28. 9. 1926 popoldne (spodaj), od noči 20./21. 9. 1933 do 24. 9. 1933 zjutraj (na sredini) in od 16. 9. 2010 popoldne do 19. 9. 2010 dopoldne (zgoraj) (Urad za meteorologijo, 2010)

Na slikah 99-101 so primerjani hidrogrami poplavnih valov analiziranih dogodkov na Ljubljani. Hidrogrami so poravnani po začetkih poplavnih valov (in baznih odtokov) na relativni čas 0. Največje pretočne konice so bile dosežene ob poplavnih dogodkih 19. septembra 2010, 5. novembra 1998, 24. septembra 1933 in 23. oktobra 1993.

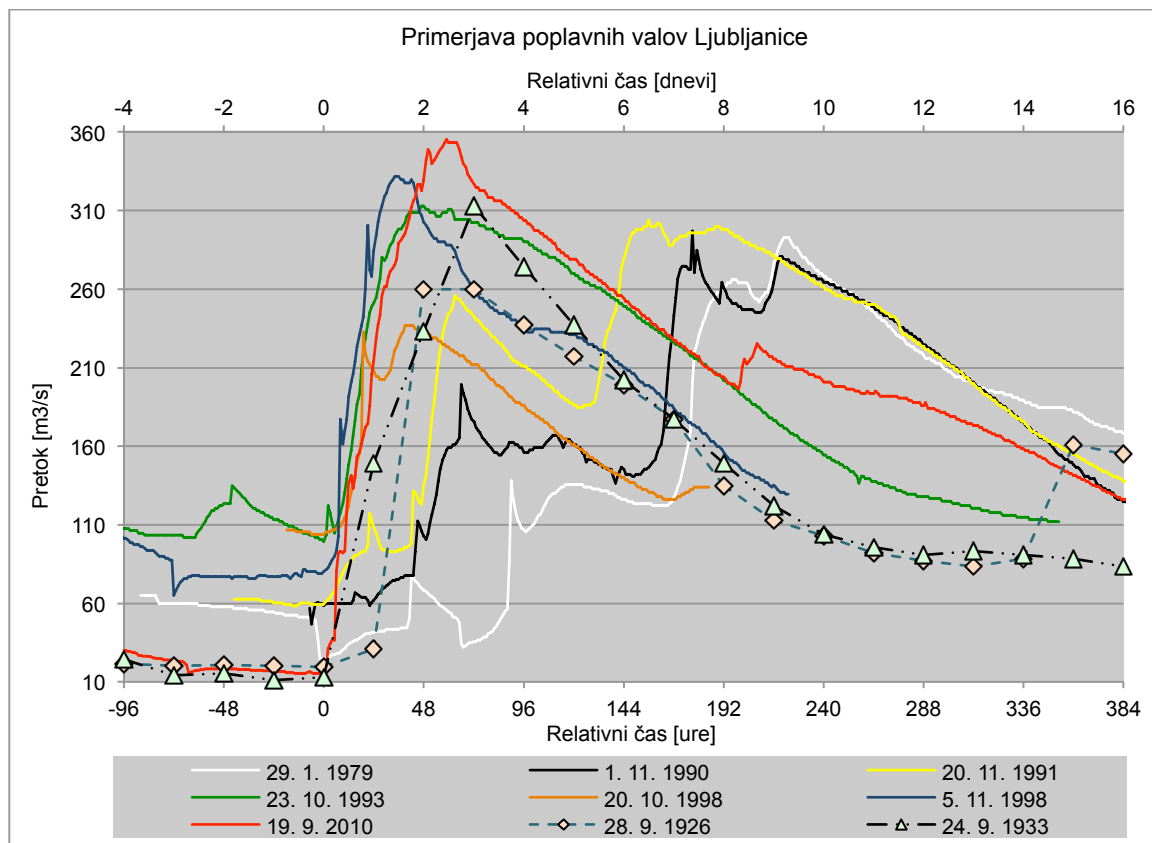
Naraščajoči deli hidrogramov so časovno daljši pri poplavnih dogodkih brez predhodne namočenosti v letih 1926, 1933 in 2010 (slika 99). Leta 1933, ko so bile padavine časovno in prostorsko enakomernejše porazdeljene, je bila konica dosežena po 72 urah naraščanja pretokov, leta 1926, ko so bile padavine prostorsko neenakomerno porazdeljene in v večjih nalivih, pa je pretok najhitreje narastel v zadnjih 24 urah. Pri tem dogodku so bile

najmočnejše padavine v Polhograjskem hribovju, najhujša poplavljenost pa na jugozahodu Ljubljane, zato je hitro naraščanje pretokov pri v. p. Moste močno povezano z naraščanjem Gradaščice, na kar nakazuje tudi nižja pretočna konica ($260 \text{ m}^3/\text{s}$) kot pri drugih poplavnih dogodkih. Po nekaterih virih naj bi bil normalni pretok Gradaščice ob tem dogodku okoli $180 \text{ m}^3/\text{s}$, ob prebitju zaježitve zaradi odloženega materiala pa $269 \text{ m}^3/\text{s}$ (Legiša, 2013, cit. po Kolbezen, 1992). Leta 2010 so bile padavine časovno in prostorsko zopet enakomernejše porazdeljene, pretoki pri v. p. Moste pa so naraščali približno 60 ur. Pri vseh treh dogodkih so pretoki pri v. p. Moste pred začetkom naraščanja znašali okoli $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ali manj. Pri poplavnih dogodkih s predhodno namočenostjo so začetni pretoki višji (okoli $80 \text{ m}^3/\text{s}$ ali več), največja naraščanja do konic pa približno 48 ur.

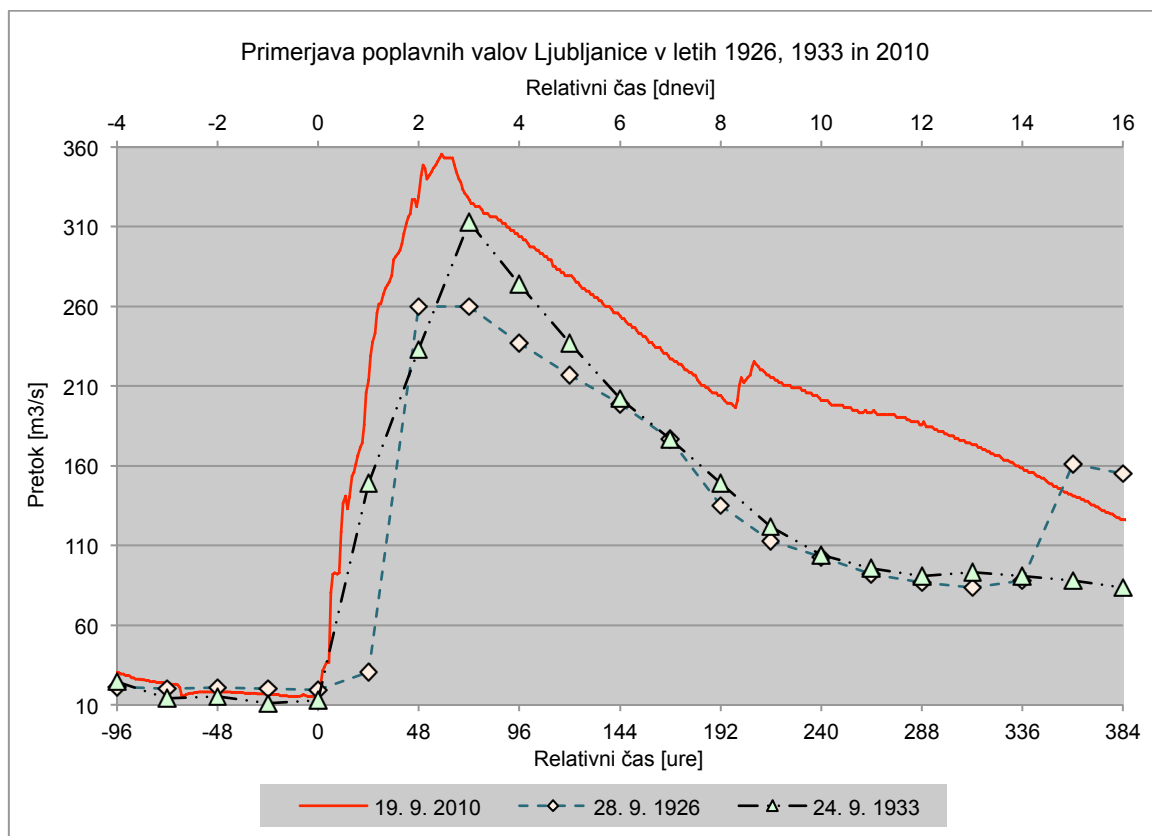
Upadajoči deli hidrogramov Ljubljane imajo zelo podoben naklon (slike 99-101). Pri doseženih pretočnih konicah okoli $300 \text{ m}^3/\text{s}$ ali več in ob pogoju, da po doseženih konicah ni novih padavin, pretoki pri v. p. Moste upadejo na $150\text{--}170 \text{ m}^3/\text{s}$ v približno 6–8 dneh (npr. ob poplavnih dogodkih 1. novembra 1990, 20. novembra 1991, 23. oktobra 1993 in 5. novembra 1998).

Razlike med poplavnimi dogodki brez predhodne namočenosti in poplavnimi dogodki s predhodno namočenostjo v pretočnih konicah niso jasno izražene (slike 100 in 101). Predhodna namočenost je delno nakazana v večjih pretokih pred začetkom poplavnih valov in v nekoliko krajših časih naraščanja pretokov do konic pri manjših intenzitetah padavin (slika 97). Večdnevna deževja ali nalivi s kratkimi vmesnimi prekinitvami povzročijo odvisne visokovodne konice (primer dogodkov v letih 1979, 1990 in 1991) in večje volumne odtokov ter postopno večanje pretokov, ki lahko presegajo $150 \text{ m}^3/\text{s}$ tudi po 12 dni (leta 1990 in 1991).

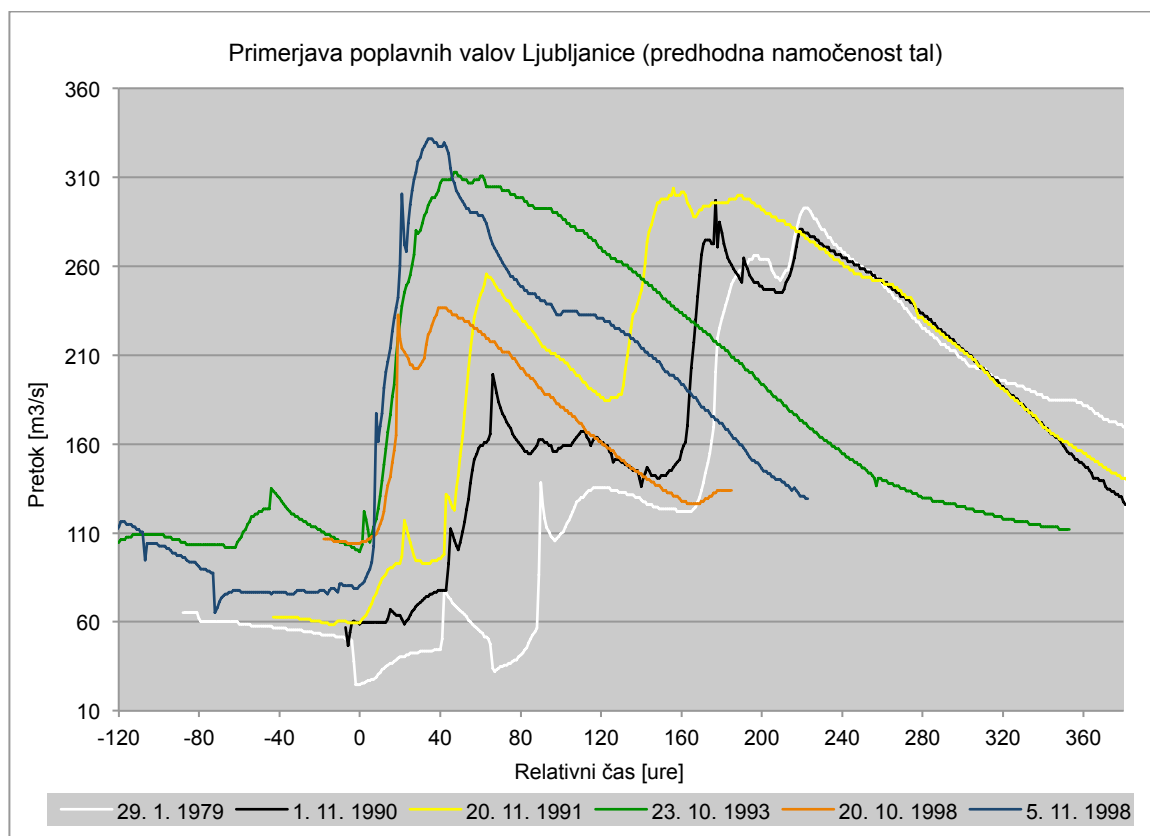
Po najvišjih dnevnih intenzitetah padavin (povprečne dnevne padavine na porečju, določene po metodi Thiessenovih poligonov), trajanju in visokovodnih konicah so primerljivi dogodki v letih 1933, 1993, 1998 (5. november) ter 2010. Za te dogodke so značilne najvišje dnevne intenzitete padavin od 82 mm do 121 mm ter visokovodne konice $310 \text{ m}^3/\text{s}$ ali več. Dogodki v letih 1979, 1990 in 1991, za katere so značile dalj časa trajajoče padavine in odvisne visokovodne konice, pa so tako po najvišjih dnevnih intenzitetah padavin (med 49 mm in 56 mm) kot po pretočnih konicah (manj kot $310 \text{ m}^3/\text{s}$) manj ekstremni.



Slika 99: Primerjava poplavnih valov Ljubljance (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015e)



Slika 100: Primerjava poplavnih valov Ljubljance (ni predhodne namočenosti) (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015e)



Slika 101: Primerjava poplavnih valov Ljubljane (predhodna namočenost) (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015e)

Preglednica 53: Primerjava hidroloških značilnosti poplavnih dogodkov na porečju Ljubljane.

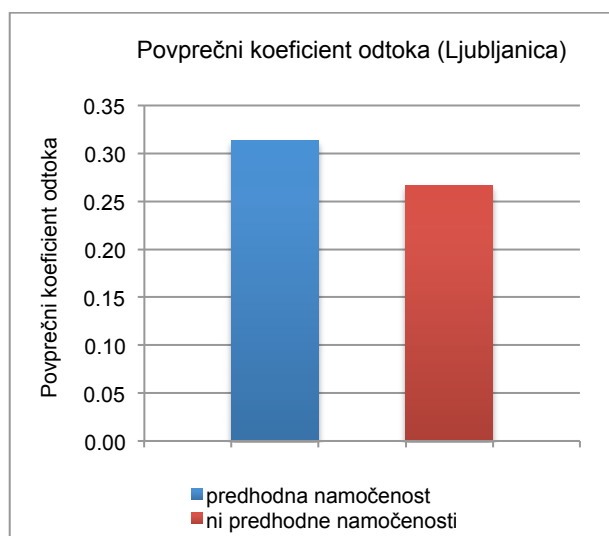
| | Pretočna konica | Volumen površinskega odtoka | Višina padavin | Najvišje dnevne intenzitete padavin | Trajanje vala | Koeficient površinskega odtoka | Predhodna namočenost |
|--------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------|--|------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | [m ³ /s] | [mm] | [mm] | [mm] | [dni] | | |
| 28. 9. 1926 | 260 | 47,8 | 244,4 | 121,2 | 9 | 0,2 | ne |
| 24. 9. 1933 | 313 | 67,6 | 313 | 84,2 | 10 | 0,27 | ne |
| 29. 1. 1979* | 293 | 93,2 | 199,4 | 48,9 | 18 | 0,47 | da |
| 1. 11. 1990 | 297 | 73 | 213,9 | 54,0 | 14 | 0,34 | da |
| 20. 11. 1991 | 304 | 90 | 266,8 | 55,8 | 14 | 0,34 | da |
| 23. 10. 1993 | 313 | 59,2 | 181,2 | 93,5 | 9 | 0,33 | da |
| 20. 10. 1998 | 245 | 19,9 | 80,2 | 41,1 | 6 | 0,25 | da |
| 5. 11. 1998 | 332 | 45,4 | 145,8 | 82,1 | 8 | 0,31 | da |
| 19. 9. 2010 | 355 | 105,6 | 324,5 | 120,8 | 14 | 0,33 | ne |

Za Ljubljano so, zaradi kraških lastnosti porečja, značilni v povprečju nižji koeficienti odtoka kot za Gradaščico in Iško z delno hudourniški lastnostmi porečij. Koeficienti površinskega odtoka za dogodke brez predhodne namočenosti so v povprečju nižji kot pri dogodkih s predhodno namočenostjo (preglednica 53). Povprečni koeficient površinskega odtoka za dogodke brez predhodne namočenosti znaša 0,27, za dogodke s predhodno namočenostjo pa 0,34. Leta 1979 je taljenje snežne odeje povečalo volumen površinskega odtoka in posledično koeficient odtoka.

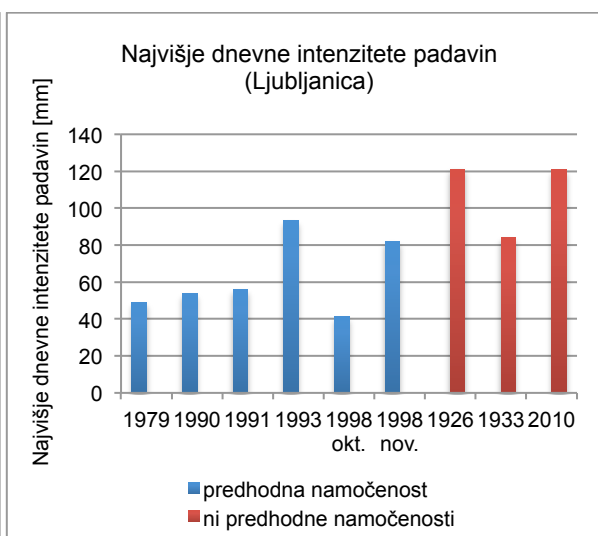
Najvišje dnevne intenzitete padavin so bile v letih 1926 (121,2 mm) in 2010 (120,8 mm). Pri dogodkih brez predhodne namočenosti se morajo najprej napolniti podzemne vodne poti, zato je do poplav prišlo ob padavinah z večjimi dnevnimi intenzitetami kot pri dogodkih s predhodno namočenostjo. Tudi celotne višine padavin so pri dogodkih brez predhodne namočenosti med najvišjimi: 324,5 mm leta 2010, 313 mm leta 1933 in 244,4 mm leta 1926 (preglednica 53), ko je najbolj poplavljalna Gradaščica, ki ima večji površinski odtok, zato je bila kritična količina padavin manjša. Pri dogodkih s predhodno namočenostjo pa so celotne količine padavin večinoma manjše, poplave srednjega obsega na Ljubljanskem barju so bile v oktobru 1998 že zaradi 80,2 mm padavin, pri ostalih dogodkih pa so se gibale med približno 150 mm in 250 mm.

Pri dogodkih s predhodno namočenostjo na porečju Ljubljane so bile kritične manjše količine padavin kot pri dogodkih brez predhodne namočenosti, koeficienti odtoka pa so bili v povprečju večji (sliki 102 in 103). Pri teh dogodkih je tudi močna korelacija med volumnom neposrednega padavinskega odtoka in višino padavin (slika 104), ker je kraško porečje že zasičeno z vodo in je sposobnost zadrževanja ob dodatnih padavinah majhna. Pri dogodkih brez predhodne namočenosti pa je ta odvisnost, sicer na minimalnem vzorcu, nekoliko šibkejša, vendar smiselna, saj se sprva polnijo podzemne kapacitete. Enako velja tudi za odvisnost koeficienta neposrednega padavinskega odtoka od višine padavin (slika 105).

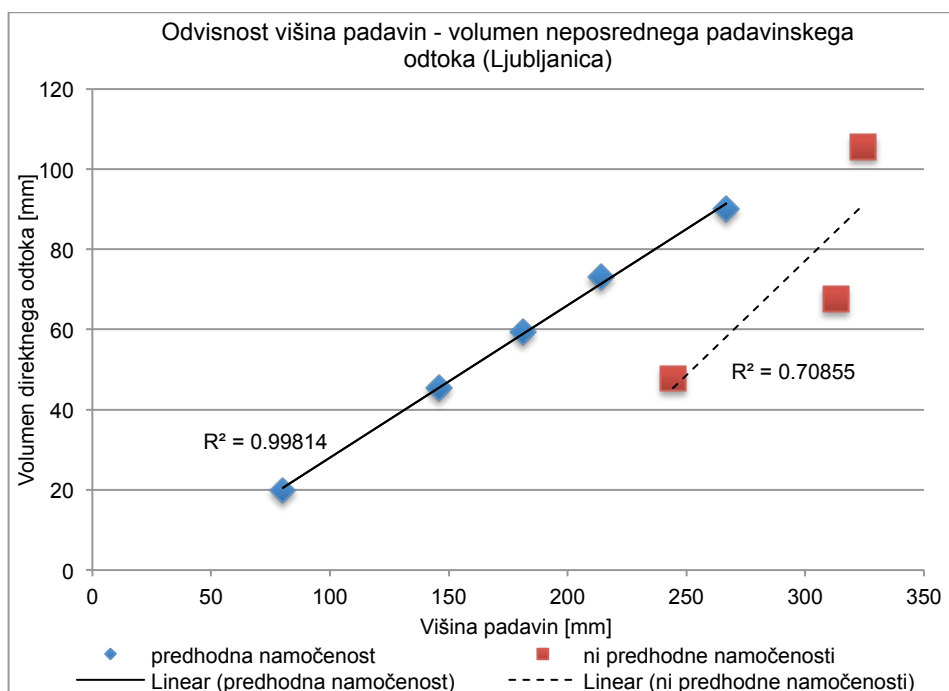
Pri paru volumen neposrednega padavinskega odtoka in pretok pa je korelacija izražena pri dogodkih brez predhodne namočenosti (slika 106). V primerih brez predhodne namočenosti tal pride do poplavljanja le ob zelo visokih padavinah, ki presegajo sposobnost zadrževanja vode na porečju, zato so značilni tudi veliki pretoki. V primerih s predhodno namočenostjo pa je sposobnost zadrževanja vode na porečju manjša, pretoki Ljubljane pa so že povišani, zato lahko že manj izdatne kratkotrajne padavine in hudourniški pritoki Ljubljane hitro povečajo pretoke pri v. p. Moste. Če pa so padavine dolgotrajne in brez močnih nalivov, kot na primer v letih 1990 in 1991, so lahko volumni neposrednih odtokov nekoliko večji, pri tem pa pretočne konice niso ekstremno visoke.



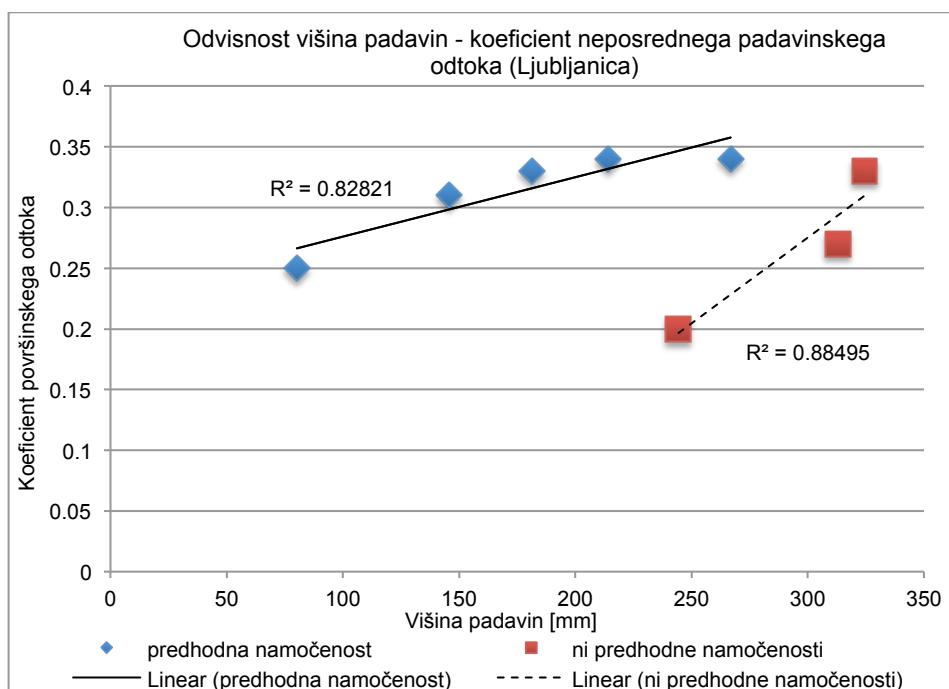
Slika 102: Povprečni koeficient površinskega odtoka za porečje Ljubljane



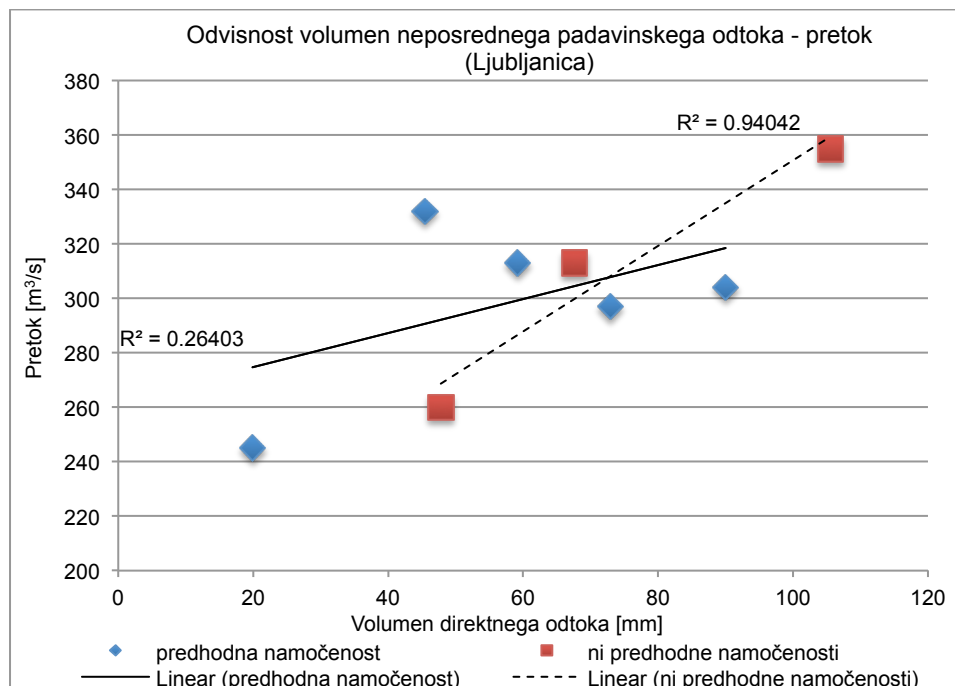
Slika 103: Povprečne višine padavin za dogodke na porečju Ljubljane



Slika 104: Odvisnost volumna neposrednega padavinskega odtoka od višine padavin za porečje Ljubljane



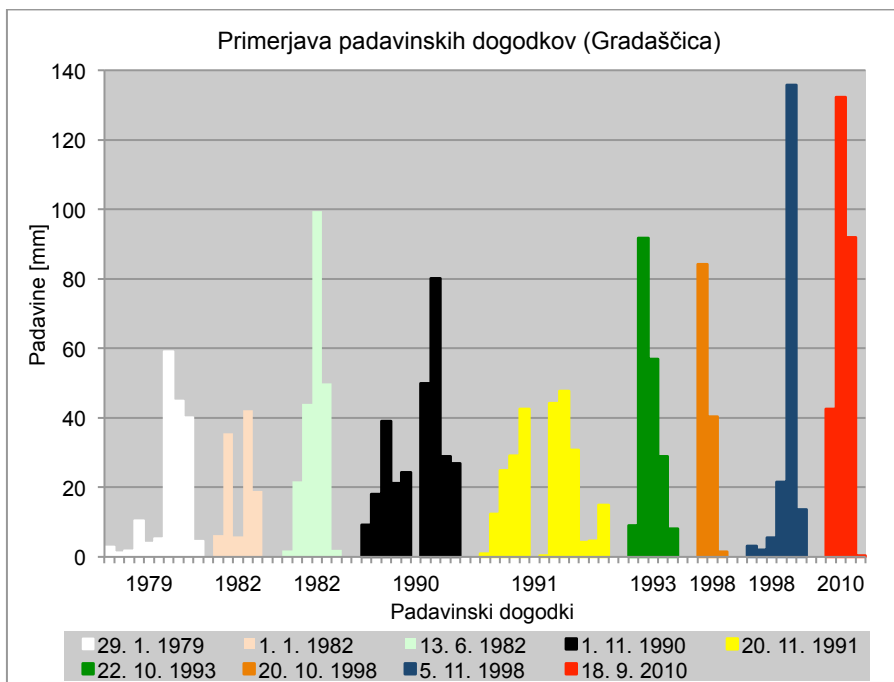
Slika 105: Odvisnost koefficienta neposrednega padavinskega odtoka od višine padavin za porečje Ljubljane



Slika 106: Odvisnost pretoka od volumna neposrednega padavinskega odtoka za porečje Ljubljane

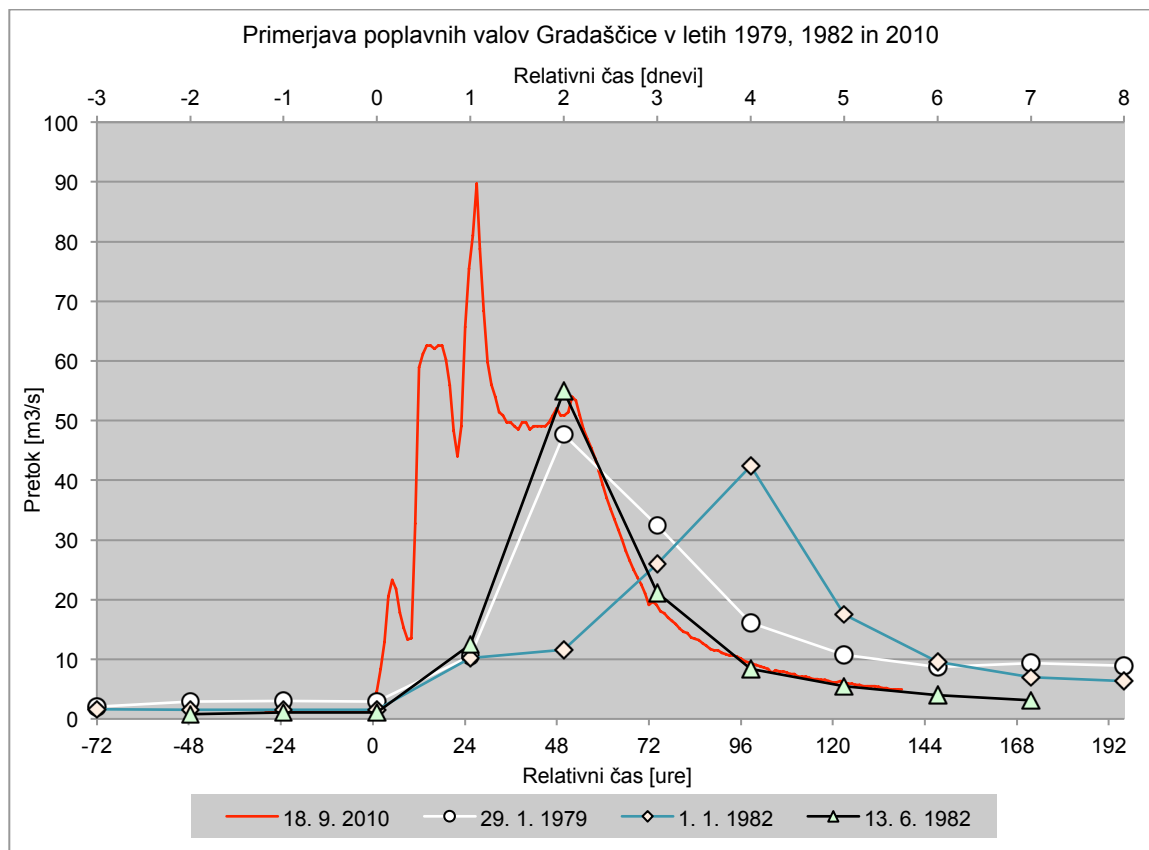
6.2 Poplavni dogodki na porečju Gradaščice

Slika 107 prikazuje analizirane padavinske dogodke na prispevni površini vodomerne postaje Dvor. Do padavinskih dogodkov v dneh okrog 13. junija 1982 in 18. septembra je prišlo po suhem obdobju, torej ni bilo predhodne namočenosti. Padavine so bile močne, dnevne vrednosti so dosegle slabih 100 mm v letu 1982 in dobrih 132 mm v letu 2010. Ob teh padavinskih dogodkih sta bila dosežena tudi največja pretoka Gradaščice s 65,4 m³/s (junij 1982) in 89,7 m³/s (september 2010). Velike dnevne količine padavin izkazuje tudi 5. november 1998, vendar so vrednosti precenjene, kot je pojasnjeno v poglavju 5.8. Višine padavin v letih 1993 in 2010 so podobne višinam padavin na prispevni površini v. p. Moste, v letih 1990 in 1998 so višje, v letu 1991 pa nekoliko nižje. Pretočna konica Gradaščice 1. novembra 1990 je po velikosti tretja največja pretočna konica analiziranih dogodkov na v. p. Dvor, pretočna konica 20. novembra 1991 pa spada med najnižje izmed analiziranih. Zaradi večjega površinskega odtoka in hudourniških lastnosti so pretoki in volumni valov Gradaščice odvisni predvsem od količine padavin in manj od predhodne namočenosti.

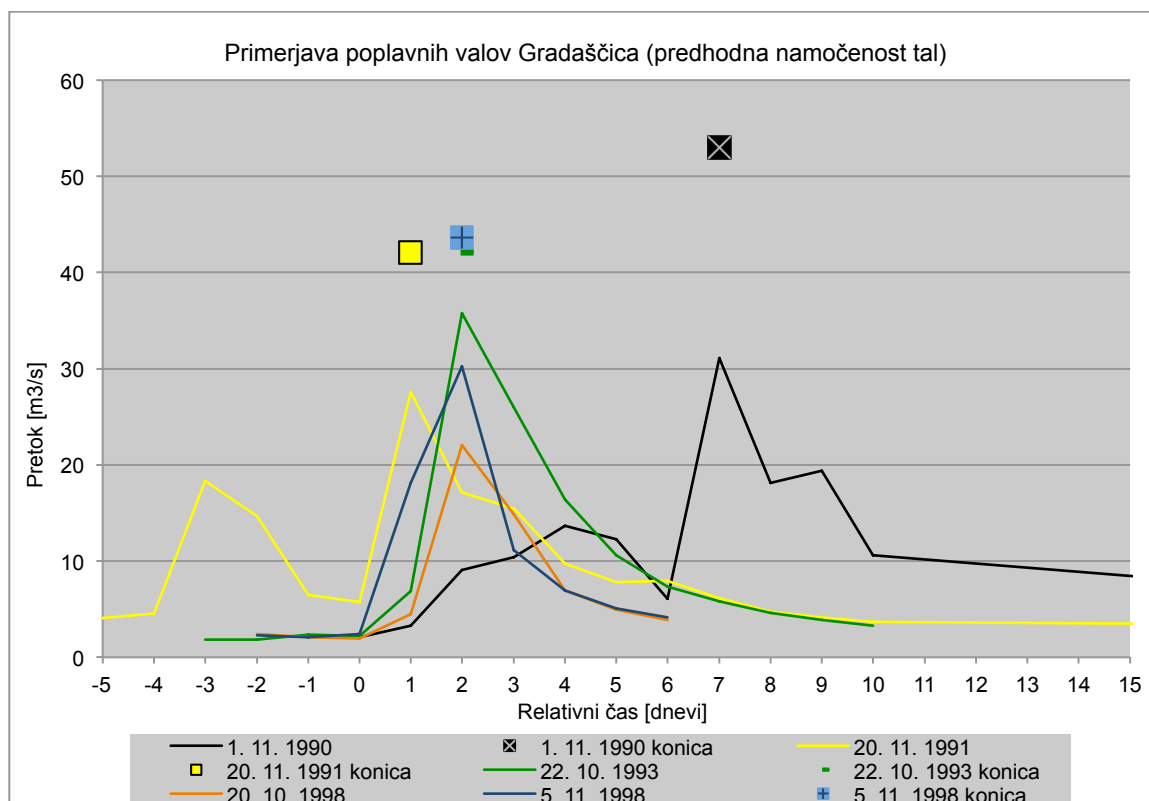


Slika 107: Večji padavinski dogodki na porečju Gradaščice, ki so povzročili poplavne dogodke (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015d)

Hidrogrami izbranih dogodkov Gradaščice so primerjani na slikah 108 in 109. Pretočne konice Gradaščice analiziranih dogodkov dosegajo vrednosti med okoli 40 in 65 m³/s, z izjemo pretoka 89,7 m³/s iz leta 2010, ki je bil določen s hidravlično študijo. Naraščanje pretokov Gradaščice je hitrejše od naraščanja pretokov Ljubljane in bolj odzivno na nalive, kot kaže hidrogram za v. p. Dvor 18. septembra 2010 (slika 108). Pri dogodkih brez snežne odeje pretoki Gradaščice narastejo do pretočne konice v manj kot 48 urah. Pri dogodkih s taljenjem snežne odeje v dneh pred nastopom pretočnih konic (29. januar 1979 in 1. januar 1982) pa pretoki narastejo nekoliko počasneje. Pri vseh analiziranih dogodkih pretoki pri v. p. Dvor po doseženih konicah upadejo na manj kot 10 m³/s najkasneje v 4 dneh.



Slika 108: Primerjava poplavnih valov Gradaščice (ni predhodne namočenosti) (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015a)



Slika 109: Primerjava poplavnih valov Gradaščice (predhodna namočenost) (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015a)

Preglednica 54: Primerjava hidroloških značilnosti poplavnih dogodkov Gradašnice.

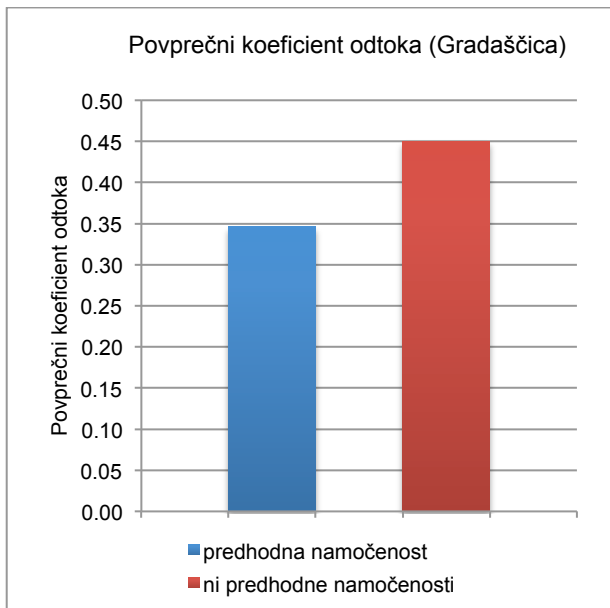
| | Pretočna konica | Volumen površinskega odtoka | Višina padavin | Najvišje dnevne intenzitete padavin | Trajanje vala | Koeficient površinskega odtoka | Predhodna namočenost |
|--------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------|--|------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | [m ³ /s] | [mm] | [mm] | [mm] | [dni] | | |
| 29. 1. 1979* | 51,6 | 95,6 | 175 | 59,2 | 6 | 0,55 | ne |
| 1. 1. 1982* | 50,8 | 105,2 | 108,9 | 42,2 | 7 | 0,97 | ne |
| 13. 6. 1982 | 65,4 | 89,6 | 219 | 99,4 | 5 | 0,41 | ne |
| 1. 11. 1990 | 53 | 114,9 | 298,0 | 80,2 | 11 | 0,39 | da |
| 20. 11. 1991 | 42,1 | 44,2 | 127,3 | 47,6 | 5 | 0,35 | da |
| 22. 10. 1993 | 42,1 | 75 | 194,5 | 91,8 | 6 | 0,39 | da |
| 20. 10. 1998 | n. p. | 40,5 | 126 | 84,2 | 5 | 0,32 | da |
| 5. 11. 1998 | 43,6 | 53,3 | 181,7 | 135,8 | 5 | 0,29 | da |
| 18. 9. 2010 | 89,7 | 130,4 | 266,8 | 132,3 | 4 | 0,49 | ne |

Zaradi hudourniških lastnosti porečja so za Gradašnico značilni večji površinski odtok in koeficienti površinskega odtoka. Dogodka iz januarja 1979 in 1982 imata bistveno večji koeficient odtoka zaradi taljenja snežne odeje, ki je bila v Polhograjskem hribovju debelejša od snežne odeje drugod po porečju Ljubljane (preglednica 54).

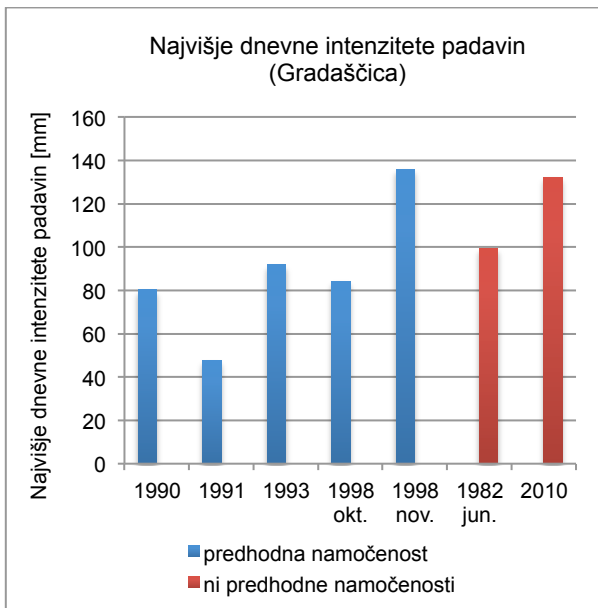
Najvišje dnevne intenzitete padavin dogodkov brez predhodne namočenosti so v večini primerov večje kot pri dogodkih s predhodno namočenostjo. Izstopa le dogodek 5. novembra 1998, ko so bile dnevne meritve padavin precenjene (poglavje 5.8). Po suhem obdobju se del padavin infiltrira v tla, del padavin pa prestreže vegetacija, zato so za dogodke brez predhodne namočenosti značilne višje intenzitete padavin. Vpliv predhodne namočenosti na koeficient površinskega odtoka pri porečju Gradašnice ni izražen (slika 110), vendar poudarjamo, da je bil vpliv predhodne namočenosti v tej nalogi subjektivno ocenjen glede na razporeditev in količino predhodnih padavin. Povečanje začetnih pretokov⁸ pri v. p. Dvor tudi ni izraženo, zato sklepamo, da v povirju Gradašnice vplivajo na povečanje predhodne namočenosti le padavine tik pred poplavnimi dogodki, kar je posledica reliefa in geoloških lastnosti tal (Kobold, 2016). Za porečje Gradašnice so značilni precejšnji nakloni (Batagelj, 2014), zaradi česar je površinski odtok hitrejši.

Korelacija med višinami padavin ter volumnom neposrednega padavinskega odtoka (slika 112) je visoka, ker je površinski odtok na porečju večji kot pri porečju Ljubljane. Zaradi manjše prispevne površine in hudourniških lastnosti porečja pretoki hitro narastejo in tudi hitro upadejo in so manj odvisni od prehodne namočenosti kot pri porečju Ljubljane, zato je korelacija med volumnom površinskega odtoka in pretokom (slika 113) večja kot pri Ljubljani. Po velikosti pretočnih konic sta dogodka iz januarja 1979 in januarja 1982 bolj podobna dogodkom s predhodno namočenostjo tal zaradi večdnevnega taljenja snežne odeje, ki je enakomerno povečevalo pretoke, ostala dogodka brez predhodne namočenosti pa izstopata po velikosti pretočnih konic, ker so bile povprečne dnevne padavine večje (slika 111).

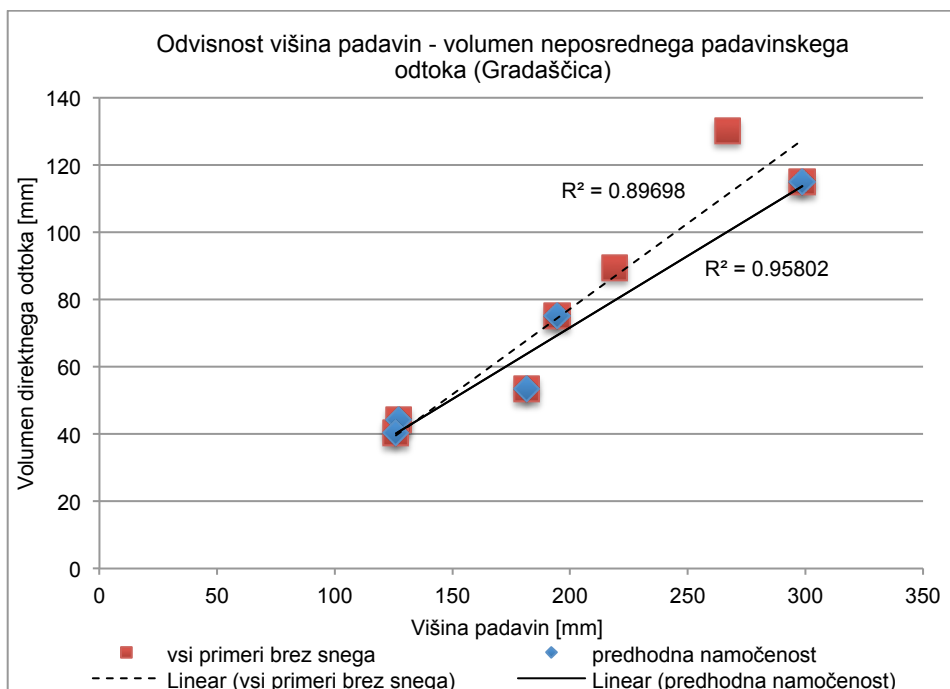
⁸ pretoki pred začetkom naraščanja poplavnih valov



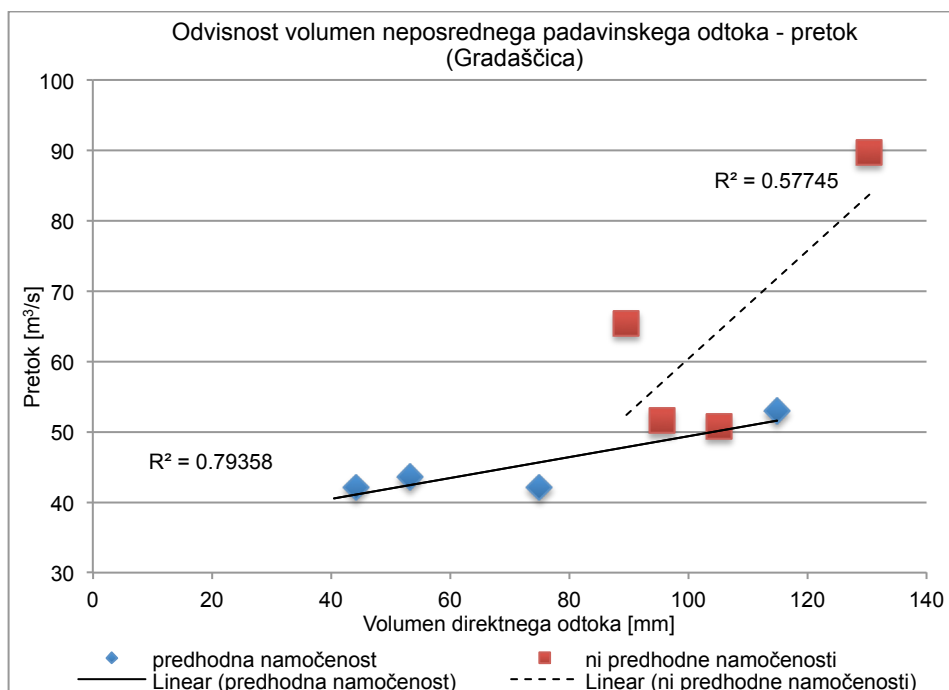
Slika 110: Povprečni koeficient površinskega odtoka za Gradaščico



Slika 111: Povprečne višine padavin za dogodke na Gradaščici



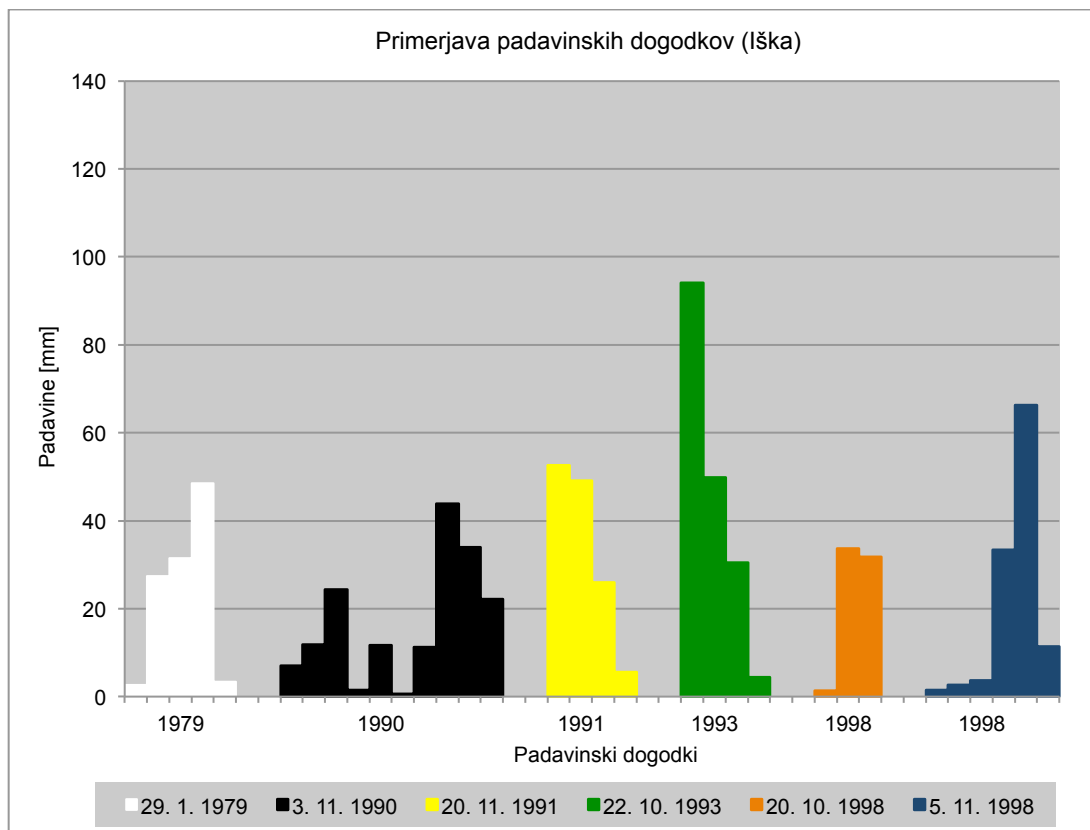
Slika 112: Odvisnost volumna neposrednega padavinskega odtoka od višine padavin za Gradaščico



Slika 113: Odvisnost pretoka od neposrednega padavinskega odtoka za Gradaščico

6.3 Poplavni dogodki na porečju Iške

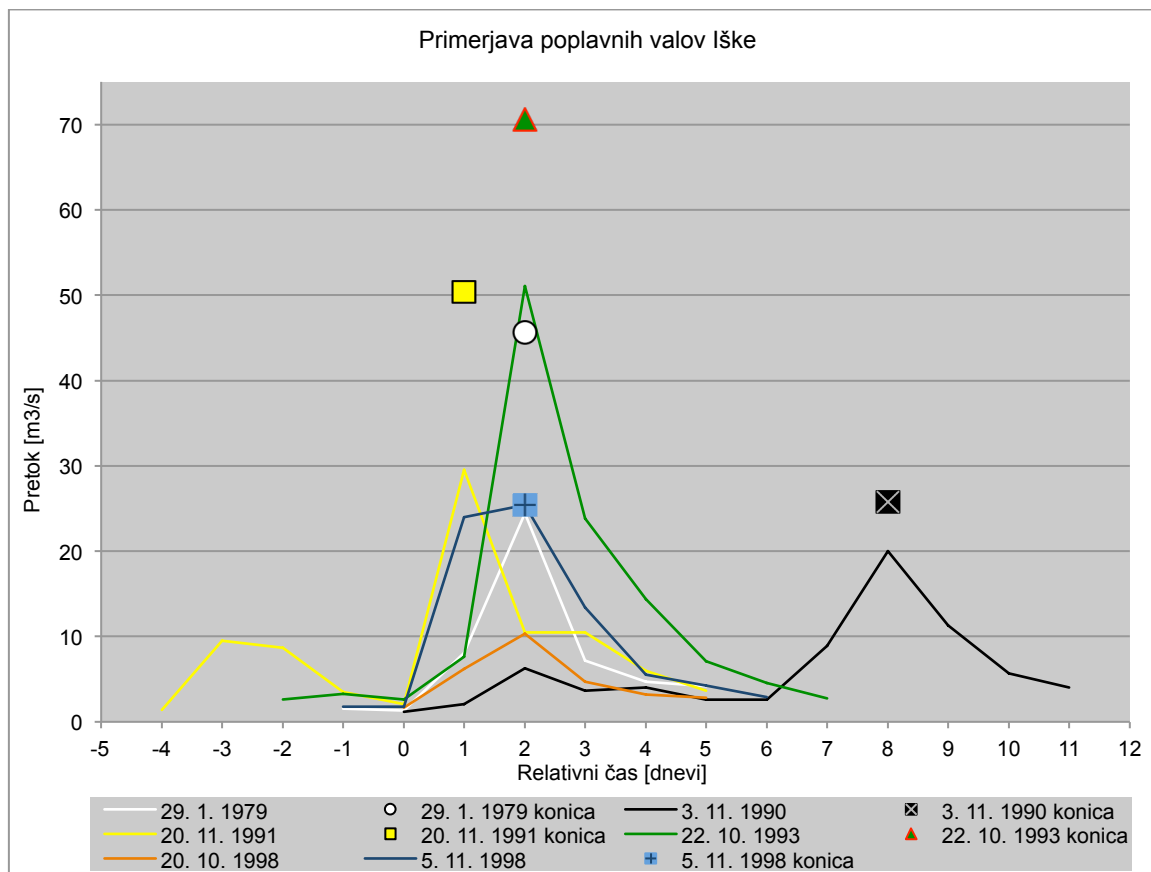
Analizirani padavinski dogodki za Iško so po količini padavin podobni padavinskim dogodkom za Ljubljano (slika 114). Največje dnevne količine padavin so bile v letih 1991, 1993 in 1998 (5. november). Pretočni konici v letih 1991 in 1993 to potrjujeta, za dogodek 5. novembra 1998 pa zveza ni jasno ugotovljena.



Slika 114: Večji padavinski dogodki na porečju Iške, ki so povzročili poplavne dogodke (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015d)

Za pretoke Iške so na voljo le podatki z dnevno ločljivostjo (slika 115). Največji pretočni konici Iške znašata $50,4 \text{ m}^3/\text{s}$ in $70,6 \text{ m}^3/\text{s}$ v letih 1991 in 1993, ko so bile padavine na porečju Iške bolj intenzivne. Leta 1998 so bile padavine prav tako intenzivne, saj je v dveh dneh padlo skupaj slabih 100 mm padavin, vendar hidrogram Iške tega ne odraža (morda gre za napako v podatkih).

Od začetnih pretokov, ki so manjši od $10 \text{ m}^3/\text{s}$, so pretočne konice analiziranih dogodkov na Iški dosežene v 1 dnevu ali manj, nato pa pretoki upadejo na podobne vrednosti v 2–3 dneh (slika 115).



Slika 115: Primerjava poplavnih valov Iške (vir podatkov: Agencija RS za okolje, 2015a)

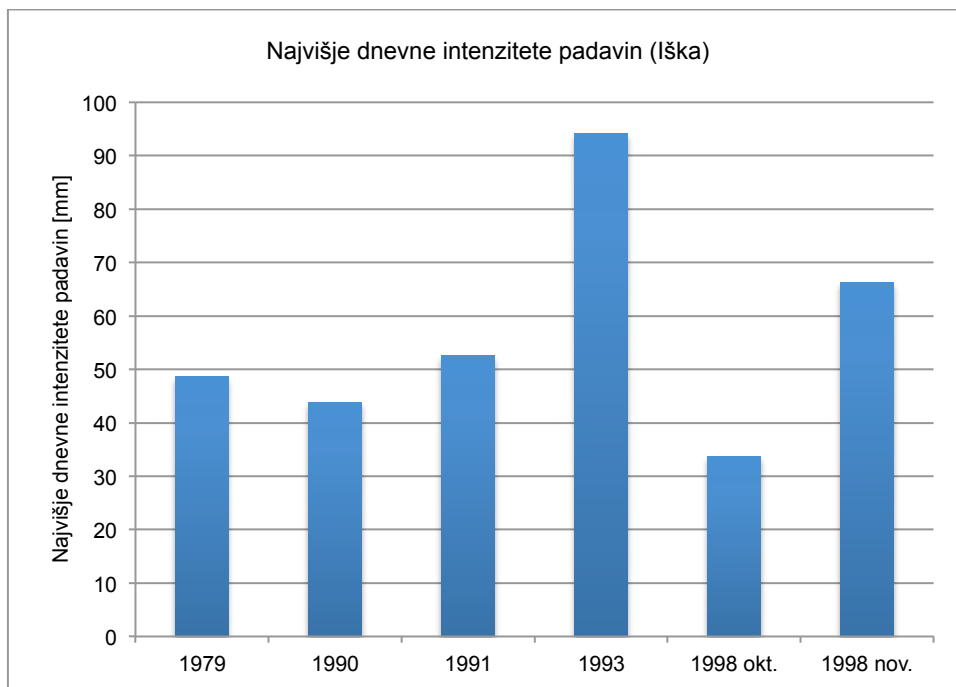
Preglednica 55: Primerjava hidroloških značilnosti poplavnih dogodkov Iške.

| | Pretočna konica | Volumen površinskega odtoka | Višina padavin | Najvišje dnevne intenzitete padavin | Trajanje vala | Koeficient površinskega odtoka | Predhodna namočenost |
|--------------|---------------------|-----------------------------|----------------|-------------------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------|
| | [m ³ /s] | [mm] | [mm] | [mm] | [dni] | | |
| 29. 1. 1979* | 45,7 | 30,6 | 113,5 | 48,6 | 4 | 0,27 | ne |
| 3. 11. 1990 | 25,8 | 40,1 | 168,2 | 43,8 | 5 | 0,24 | da |
| 20. 11. 1991 | 50,4 | 55,8 | 133,4 | 52,6 | 4 | 0,42 | da |
| 22. 10. 1993 | 70,6 | 89,3 | 178,7 | 94,1 | 5 | 0,5 | da |
| 20. 10. 1998 | n. p. | 17,5 | 67,1 | 33,7 | 4 | 0,26 | da |
| 5. 11. 1998 | 25,4 | 72,2 | 118,9 | 66,3 | 5 | 0,61 | da |

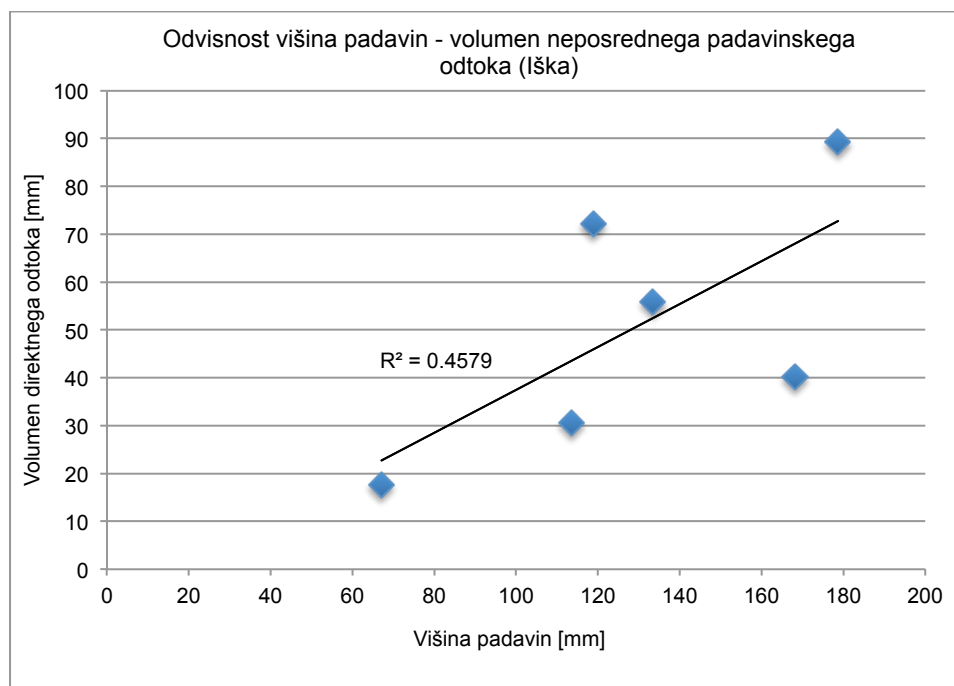
V preglednici 55 so podane hidrološke značilnosti poplavnih dogodkov Iške. Povprečne dnevne padavine so bile za porečje Iške nekoliko drugačne kot za porečje Gradašnice (slika 116). Padavine v novembru 1993 so bile prostorsko enakomerno porazdeljene, saj so povprečne dnevne padavine za ta poplavni dogodek med največjimi na vseh treh porečjih. Iška je ob tem dogodku s 70,6 m³/s dosegla največjo izmed vseh analiziranih pretočnih konic. Izdatne padavine so bile na porečju Iške še v letu 1991, nasprotno od porečja Gradašnice pa so bile povprečne dnevne padavine manjše v novembru 1990 in v oktobru 1998.

Odvisnost volumna neposrednega padavinskega odtoka od skupne višine padavin na analiziranih podatkih Iške ni jasno izražena (slika 117), kar bi lahko bila posledica razlik v predhodni namočenosti tal med posameznimi dogodki ter neskladij meritev dnevnih količin

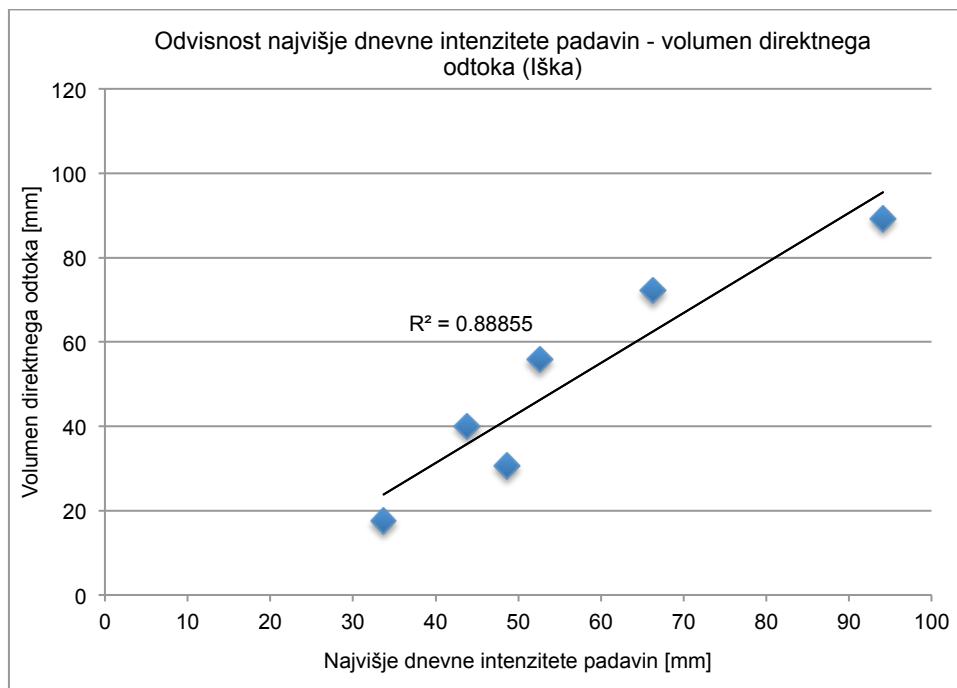
padavin z dejanskimi količinami padavin ob dogodku 5. novembra 1998 (razlike v meritvah dnevnih in kumulativnih urnih količin padavin so bile pri tem dogodku ugotovljene za Ljubljano in Postojno v poglavju 5.8). Korelacija pa je očitna med najvišjimi dnevnimi intenzitetami padavin in volumnom neposrednega padavinskega odtoka (slika 118), kar je skladno s hudourniškimi lastnostmi porečja Iške: velik padec dna struge (predvsem v zgornjem toku, za katerega so značilni številni tolmeni in kaskade) ter hiter površinski odtok.



Slika 116: Povprečne višine padavin za dogodke na Iški



Slika 117: Odvisnost volumna neposrednega odtoka od višine padavin za Iško



Slika 118: Odvisnost pretoka od volumna neposrednega odtoka za lško

7. ZAKLJUČKI

Pregled večjih poplavnih dogodkov na Ljublanici je pokazal, da so pogoji za nastanek poplav Ljublanice večdnevna deževja ali padavinski dogodki, ki sledijo mokremu obdobju, ter osamljeni močni padavinski dogodki. K predhodnim padavinam spadajo tudi padavine v obliki snega, ki se zadržijo na površju, nato pa ob otoplitvi in dodatnih deževnih padavinah odtečejo po porečju. Ob izredno neugodni časovni in prostorski razporeditvi padavin bi na poplavljanje Ljublanice z zaježbo lahko vplivala tudi Gradaščica (Dobravec, 2007; Globevnik et al. 2013; Batagelj, 2014). Poplavljanje Gradaščice in Iške, ki imata bistveno hitrejši površinski odtok, pa pogojujejo predvsem padavinski dogodki krajšega trajanja in visokih intenzitet.

Glavni vzroki za poplavljanje Ljublanice na Ljubljanskem barju so trajanje in količina padavin ter predhodna namočenost tal. Daljša strnjena deževja ali razporejenost padavin v daljšem obdobju (več dni ali tednov) z vmesnimi prekinitvami povzročijo postopno zbiranje in zadrževanje vode na porečju Ljublanice. Na območjih porečja, kjer tla izkazujejo kraške lastnosti, se padavine sprva infiltrirajo in akumulirajo v podtalnih vodnih poteh, s tem pa se povečuje namočenost tal. Če temu sledijo močni nalivi ali obilnejše deževje, je sposobnost retenzije voda na porečju zmanjšana, zato pride do hitrejšega povečanja neposrednega odtoka in naraščanja gladine vodotoka. Drug vzrok za poplavljanje Ljublanice pa so osamljeni padavinski dogodki z visoko intenziteto, ki trajajo nekaj dni. V tem primeru je količina padavin tako velika, da preseže sposobnost porečja za zadrževanje vode. Količine padavin v nekajdnevni padavinskih dogodkih, ki povzročijo poplavljanje Ljublanice, se pri analiziranih dogodkih s predhodno namočenostjo gibljejo približno med 150 mm in 250 mm, pri dogodkih brez predhodne namočenosti pa so večje od 300 mm.

Kraški pojavi in velikost porečja povzročijo zakasnitev odtekanja zadržanega dela voda, zato pretoki Ljublanice počasi upadajo, kar podaljša trajanje poplav na Ljubljanskem barju. Poplave na Ljubljanskem barju, ki jih povzroči Ljublanica, trajajo več dni, lahko tudi nekaj tednov (Batagelj, 2014).

K poplavni ogroženosti Ljubljanskega barja z južne strani prispevajo tudi hudourniški pritoki s Krimskega hribovja, kot sta Iška in Borovniščica. Kot levi pritok se s severne strani v Ljublanico izliva Gradaščica, ki poplavno najbolj ogroža jugozahodne predele Ljubljane. Tako za Iško kot za Gradaščico je značilen hiter površinski odtok, zato so vzrok za njuno poplavljanje predvsem padavine z visoko intenziteto, ko vsote nekajdnevni padavin znašajo več kot 100 mm (Iška) oziroma več kot 200 mm (Gradaščica). Po nekaterih virih začne Gradaščica poplavljanje, ko na območju Polhograjskega hribovja v približno od 12 do 24 urah pade med 100 in 150 mm padavin (Batagelj, 2014). Poleg hitrega naraščanja in upadanja pretokov je značilna hudourniška lastnost obeh vodotokov velika razlika med srednjimi pretoki in pretočnimi konicami.

Najbolj neugodna kombinacija padavin je močan padavinski dogodek po dlje časa trajajočih zmernih padavinah ali po večjih predhodnih padavinskih dogodkih, ko je retenzijska sposobnost tal zaradi namočenosti bistveno zmanjšana (Batagelj, 2014). Kadar je porečje Ljublanice močno namočeno zaradi predhodnih deževij, je pretok pri v. p. Moste povečan,

vsaki dodatni nalivi pa predstavljajo nevarnost za hitro povečanje pritokov, kot sta Gradaščica in Iška. Ob povečanih pretokih Ljubljanice, ki ima med Vrhniko in Ljubljano zelo majhnen padec dna, lahko, ob neugodni časovni in prostorski razporeditvi padavin, visok pritok Gradaščice povzroči zaježbo Ljubljanice in s tem poveča verjetnost za nastanek poplav na Ljubljanskem barju (Dobravc, 2007; Globevnik et al., 2013; Batagelj, 2014). Z vidika poplavne nevarnosti je neugodna tudi ravninska morfologija Ljubljanskega barja, ki omogoča razlivanje voda v širšem obsegu. Primer poplave v večjem obsegu na Ljubljanskem barju zaradi izdatnih padavin po predhodnih večkratnih padavinskih dogodkih je dogodek 5. novembra 1998.

Največja verjetnost za nastop večjih poplav na Ljubljanskem barju je v jesenskem letnem času. Izmed devetih analiziranih poplavnih dogodkov Ljubljanice so bili po trije v septembru in novembru, dva v oktobru in en v januarju, ko je do poplavljanja prišlo zaradi taljenja snežne odeje v kombinaciji z deževnimi padavinami. Zaradi taljenja snežne odeje je do dveh januarskih poplavnih dogodkov prišlo tudi na Gradaščici, en dogodek se je zgodil v juniju, en v septembru, dva v oktobru ter trije v novembru. Pri poplavljanju Iške po številu prevladujejo trije dogodki v novembru, dva sta bila v oktobru in en v januarju zaradi taljenja snežne odeje. Trend podnebnih sprememb, ki kaže na vse pogostejša in močnejša deževja v jeseni, stalno posodabljanje površine Ljubljanskega barja ter velik škodni potencial zaradi širjenja naselij, so potencialni vzroki za vedno hujše poplave na tem območju.

Vse analize, ki so bile v tej nalogi narejene, slonijo na hidroloških meritvah. Podatki o pretokih in padavinah so predstavljali glavni problem pri izdelavi analiz, saj za nekatere visokovodne dogodke niso bili na razpolago v celoti ali pa so bili dostopni le podatki z dnevnimi vrednostmi, ki za podrobnejše analize ne zadoščajo. Pri meritvah pretokov Ljubljanice pri v. p. Moste so na voljo podatki z urno ločljivostjo za pretekla štiri desetletja, vendar ne za vsa leta, pri meritvah pretokov Gradaščice pri v. p. Dvor so taki podatki na voljo za zadnjih nekaj let, pri meritvah pretokov Iške pri v. p. Iška pa podatki z urno ločljivostjo niso razpoložljivi. Različna časovna ločljivost podatkov je otežila primerjavo dogodkov iz preteklosti z dogodki v zadnjih letih. Pogoji za primerjavo dogodkov so tudi konsistentne meritve padavin na izbranih padavinskih postajah. Prenehanje delovanja postaj ali prekinitve v meritvah so izločile dovršen del padavinskih postaj, saj so bile za objektivno primerjavo dogodkov iz različnih let nujno potrebne meritve istih postaj. Meritev padavin z urno ločljivostjo je premalo, da bi bile vključene v analizo. Obstoječe meritve padavin z urno ločljivostjo so bile uporabljene za kontrolo meritev padavin z dnevno ločljivostjo, pri čemer so bila pri nekaterih dogodkih ugotovljena odstopanja. Za dogodke z začetka prejšnjega stoletja je meritev pretokov, padavin in pisnih zapisov bistveno manj kot za kasnejše dogodke, ko so se sistematične meritve izvajale na večjih vodomernih in padavinskih postajah. S stalnim posodabljanjem merilne mreže in merilne opreme so meritve Agencije RS za okolje vedno bolj natančne, kar omogoča vedno boljše analize. V analizo bi bilo dobro vključiti vodomerno postajo Bokalce na Gradaščici, ki se nahaja dolvodno od sotočja Gradaščice s svojim največjim pritokom, Horjulko. Prispevna površina vodomerne postaje Dvor zajema približno polovico površine porečja Gradaščice, z vodomerno postajo Bokalce pa bi zajeli večino površine porečja Gradaščice. Vodomerna postaja Bokalce leži tik pred razdelitvijo Gradaščice na Mestno Gradaščico in Mali graben, zato bi s tem zajeli celotno količino vode, ki teče proti Ljubljani, vendar postaja Bokalce deluje šele od leta 2005 naprej, torej ne omogoča analize dogodkov, ki so se zgodili pred letom 2005, zato meritve te postaje v nalogi niso uporabljene.

VIRI

Agencija RS za okolje. 2015a. Arhiv površinskih voda. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje.

http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php (Pridobljeno 29. 8. 2015.)

Agencija RS za okolje. 2015b. Mesečne statistike. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje.

http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html (Pridobljeno 29. 8. 2015.)

Agencija RS za okolje. 2015c. Atlas okolja. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje.

gis.arso.gov.si/atlasokolja (Pridobljeno 29. 8. 2015.)

Agencija RS za okolje. 2015d. Arhiv vremenskega portala. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje.

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/-webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydIJWbIR3LwVnaz9SYtVmYh9icIFGbt9SaulGduGxbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZuIWYnwCchJXYtVGdIJnOn0UQQdSf>; (Pridobljeno 15. 11. 2015.)

Agencija RS za okolje. 2015e. Interna baza podatkov ARSO. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje.

Agencija RS za okolje. 2015f. Vodna bilanca Slovenije 1971-2000. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje.

http://www.arso.gov.si/vode/poročila_in_publikacije/vodna_bilanca/vodna_bilanca.html (Pridobljeno 15. 11. 2015.)

Ban, Ž. 2012. Sonaravno gospodarjenje z Ljubljanico na območju Mestne občine Ljubljana. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta (samozaložba Ž. Ban): 85 f.

http://geo.ff.uni-lj.si/pisnadela/pdfs/dipl_201203_ziga_ban.pdf (Pridobljeno 24. 2. 2016.)

Bat, M. 1992. Visoka voda na Krki in Planinskem polju novembra 1991. Ujma 6: 15-18.

Bat, M., Dolinar, M., Frantar, P., et al. 2008. Vodna bilanca Slovenije 1971-2000. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje: 119 str.

Batagelj, V. 2014. Prostorski razvoj Ljubljanske urbane regije z vidika poplavnosti Ljubljanice. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta (samozaložba V. Batagelj): 293 f.

Bedeničič, U. 2011. Poplavna varnost Ljubljane in poplave septembra 2010. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Benedičič): 67 f.

Bertalanič, R., Demšar, M., Dolinar, et al. 2010. Spremenljivost podnebja v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje: 11 str.

Brilly, M., Mikoš, M., Šraj, M. 1999. Vodne ujme: varstvo pred poplavami, erozijo in plazovi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 186 str.

Brilly, M., Globevnik, L., Štravs, L., et al. 2004. Eksperimentalna porečja v Sloveniji. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2004: 47-59.

http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2005/SZGG_05_Brilly_et_al.pdf (Pridobljeno 30. 9. 2015.)

Brilly, M., Šraj, M. 2005. Osnove hidrologije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 309 str.

Černe, M., Ilc, U. 2007. Zagotavljanje poplavne varnosti Železnikov - koncept ureditve Selške Sore. 18. Mišičev vodarski dan: 50-56.

Dobravec, M. 2007. Ocena ogroženosti Mestne občine Ljubljana zaradi poplav. Ljubljana, Oddelek za zaščito, reševanje in civilno obrambo Mestne uprave Mestne občine Ljubljana: 44 str.

<http://www.ljubljana.si/si/mol/mestna-uprava/oddelki/zascita-resevanje-civilna-obramba/viri-ogrozanja/> (Pridobljeno 10. 11. 2015.)

Dolinar, M. 1999. Obilne padavine ob poplavah jeseni leta 1998. Ujma 13: 151-159.

http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2000/u_clanek19.pdf (Pridobljeno 20. 2. 2016.)

Dolinar, M., Klančar, M., Vertačnik, G. 2011. Ekstremne padavine ob poplavah septembra 2010 - primerjava s podobnima dogodkoma leta 1926 in 1933. Ujma 25: 57-68.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2011/057.pdf> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

Fazarinc, R. 2011. Analiza vpliva ureditev, predvidenih v sklopu dpn za zagotavljanje poplavne varnosti JZ dela Ljubljane, na Ljubljansko barje in spodnji tok Ljublanice. 22. Mišičev vodarski dan: 74-82.

Globevnik, L., Vidmar, A. 2010. Poplave na Ljubljanskem barju v septembru 2010. 21. Mišičev vodarski dan: 24-29.

<http://mvd20.com/LETO2010/R4.pdf> (Pridobljeno 20. 2. 2016.)

Globevnik, L., Rusjan, M., Vahtar, M. et al. 2013. Ljubljansko barje - moj navdih voda. 74 str.

http://www.ljubljanskobarje.si/uploads/datoteke/brosura_voda_net.pdf (Pridobljeno 5. 12. 2015.)

Google maps. 2015. Poplavna ravnica pred vodomerno postajo Dvor.

<https://www.google.si/maps/@46.0618555,14.3431321,18z> (Pridobljeno 14. 2. 2016.)

Gregorčič, B. (ur.), Kočvar, H. (ur.), Roškar, J. (ur.), Vogrinčič, V. (ur.) 2010. Projekt "Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji." Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje: 32 str.

http://www.arso.gov.si/o_agenciji/EU_sofinancira/Predstavitev_projekta.pdf (Pridobljeno 15. 11. 2015.)

Heco, D. 2015. Določanje parametra CN za manjše porečje. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Heco): 64 f. <http://drugg.fgg.uni-lj.si/5203/> (Pridobljeno 26. 1. 2016.)

Horvat, A., Papež, J. 1999. Vodna ujma na hudourniških območjih jeseni 1998. Ujma 13: 168-172.

Hribar, M. 2010. Iška: Digitalna enciklopedija naravne in kulturne dediščine na Slovenskem. <http://www.dedi.si/dediscina/380-iska> (Pridobljeno 30. 9. 2015.)

Inštitut za vode RS. 2015. <http://www.izvrs.si> (Pridobljeno 29. 8. 2015.)

Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje. 2014. Izjava - Škoda nastala zaradi posledic poplav 2012 (24. 12. 2012). Ministrstvo za obrambo, Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje. <http://www.sos112.si/slo/clanek.php?catid=27&id=5973> (Pridobljeno 10. 11. 2015.)

Kobold, M. 2011. Primerljivost poplave septembra 2010 z zabeleženimi zgodovinskimi poplavnimi dogodki. Ujma 25: 48-56. <http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2011/048.pdf> (Pridobljeno 7. 9. 2015.)

Kobold, M., Ulaga, F. 2012. Hidrološko stanje voda in podnebna spremenljivost. V: Cecič, I., Cegnar, T., Dolinar, M., et al. Okolje, v katerem živimo. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija RS za okolje: 119 str. http://www.arso.gov.si/o_agenciji/knjiznica/publikacije/Knjiga_okolje_zaslon.pdf (Pridobljeno 31. 10. 2015.)

Kobold, M. 2015a. Hidrološko stanje voda kot posledica vremenskega dogajanja. Vetrnica 8: 4-7. <http://www.smd.v-izdelavi.si/glasilo/arhiv-vetrnic/> (Pridobljeno 31. 10. 2015.)

Kobold, M. 2015b. Popravljen pretočna krivulja Gradaščice. Ljubljana, osebna korespondenca z Agencijo RS za okolje.

Kobold, M. 2015c. Meritve s postaj Iška. Sporočilo za: Robič, G. 21. avgust 2015. Osebna komunikacija.

Kobold, M. 2016. Naloga s popravki. Sporočilo za: Robič, G. 23. marec 2016. Osebna komunikacija.

Kolbezen, M. 1991. Hidrološke značilnosti novembrske visoke vode leta 1990. Ujma 5: 16-18.

Kolbezen, M., Pristov, J. 1998. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod RS: 98 str.

http://www.arso.gov.si/vode/publikacije_in_poročila/bilanca6190_2_BESEDILO.pdf

http://www.arso.gov.si/vode/publikacije_in_poročila/bilanca6190_3_SLIKE.pdf (Pridobljeno 15. 11. 2015.)

Komac, B., Zorn, M. 2011. Geografija poplav v Sloveniji septembra 2010. V: Ciglič, R., Komac, B., Pavšek, M., Zorn, M. Neodgovorna odgovornost. Ljubljana, Založba ZRC: 149 str.

Kopatin, V. 1934. Gabrijel Gruber S. J. in njegov prekop. Kronika slovenskih mest, 1, 1: 8.

KSH, 2012. Ljubljana povezuje. Projekt LIFE10 NAT/SI/000142. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanaconnects/SLO/06_ljubljana/ (Pridobljeno 7. 9. 2015.)

Kus, R. (odg. os.). 1998. Načrt zaščite in reševanja ob poplavah. Ljubljana, Oddelek za zaščito in reševanje Mestne uprave Mestne občine Ljubljana: 83 str.

<http://www.ljubljana.si/si/mol/mestna-uprava/oddelki/zascita-resevanje-civilna-obramba/nacrti-zascite-in-resevanja/> (Pridobljeno 30. 9. 2015.)

Legiša, M. 2013. Primerjava poplav v Ljubljani leta 1926 in leta 2010. Zaključna seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta (samozaložba M. Legiša): 57 f.

http://geo.ff.uni-lj.si/pisnadela/pdfs/zaksem_201309_martin_legisa.pdf (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

Mestna Občina Ljubljana. 2012. Zgodovinski pregled poplav: 5 str.

<http://www.ljubljana.si/si/zivljenje-v-ljubljani/v-srediscu/75598/detail.html> (Pridobljeno 30. 9. 2015.)

Mikoš, M. 2007. Zakaj poplava ni enaka poplavi? Delo, 27. 9. 2007: 19.

Mikoš, M. 2010. Večino denarja uporabimo za odpravljanje posledic in ne za preventivo. Delo, 30. 9. 2010: 24.

Mikoš, M. 2014. Zakaj nas pred poplavami lahko ubrani le pravilen hidrografski model? Otvoritvena konferenca projekta: 33 str.

Ministrstvo za okolje in prostor. 2011. Predhodna ocena poplavne ogroženosti Republike Slovenije. Ministrstvo za okolje in prostor: 97 str.

http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/predhodna_ocena_poplavne_ogrozenosti.pdf (Pridobljeno 6. 11. 2015.)

Orožen Adamič, M. 1991. Škoda ujme 1990 v Sloveniji. Ujma 5: 124-125.

Polajnar, J. 1999. Visoke vode v Sloveniji leta 1998. Ujma 13: 143-150.

http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2000/u_clanek18.pdf (Pridobljeno 20. 2. 2016.)

Polajnar, J. 2005. Visoke vode v Sloveniji leta 2004. Ujma 19: 25-29.

http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2005/visoke_2004.pdf (Pridobljeno 8. 9. 2015.)

Polajnar, J. 2011. Visoke vode v Sloveniji leta 2010. Ujma 25: 25-31.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2011/028.pdf> (Pridobljeno 16. 2. 2016.)

Pravilnik o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti. UL RS št. 60/2007

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=81148> (Pridobljeno 6. 11. 2015.)

Pristov, J. 1991. Razpored padavin in njihov vpliv na poplave 1990. Ujma 5: 10-15.

Pugelj, A. 2012. Analiza visokovodnih valov Save v Šentjakobu. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Pugelj): 98 f.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/3728/> (Pridobljeno 28. 1. 2016.)

Sektor za analize in prognoze površinskih voda. 2012. Hidrološko poročilo o poplavah v dneh med 4. in 6. novembrom 2012. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Sektor za analize in prognoze površinskih voda, Urad za hidrologijo in stanje okolja: 15 str.

http://www.arso.gov.si/vode/poročila_in_publicacije/Poplave_5._-6._november_2012.pdf
(Pridobljeno 30. 9. 2015.)

Sektor za analize in prognoze površinskih voda. 2014a. Hidrološko poročilo o poplavah od 5. do 20. novembra 2014. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Sektor za analize in prognoze površinskih voda: 42 str.

http://www.arso.gov.si/vode/poročila_in_publicacije/Porocilo_poplave_5_20_nov_2014_splet_popravek.pdf (Pridobljeno 30. 9. 2015.)

Sektor za analize in prognoze površinskih voda. 2014b. Hidrološko poročilo o poplavah v dneh od 13. do 17. septembra 2014. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Sektor za analize in prognoze površinskih voda, Urad za hidrologijo in stanje okolja: 17 str.

http://www.arso.gov.si/vode/poročila_in_publicacije/Porocilo_poplave_13-17_september_2014.pdf (Pridobljeno 2. 12. 2015.)

Statistični urad RS. 2015. Povprečne letne in mesečne količine padavin. Ljubljana, Statistični urad RS.

http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=0156104S&ti=&path=../Database/Okolje/01_ozemlje_podnebje/10_01561_podnebni_kazalniki/&lang=2 (Pridobljeno 7. 10. 2015.)

Strojan, I. 2010. Pretoki rek v letu 2010. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Sektor za analize in prognoze površinskih voda, Urad za hidrologijo in stanje okolja: 7 str.

http://www.arso.gov.si/vode/poročila_in_publicacije/Pretoki_rek_v_letu_2010_splet.pdf
(Pridobljeno 30. 9. 2015.)

Stanič, C. 1989. Vplivno območje poplave leta 1926. Naša komuna, 12. 9. 1989: 4.

Strojan, I., Kobold, M., Polajnar, J. et al. 2010. Poplave v dneh od 17. do 21. septembra 2010. 21. Mišičev vodarski dan: 1-11.

Šipec, S. 1994. Posledice vremenskih ujm od septembra do decembra 1993. Ujma 8: 20-23.

Šipec, S. 1999. Pregled naravnih in drugih nesreč v Sloveniji leta 1998. Ujma 13: 30-44.

Šot Pavlovič, L., Trnovšek, L., Žerdin, M. et al. 2012. Strokovne podlage za plovnost Ljublanice. Ljubljana, Regionalna razvojna agencije Ljubljanske urbane regije: 195 str.
http://www.ruralur.si/sites/default/files/Strokovne_podlage_za_plovnost_Ljublanice.pdf
(Pridobljeno 30. 9. 2015.)

Tušar, P. 2012. Zgodovinska analiza poplav v Sloveniji. Diplomski projekt. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (samozaložba P. Tušar): 20 f.
http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/du1_tusar_polona.pdf (Pridobljeno 21. 2. 2016.)

Urad za hidrologijo in stanje okolja. 2010. Hidrološko poročilo o povodnji v dneh od 17. do 21. septembra 2010. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Sektor za analize in prognoze površinskih voda, Urad za hidrologijo in stanje okolja: 18 str.
http://www.arso.gov.si/vode/poročila_in_publicacije/Poplave_17._-21._september_2010.pdf
(Pridobljeno 30. 9. 2015.)

Urad za meteorologijo. 2010. Poročilo o izjemno obilnih padavinah od 16. do 19. septembra 2010. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Urad za meteorologijo: 16 str.
http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/weather_events/padavine_16-19sep10.pdf (Pridobljeno 10. 9. 2015.)

2015. Vode Ljubljanskega barja.
<http://www.ljubljanskobarje.si> (Pridobljeno 7. 9. 2015.)

Zajc, T. 2010. Odnos med posedki in poplavami na Ljubljanskem Barju v luči klimatskih sprememb. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta (samozaložba T. Zajc): 126 f.
[http://www.ljubljanskobarje.si/uploads/datoteke/Odnos_med_posedki_in_poplavami_na_Ljubljanskem_barju_v_luci_klimatskih_sprememb\(2\).pdf](http://www.ljubljanskobarje.si/uploads/datoteke/Odnos_med_posedki_in_poplavami_na_Ljubljanskem_barju_v_luci_klimatskih_sprememb(2).pdf) (Pridobljeno 8. 9. 2015.)

Zakon o vodah (ZV-1). UL RS št. 67/2002.

KAZALO PRILOG

| | |
|--|----|
| PRILOGA A: SEZNAM PRETEKLIH POPLAV NA OBMOČJU SLOVENIJE, KI SO IMELE ZNAZNE ŠKODLJIVE POSLEDICE | A1 |
| PRILOGA B: SEZNAM VEČJIH POPLAVNIH DOGODKOV NA OBMOČJU SLOVENIJE V PRETEKLOSTI..... | B1 |

PRILOGA A: SEZNAM PRETEKLIH POPLAV NA OBMOČJU SLOVENIJE, KI SO IMELE ZNATNE ŠKODLJIVE POSLEDICE (Ministrstvo za okolje in prostor, 2011)

| Leto | Mesec | Vrsta škodne posledice | | | | Porečje |
|------|-------|------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|----------------|
| | | <i>infrastruktura</i> | <i>kmetijstvo</i> | <i>nepremičnine</i> | <i>smrtne žrtve</i> | |
| 1550 | | x | x | x | | Sava |
| 1703 | 10 | x | | x | | Sava |
| 1707 | 10 | x | | x | | Sava |
| 1710 | 10 | | | x | | Soča |
| 1803 | | | x | x | | Drava |
| 1809 | | x | x | | | Drava |
| 1811 | | x | | x | | Drava |
| 1850 | 5 | | x | x | | Sava |
| 1851 | 5 | | x | | | Sava |
| 1851 | 11 | | x | x | | jadranske reke |
| 1851 | 11 | | | x | | Sava |
| 1852 | 10 | | | x | x | Sava |
| 1853 | 8 | | | x | | Soča |
| 1872 | 1 | x | x | x | | Sava |
| 1872 | 10 | x | x | x | | Soča |
| 1874 | 5 | | x | x | | Mura |
| 1874 | 5 | x | | | | Sava |
| 1874 | 9 | | | x | | Drava |
| 1876 | 5 | | x | x | | Sava |
| 1878 | 9 | | x | x | | Soča |
| 1878 | 12 | x | | x | | Sava |
| 1881 | 8 | | x | | | Sava |
| 1882 | 10 | x | x | x | | Drava |
| 1887 | 11 | x | | x | | Drava |
| 1887 | 11 | | | x | | Sava |
| 1888 | 3 | | | x | | Sava |
| 1888 | 10 | | x | x | | Sava |
| 1889 | 10 | x | x | x | | Sava |
| 1893 | 9 | | x | x | | Drava |
| 1893 | 9 | x | x | x | | Sava |
| 1894 | 10 | x | | | | Drava |
| 1895 | 1 | x | | x | | Sava |
| 1895 | 3 | x | | | | Sava |
| 1895 | 10 | | | x | | Sava |
| 1901 | 1 | | x | x | | Sava |
| 1901 | 9 | x | x | x | | Sava |
| 1901 | 10 | x | | x | | Sava |
| 1901 | 11 | x | x | x | | Sava |
| 1901 | 11 | x | | x | | Soča |
| 1902 | 7 | x | | | | Sava |
| 1903 | 9 | x | x | x | | Drava |
| 1903 | 9 | x | | | | Sava |
| 1903 | 12 | x | x | x | | Sava |
| 1905 | 11 | x | | | | Sava |
| 1907 | 10 | | x | x | | Sava |
| 1908 | 9 | | x | | | Sava |
| 1909 | 3 | | | x | | jadranske reke |
| 1909 | 3 | | | x | | Sava |
| 1910 | 5 | x | x | x | | Drava |
| 1912 | 9 | | x | | | Sava |
| 1919 | 4 | x | x | x | | Sava |
| 1923 | 11 | x | x | x | | Sava |
| 1924 | 8 | x | x | x | x | Sava |
| 1925 | 6 | x | x | x | | Sava |
| 1925 | 11 | x | x | x | | Drava |

Se nadaljuje...

...nadaljevanje priloge A

| | | | | | | |
|------|----|---|---|---|---|----------------|
| 1925 | 11 | x | x | x | x | Mura |
| 1925 | 11 | x | x | x | | Sava |
| 1926 | 7 | x | x | x | | Drava |
| 1926 | 8 | x | x | x | x | Drava |
| 1926 | 8 | | x | | | Mura |
| 1926 | 8 | x | x | x | x | Sava |
| 1926 | 9 | x | x | x | x | Sava |
| 1926 | 9 | x | x | x | | Soča |
| 1933 | 9 | x | x | x | | Sava |
| 1936 | 1 | x | | | | jadranske reke |
| 1936 | 1 | x | x | x | | Sava |
| 1938 | 5 | x | | | | Drava |
| 1938 | 8 | x | x | x | | Mura |
| 1939 | 6 | x | | | | Sava |
| 1940 | 11 | x | | x | | Sava |
| 1942 | 2 | x | | | | Sava |
| 1954 | 6 | x | x | x | x | Sava |
| 1960 | 8 | | | x | | Soča |
| 1961 | 6 | x | x | x | | Drava |
| 1962 | 1 | | | x | | Drava |
| 1962 | 1 | | | x | | Sava |
| 1962 | 1 | | | x | | Soča |
| 1963 | 9 | x | | | | Soča |
| 1964 | 10 | x | x | x | | Drava |
| 1964 | 10 | x | x | x | | Sava |
| 1965 | 9 | x | x | x | x | Drava |
| 1965 | 9 | x | x | x | | jadranske reke |
| 1965 | 9 | x | | x | x | Sava |
| 1965 | 9 | x | x | x | | Soča |
| 1966 | 8 | | | x | x | Sava |
| 1966 | 11 | x | | x | | jadranske reke |
| 1969 | 11 | x | | x | | jadranske reke |
| 1970 | 4 | | x | x | | Sava |
| 1970 | 7 | x | | | | Sava |
| 1972 | 7 | x | | | | Drava |
| 1972 | 7 | x | | | | Sava |
| 1972 | 7 | x | x | x | | Mura |
| 1978 | 10 | x | | x | | Sava |
| 1978 | 10 | x | | | | Soča |
| 1979 | 1 | x | | x | | Sava |
| 1980 | 10 | x | | x | | Sava |
| 1980 | 10 | x | | | | Soča |
| 1982 | 10 | x | | x | | jadranske reke |
| 1989 | 7 | | | | x | Drava |
| 1990 | 11 | x | x | x | | Sava |
| 1992 | 11 | | | x | | Sava |
| 1992 | 11 | x | | | | Sava |
| 1992 | 12 | | | x | | jadranske reke |
| 1992 | 12 | x | x | x | x | Sava |
| 1993 | 9 | x | | x | | Sava |
| 1993 | 10 | x | | | | Soča |
| 1993 | 10 | x | x | x | | Soča |
| 1994 | 6 | x | x | x | | Drava |
| 1994 | 7 | | | x | | Sava |
| 1994 | 7 | | | x | | Sava |
| 1994 | 8 | | | x | x | Sava |
| 1994 | 10 | | | x | | Sava |
| 1994 | 10 | x | x | x | | Soča |
| 1994 | 10 | x | | | | Sava |

Se nadaljuje...

...nadaljevanje priloge A

| | | | | | | |
|------|----|----|----|----|----|--|
| 1994 | 12 | x | | x | | Sava |
| 1995 | 3 | | x | | | Drava |
| 1995 | 8 | x | x | x | | Sava |
| 1995 | 9 | | | x | | Sava |
| 1995 | 9 | x | | | | Sava |
| 1995 | 9 | x | | x | | Soča |
| 1995 | 9 | x | x | x | | Drava |
| 1995 | 9 | | | | x | Mura |
| 1995 | 9 | x | | x | | Sava |
| 1995 | 12 | | x | x | | Sava |
| 1998 | 10 | x | x | x | x? | Sava |
| 1998 | 10 | x | x | x | x? | Drava |
| 1998 | 10 | x | x | x | x? | Soča |
| 1998 | 10 | x | x | x | x? | Sava |
| 1998 | 10 | x | x | x | x? | Drava |
| 1998 | 10 | x | x | x | x? | Soča |
| 1998 | 11 | x | x | x | x? | Sava |
| 1998 | 11 | x | x | x | x? | Mura |
| 1998 | 11 | x | x | x | x? | Drava |
| 1998 | 11 | x | x | x | x? | jadranske reke |
| 1998 | 11 | x | x | x | x? | Soča |
| 1999 | | x? | x? | x? | | Sava, Drava, jadranske reke, Mura, morje |
| 2000 | | x? | x? | x? | | Drava, Sava, jadranske reke, morje |
| 2000 | 11 | x | x | x | x | Soča |
| 2001 | | x? | x? | x? | | Sava, Drava, Soča, morje |
| 2002 | | x? | x? | x? | | Sava, Drava, Mura, Soča, morje |
| 2003 | | x? | x? | x? | | Sava, Drava, Soča, morje |
| 2004 | | x? | x? | x? | x | Sava |
| 2007 | 8 | x | x | x | x? | Sava |
| 2007 | 8 | x | x | x | x? | Drava |
| 2007 | 8 | x | x | x | x? | Soča |
| 2009 | 3 | x | x | x | | Soča |
| 2009 | 12 | x | x | x | | Sava |
| 2009 | 12 | x | x | x | | Soča |
| 2009 | 12 | x | x | x | | Drava |
| 2010 | 9 | x | x | x | x? | Sava |
| 2010 | 9 | x | x | x | x? | Soča |
| 2010 | 9 | x | x | x | x? | Drava |
| 2010 | 9 | x | x | x | x? | jadranske reke |

Opomba: znak "x?" pomeni, da je škodna posledica evidentirana, vendar ni podatka o njeni lokaciji na porečje natančno.

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA B: SEZNAM VEČJIH POPLAVNIH DOGODKOV NA OBMOČJU SLOVENIJE V PRETEKLOSTI (Ministrstvo za okolje in prostor, 2011)

| Leto | Datum | Vodotok | Območje | Posledice |
|------|------------------------|---------------------------|--|---|
| 1190 | | Ljubljanica | Ljubljana | voda do zgornjih oken hiš |
| 1382 | | | Ljubljana | |
| 1490 | | | Ljubljana | |
| 1515 | | | Ljubljana | |
| 1537 | | Ljubljanica | Ljubljana | voda do oken 1. nadstropja |
| 1589 | | | Ljubljana | |
| 1631 | | | Ljubljana | |
| 1642 | | | Ljubljana | |
| 1658 | | | Ljubljana | |
| 1662 | | | Ljubljana | |
| 1702 | | | | |
| 1703 | 11. 10. | Ljubljanica, Sava | Ljubljana (Trnovo), Medvode, Štajerska, Koroška | hiše stale pol pod vodo (Ljubljana), podrt most pri Medvodah |
| 1707 | 4. 10. | Ljubljanica, Sava | Ljubljana (Breg) | voda do hiš (Ljubljana) |
| 1710 | 10. 10. | Nikova, Ljubljana | Ljubljana | |
| 1714 | avgust, september | | | več smrtnih žrtev |
| 1718 | | | Ljubljana | |
| 1750 | | | Ljubljana | |
| 1817 | | | Ljubljana | |
| 1825 | | | Ljubljana | |
| 1833 | september | Ljubljanica | Ljubljansko barje | |
| 1842 | 20. 10., 26. 11. | | Ljubljana | |
| 1851 | 7. 5., 3. 11. | Reka, pritoki Save, Drava | Zidani Most, Boštanj, Krško, Cerknjsko jezero, Gorenjska, Radeljsko polje, Lent, Ptuj, Ljubljana, idr. | velika škoda na vinogradih in poljih, poplavljeni mlini in hiše |
| 1853 | 17. 8. | | Idrija, Ljubljana | večja škoda |
| 1862 | | | Ljubljansko barje | |
| 1864 | | | Ljubljana | |
| 1867 | | | Ljubljana | |
| 1869 | | | Ljubljana | |
| 1876 | maj, junij, december | Ljubljanica, Sava | Ljubljansko barje, Ljubljana, Boštanj, Račna, Ponova vas | večja škoda |
| 1878 | september, december | Reka, Sava, Pišnica | dolina reke Reke, Mojstrana, Ljubljana | uničena polja, poplavljene hiše, erozija bregov (Sava) |
| 1880 | | | Ljubljana | |
| 1881 | avgust | | Ljubljansko barje | uničeni pridelki |
| 1885 | oktober, november | Ljubljanica, Drava, idr. | Ljubljansko barje, Notranjska, Goričko | |
| 1886 | | | Ljubljana | |
| 1887 | november | Meža s pritoki, Sava | dolina Meže, dolina Save, Ljubljana (Sneberje) | podrti mostovi, poškodovane ceste in objekti |
| 1888 | marec, oktober | | Ljubljansko barje z okolico: Hauptmance, Črna vas, Lipe, Trnovo, Brezovica, Stara Vrhnika, Verd, Borovnica, Kamnik, Jezero, Želimlje, Pijava Gorica, Vič, idr. | voda segala do streh hiš, poplavljenih več površin (Trnovo 1100 ha, Krakovo 700 ha, Tomišelj 1200 ha, idr.) |
| 1889 | oktober | | Ljubljansko barje, Lipe, Logatec, Planina, Kamnik, Gorenjska | večja škoda |
| 1893 | september | Sava, idr. | Slovenske Konjice, Vransko, Ljubljansko barje, idr. | podrti mostovi, uničene žage, večja škoda |
| 1895 | januar, marec, oktober | Sava, idr. | Štajerska, Ribniška dolina, Ljubljansko barje (Črna vas, Št. Jakob) | podrti mostovi, uničene žage, poplavljene hiše |

Se nadaljuje...

...nadaljevanje priloge B

| | | | | |
|------|----------------------------------|--|---|--|
| 1901 | 1. 6. 14. 9. oktober, 16. 11. | Temenica, Sava, Soča, Savinja s pritoki, Sava Bohinjka, Bistrica, Kroparica, Selška Sora, Poljanska Sora, Hudinja, Voglajna, Idrija | dolina Temenica, Ljubljansko barje, Radovljica, Podnart, Bohinjska Bistrica, Podrošt, Železniki, Škofja Loka, Goričane, Celje, Medlog, Idrija, Trzin, Logatec | poškodovane ceste, jezovi, žage, podrti mostovi uničeni pridelki, poplava v Celju, poplavljenе hiše v Idriji, onemogočen promet na Ljubljanskem barju, pri Trzinu poškodovana železniška proga |
| 1903 | 17. 9., december | Drava, idr. | Maribor, Vuhred, Dravograd, Kranjska Gora, Koroška, zgornje Posočje, Benečija, Ljubljansko barje (Hauptmance, Lipe, Črna vas, Vič) | podrti mostovi in drugi objekti, smrtne žrtve |
| 1907 | oktober | Ljubljana | Črna vas, Ilovica, Hauptmance, Karolinska zemlja, Notranjska | uničeni pridelki, poplavljenа poslopja |
| 1908 | 16. 9. | | Ljubljansko barje | uničeni pridelki |
| 1909 | 3. 3., 25. 12. | | Zgornja Pivka, Zagorje, Bač, Koritnice, Ljubljansko barje | poplavljenе hiše |
| 1912 | 10. 9. | Ljubljana, Temenica | Ljubljansko barje, dolina Temenice | uničeni pridelki |
| 1923 | konec novembra | Sava, Sava Dolinka, Soča, Savinja, Krka | Podnart, Dovje, Kranj, Medvode, Radovljica, Šentjakob, Litija, Zalog, Krško, Brežice, Celje, Kostanjevica na Krki, Ljubljansko barje | podrtih 22 mostov, poškodovana železniška proga, zalita kranjska elektrarna, več krajev povsem ohromljenih in odrezanih |
| 1924 | 8. 8. | Mačkov graben, Mala Božna, Gradaščica, Sora s pritoki, Poljanščica, Hrastnica, Ločnica, Sava | Polhograjski Dolomiti, Polhov Gradec, Srednja vas, Gabrje, Hrastenica, Belica, Dol, Dolenja vas, Dvor, Log, Dobrova, Kozarje, Šujica, Vič, Škofja Loka, Puštal, Litija | podrti mostovi, hiše, žage, mlini, hlevi, 3 smrtne žrtve Gradaščice, poplavljenа Tržaška cesta na Viču v Ljubljani, 6 smrtnih žrtev Hrastnice, 6 smrtnih žrtev Ločnice, skupno 19 smrtnih žrtev, škoda ocenjena na 30 milijonov dinarjev |
| 1925 | 18. 6., 13. 11. | Poljanska Sora, Voglajna, Savinja, Drava, Mura, Ledava, Ščavnica, Ljubljana | Idrija, Žiri, Škofja Loka, Pomurje, Štajerska, Koroška, Celje z okolico, Maribor, Verzej, Dokležovje, Petišovci, Dolnja Lendava, Murska Sobota, Ljutomer, Ljubljansko barje | od Žirov do Škofje Loke podrtih 12 mostov, več jezov in žag, poplavljenо Celje z okolico, Drava in Mura poplavlili okoli 100000 ha pšeničnih polj, pri Dolnji Lendavi poplavljenih okoli 150 hiš, 2 smrtni žrtvi |
| 1926 | 5. 7., 8. 8., 27. 9., 12. 10. | Drava, Mislinja, Dravinja, Pesnica, Mura, Savinja, Voglajna, Hudinja, Gradaščica, Poljanska Sora, Ločnica | porečje Drave, Pohorje, Kozjansko, Slovenj Gradec, porečje Mure, porečje Savinje, Celje z okolico, Ljubljansko barje, jug Ljubljane, dolina Poljanske Sore | porušeni jezovi in mlini, podrti mostovi, poplavljenе hiše, uničeni pridelki, več smrtnih žrtev (Drava, Gradaščica), med Polhovim Gradcem in Dobrovo več kot 40 usadov, poškodovane ceste in objekti |
| 1933 | 22.-24. 9. | Savinja s pritoki, Krka, Bistrica, Rašca, barjanski potoki, Kamniška bistrica, Sava | Celjska kotlina, porečje Krke, Cerkniško jezero, Ribniška dolina, Dobropolje, Ljubljansko barje od Vrhniko do Iga, Kamnik, Brežice | V Celju dvig gladine za 4 m, v Ribnici porušeni 6 mostov, na Ljubljanskem barju poplavljenih okoli 8000 ha, v Kamniku porušeni več mostov, jezov, brvi, cest, nekaj smrtnih žrtev |
| 1934 | 6. 7. | | Ljubljansko barje | |

Se nadaljuje...

...nadaljevanje priloge B

| | | | | |
|------|--|--|--|---|
| 1936 | 22. 1. | Ljubljana, Gradaščica, Bistrica, Kokra | Ljubljansko barje, Črna vas, Lipe, Zalog, Fužine, Sneberje, Primorska | šest tednov trajajoče deževje, porušen most čez Kokro |
| 1942 | 20. 2. | | Ljubljansko barje | poplavljenost med Notranjimi Goricami in Podpečjo |
| 1970 | 8. 4., 30. 7. | | Ljubljansko barje, Izlake, Preddvor, Naklo, Kranj, Mežiška dolina | aprila poplava na barju 19 dni |
| 1972 | maj, 10.-15. 7. | Soča, Savinja s pritoki, Ščavnica, Ledava, Pesnica, Mura idr. | dolina Soče, Tuhinjska dolina, Laško, Solčava, Šoštanj, Ljubljana, Domžale, Zasavje, Maribor, Pohorje, Koroška, Ljutomer, Lendava, Murska Sobota, Ptuj, Pomurje, Veržej | številni zemeljski plazovi zasuli ceste in poškodovali električne napeljave, v ljutomerski, radgonski in lendavski občini poplavljenih več kot 28000 ha polj, več porušenih mostov in hiš, škoda v industriji in kmetijstvu |
| 1978 | 4. 10., 30. 12. | Sava, hudourniki, Medija, Mali graben, Soča, Gradaščica, Iška | Kresnice, Podmežakla, Gozd Martuljek, Zagorje ob Savi, južni del Ljubljane, Tolmin, Ljubljansko barje | porušen viseči most pri Kresnicah, pri Podmežakli poplavljenih 150 stanovanj, porušen most čez Sočo, poškodovana cesta med Bledom in Bohinjem |
| 1992 | 13. 6., 16.-19. 10., 29. 10 - 4. 11., 17. 11., 3.-7. 12. | Krka, Savinja, Ljubljana, Vipava, Idrija, Poljanska in Selška Sora, Unica, Reka, Sava | Novo mesto, Ptuj, Ljubljansko barje, Laško, Modrej, Nova Gorica, Šempeter, Grgar, Poljane, Žiri, Železniki, Spodnji Brnik, Čatež, Zabič, Ilirska Bistrica, Ribnica, Ajdovščina | poplava Unice trajala 46 dni od 16. 10. do 2. 12., 1 smrtna žrtev v Spodnjem Brniku |
| 1995 | 25. 2. - 7. 3., 7.-9. 8., 26.-29. 8., 8. 9., 15. 9., 24. 12. | Ljubljana, Krka, Temenica, Mirna, Dravinja, Velunja, Strmina, Kolpa Bača, Davča, Idrija, Ložnica, Pirešica, Voglajna, Sotla, Mura, Nikova, Selška Sora, Dreta, Vipava | Ptuj, Slovenj Gradec, Šoštanj, Kranj, Podzemelj, Baška grapa, Hudajužna, Podbrdo, Idrija, Podčetrtek, Laško, Ples, Bela krajina, Petanjci, Železniki, Nazarje, Ljubljansko barje | poplavljenih več hiš, odplavljeni vozila in živali, porušeni mostovi, poškodbe cest in vodovodnih sistemov, zemeljski plazovi, poplavljeni industrijski objekti, 1 smrtna žrtev na potoku Libanja pri Pušencih, barje delno poplavljeni |
| 1996 | 5. 4., 10.-13. 5., 2.-3. 7., 21.-23. 9., 16. 10., 19. 11. | Reka, Vipava, Dravinja, Pesnica, Ledava, Mura, Rečica, Bela, Ljubljana, Mislinja, Sava, Krka, Savinja, Voglajna, Bolska, Sotla, Ščavnica, Trboveljščica, Libanja, Paka, Besnica, Gradaščica, Mali Graben, idr. | spodnji tok Vipave, Litija, Trbovlje, Pohorje, Ptuj, Koroška, Dravograd, Dol pri Hrastniku, Ljubljansko barje, srednji in spodnji tok Save, Krško polje, Laško, Koper, Maribor, Velenje, Podljubelj, Šujica, Vič, Duplek, idr. | Ljubljansko barje večkrat poplavljeni |