

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:

Zalokar, L., 2015. Analiza poplavnih valov vzdolž reke Save. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šraj, M., somentorica Kobold, M.): 54 str.

Datum arhiviranja: 29-09-2015

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:

Zalokar, L., 2015. Analiza poplavnih valov vzdolž reke Save. B.Sc Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šraj, M., co-supervisor Kobold, M.): 54 pp.

Archiving Date: 29-09-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
VODARSTVO IN OKOLJSKO
INŽENIRSTVO

Kandidatka:

LENKA ZALOKAR

ANALIZA POPLAVNIH VALOV VZDOLŽ REKE SAVE

Diplomska naloga št.: 41/B-VOI

ANALYSIS OF FLOOD WAVES ALONG SAVA RIVER

Graduation thesis No.: 41/B-VOI

Mentorica:

doc. dr. Mojca Šraj

Somentorica:

asist. dr. Mira Kobold

Ljubljana, 19. 06. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Strani z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Lenka Zalokar izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom **»Analiza poplavnih valov vzdolž reke Save«**.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka kot tiskana različica.
Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, junij 2015

(Podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČKI

UDK: 556.166(043.2)
Avtor: Lenka Zalokar
Mentor: doc. dr. Mojca Šraj
Somentor: asist. dr. Mira Kobold
Naslov: Analiza poplavnih valov vzdolž reke Save
Tip dokumenta: diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema: 54 str., 44 preg., 8 sl., 6 graf., 1 pril.
Ključne besede: Visokovodni valovi, Sava, poplava, čas zakasnitve.

Izvleček:

V diplomskem delu smo obravnavali analizo poplavnih valov vzdolž reke Save. V uvodnem delu naloge smo najprej predstavili poplave, njihove značilnosti, lastnosti poplav v Sloveniji ter varstvo pred poplavami.

V nadaljevanju naloge so predstavljene hidrogeološke, hidrografske ter meteorološke značilnosti porečja Save. Nato so opisane vodomerne postaje ter izbira vodomernih postaj za analizo. Nadaljnje smo predstavili program Hidrolog, s katerim smo pridobili iskane hidrološke podatke. Pridobljeni hidrološki podatki so podatki o datumih konic ter podatki o pretokih na posameznih obravnavanih vodomernih postajah. S hidrološkimi podatki smo grafično in tabelarično prikazali potovanje visokovodnih konic po reki Savi in njenih glavnih pritokih. Izračunani so bili povprečni časi potovanja visokovodnih konic na reki Savi.

Pri izračunu časa potovanja visokovodnih konic smo prišli do naslednjih ugotovitev. Čas potovanja se z oddaljenostjo od vodomernih postaj dolvodno po reki Savi povečuje. Pri vodomerni postaji Medno je pri izračunu prišlo do negativne vrednosti časa, kar je posledica vpliva hidroelektrarne Medvode. Izračunali smo, da povprečni visokovodni val Save potuje od Jesenic do Radovljice 3, 7 ure, do Šentjakoba 9,2 ure, do Litije 15,1 ur, do Hrastnika 17,4 ur in do Čateža 23,5 ur.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 566.166(043.2)
Author: Lenka Zalokar
Supervisor: Assist. Prof. Mojca Šraj, PhD.
Co-supervisor: Assist. Mira Kobold, PhD.
Title: Analysis of Flood waves along Sava River
Document Type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 54 p., 44 tab., 8 fig., 6 charts, 1 ann.
Keywords: Flood peak discharges, Sava river, flood, lag time.

Abstract

In this diploma work the analysis of flood waves along the Sava river is discussed. In the introductory part of the thesis floods are presented, and also their characteristics, characteristics of floods in Slovenia and flood protection measures.

In the following part hydrogeological, hydrographical and meteorological characteristics of the Sava river basin are presented. Then the water gauging stations are described and our choice of water gauging stations for the analysis is depicted. Further, a program Hidrolog is presented which helped us to get hydrological data needed. Acquired hydrological data are data of dates of flood peak discharges and data of discharges at individual water gauging stations. These hydrological data were required to show travelling of flood peak discharges on the Sava river and its main tributaries in graphical and tabular form.

In the diploma work the average times of flood peak discharges on the Sava river were calculated and the following conclusions were reached. Time traveling is increasing with the distance of water gauging stations downstream the Sava river. At water gauging station Medno there was a negative value, the reason is Hydroelectric Power Station Medvode. We found out, that the average flood wave of the Sava river travel from Jesenice to Radovljica 3,7 h, to Šentjakob 9,2 h, to Litija 15,1 h, to Hrastnik 17,4 h and to Čatež 23,5 h.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorici doc. dr. Mojci Šraj in somentorici dr. Miri Kobold.

Prav tako se zahvaljujem Agenciji RS za okolje za posredovanje podatkov.

Zahvalila bi se tudi moji družini, fantu ter prijateljem za vso podporo, potrpežljivost, spodbudo in pomoč v času študija.

KAZALO

1 UVOD	1
2 POPLAVE	2
2.1 Značilnosti poplav	2
2.2 Opis pojava.....	2
2.3 Lastnosti poplav v Sloveniji.....	3
2.4 Ukrepi za varstvo pred poplavami.....	3
3 POREČJE SAVE	5
3.1 Hidrogeološke značilnosti Posavja	6
3.1.1 Alpsko območje.....	6
3.1.2 Predalpsko hribovje	6
3.1.3 Porečje Savinje.....	6
3.1.4 Porečje Ljubljanske in Krke	7
3.1.5 Ravninska dela Ljubljanske in Krške kotline.....	7
3.2 Hidrografske značilnosti	7
3.2.1 Zgornja Sava	8
3.2.2 Srednja Sava	9
3.2.3 Spodnja Sava.....	11
3.3 Meteorološke značilnosti.....	12
3.3.1 Padavine	12
3.3.2 Geografska razporeditev padavin.....	13
3.3.3 Časovna razporeditev padavin	13
3.4 Vodomerne postaje.....	14
4 HIDROLOŠKI PODATKI	16
4.1 Program Hidrolog	16
4.2 Pregled in priprava podatkov.....	17
4.3 Opis posameznih visokovodnih dogodkov.....	24
5 REZULTATI	28
5.1 Čas pojava konic visokovodnih valov	28
6 ANALIZA IN PRIMERJAVA REZULTATOV	41
7 ZAKLJUČKI	50
8 VIRI	51

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Osnovni podatki obravnavanih vodomernih postaj.....	19
Preglednica 2: Razdalje med postajami.....	20
Preglednica 3: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1964.....	28
Preglednica 4: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1965.....	28
Preglednica 5: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1966.....	29
Preglednica 6: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1969.....	29
Preglednica 7: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1973.....	29
Preglednica 8: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1979.....	30
Preglednica 9: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1980.....	30
Preglednica 10: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1982.....	30
Preglednica 11: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1985.....	31
Preglednica 12: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1990.....	31
Preglednica 13: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1992- 1 (november).....	32
Preglednica 14: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1992- 2 (december).....	32
Preglednica 15: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1996.....	32
Preglednica 16: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1998.....	33
Preglednica 17: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2000.....	33
Preglednica 18: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2004.....	34
Preglednica 19: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2007.....	34
Preglednica 20: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2009.....	34
Preglednica 21: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2010- 1 (september).....	35
Preglednica 22: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2010- 2 (december).....	35
Preglednica 23: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2012.....	36
Preglednica 24: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1964.....	41
Preglednica 25: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1965.....	41
Preglednica 26: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1966.....	42
Preglednica 27: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1973.....	42
Preglednica 28: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1979.....	42
Preglednica 29: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1980.....	42
Preglednica 30: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1982.....	43
Preglednica 31: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1985.....	43
Preglednica 32: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1990.....	43
Preglednica 33: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1992-1.....	43
Preglednica 34: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1992-2.....	44
Preglednica 35: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1996.....	44
Preglednica 36: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1998.....	44
Preglednica 37: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2000.....	45
Preglednica 38: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2004.....	45
Preglednica 39: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2007.....	46
Preglednica 40: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2009.....	46
Preglednica 41: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2010-1.....	46
Preglednica 42: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2010-2.....	47
Preglednica 43: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2012.....	47
Preglednica 44: Povprečni čas potovanja visokovodnih konic.....	48

KAZALO SLIK

Slika 1: Porečje Save v Sloveniji (ARSO, 2015).	5
Slika 2: Mreža delujočih vodomernih postaj državnega monitoringa na površinskih vodah	15
Slika 3: Orodje Hidrolog (ARSO, 2015).	17
Slika 4: Obravnavane vodomerne postaje na reki Savi in njenih pritokih (ARSO, 2015).	18
Slika 5: Povprečna letna višina padavin za obdobje od leta 1961 do leta 1990 (ARSO, 2015).	25
Slika 6: Dnevna količina padavin od 8. ure 18. septembra 2007 do 8. ure 19. septembra 2007 (ARSO, 2015).....	26
Slika 7: Visokovodni valovi obravnavanih postaj leta 2007.	39
Slika 8: Visokovodni valovi na vodomerni postaji Šentjakob za vsa obravnavana leta.....	40

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Grafikon vodomernih postaj na reki Savi, ki prikazuje razmerje med stacionažo in zaledjem postaje.	21
Grafikon 2: Grafikon vodomernih postaj na pritokih reke Save, ki prikazuje razmerje med stacionažo in zaledjem postaje.	22
Grafikon 3: Maksimalni letni pretoki za posamezna leta obdobje meritev na reki Savi v Šentjakobu (ARSO, 2015).	23
Grafikon 4: Prikaz visokovodnega vala leta 1964 na vodomernih postajah Save in njenih pritokih.	37
Grafikon 5: Prikaz visokovodnega vala leta 2007 na vodomernih postajah Save in njenih pritokih.	38
Grafikon 6: Grafikon vodomernih postaj na reki Savi, ki prikazuje razmerje med povprečnim časom potovanja visokovodnih konic in razdaljami med vodomernimi postajami.	49

1 UVOD

V današnjih časih je vedno več govora o okoljskih problemih, med katere spadajo tudi globalne podnebne spremembe. Posledica podnebnih sprememb je povečanje števila izrednih naravnih pojavov, ki se iz leta v leto povečujejo (Zorko, 2007). Podatki o ekstremnih dogodkih so pomembni za spremljanje značilnosti podnebja. Ekstremni vremenski dogodek se pojavi, kadar neka meteorološka spremenljivka doseže maksimalno ali minimalno vrednost (Dolinar, 2005). Večja skrb pa se pojavi ob tistih ekstremnih dogodkih, ki povzročijo škodo.

Poplave v Sloveniji po navadi nastanejo kot posledica dolgotrajnega deževja, taljenja snega ali pa, ko v kratkem času pade večja količina padavin. Del padavin se infiltrira v tla, odvisno od predhodne stopnje zasičenosti tal, ostala voda pa površinsko odteče, se zbira in odteka po strugi navzdol. Zaradi ogromnih količin vode lahko v območju vodotoka pride do poplavljanja. Človek nima vpliva na naravne pojave in nevarnosti, lahko pa zmanjša ogroženost s primerno gradnjo in protipoplavnimi ukrepi (Zorko, 2007).

Poplave se sprožijo zaradi interakcije hidroloških predpogojev ter meteoroloških razmer. Posledica te interakcije so različne lastnosti poplav, to je prostorski obseg poplav ter časovna širitev poplav (Nied in sod., 2014). Pri razumevanju poplav je pomembna dolgoročna generacija odtoka in z njim povezanih procesov. Pri poplavih je potrebno zagotoviti čim večjo poplavno varnost prebivalstva.

Cilj diplomske naloge je analizirati poplavne valove vzdolž reke Save. Za analizo smo izbrali vodomerne postaje na reki Savi ter njenih pritokih. Na podlagi razpoložljivih podatkov, ki smo jih pridobili na Agenciji RS za okolje, smo izdelali tabelarične in grafične prikaze potovanja visokovodnih valov. Izračunali smo tudi čas potovanja visokovodnih konic med posameznimi vodomernimi postajami.

2 POPLAVE

2.1 Značilnosti poplav

Poplave spadajo med naravne pojave, ki so z drugimi geološkimi procesi oblikovali in še preoblikujejo zemeljsko površje. Poplavna območja predstavljajo sestavni del vodotokov ter pomemben vodni ekosistem. Imajo velik vpliv na vodni režim, predvsem pri bogatenju podtalnice ter zmanjševanju konic poplavnih valov. Poplavna območja predstavljajo bogat ekosistem, saj so obilne vode in naplavine, ki so obogatene s hranljivimi snovmi idealna podlaga za razvoj življenja. Vedeti moramo, da popolne zaščite pred poplavami ni, zato je naš cilj zavarovati ljudi in omejiti škodo (Brilly in sod., 1999).

2.2 Opis pojava

Poplave so redek in zelo dinamičen pojav. Zbiranje povečanih količin ter njihov odtok povzročata procese erozije tako v strugi vodotoka kot tudi v celotnem povodju (Brilly in sod., 1999). Zaradi intenzivnega premeščanja lebdečih plavin se močno poveča tudi kalnost vodotoka. Voda premešča po dnu struge rinjene naplavine ter nosi in odplavlja različne plavajoče predmete in snovi, ki jim rečemo plavje. Na zooženih odsekih vodotoka se plavje lahko zagozdi in povzroči zaježitev vode. S povečanjem pretoka se zaježitev lahko poruši ter povzroči dodatni porušitveni poplavni val v strugi vodotoka. Zaradi povečanega vodotoka se voda razliva po okolici in ogroža prostor (Brilly in sod., 1999).

Do poplavljanja lahko pride zaradi (Brilly in sod., 1999):

- delovanja hudournikov,
- zaježitev, povzročenih s snežnim ali zemeljskim plazom,
- zaradi naravnega posedanja tal (barje) ali posedanja, povzročenega z gospodarsko dejavnostjo (rudarstvo),
- dviga gladine podtalnice,
- padavin in istočasnega taljenja snega na zmrznjeni podlagi,
- zaježenega odtoka na kraških poljih,
- zelo visoke morske plime.

2.3 Lastnosti poplav v Sloveniji

Poplave v Sloveniji so največkrat povezane z močnimi padavinami, ki jih nad naše kraje prinašajo vlažne frontalne zračne gmote. Cikloni potujejo proti našim krajem iz Biskajskega zaliva po Padski nižini. Ko se vlažne in tople zračne mase začenjajo vzpenjati ob pobočju Dinarsko-Alpskega gorovja, pride pri nas do obilnih padavin (Brilly in sod., 1999).

V Sloveniji se srečujemo predvsem s kratkotrajnimi večurnimi hudourniškimi poplavami. Glavni vzrok za poplave v naših krajih so intenzivne padavine (Brilly in sod., 1999). Odtok vode oz. površinski odtok, ki se zbira v vodotokih, je odvisen od vlažnosti zemljišča. Ker se nahajamo v povirju vodotokov, se pojavijo predvsem hudourniške poplave, izjema sta območji Drave in Mure, kjer poplave lahko trajajo več dni (Brilly in sod., 1999). Pojav zbiranja in odtekanja vode spremljajo erozijski pojavi. V povirnih delih pride do površinskega spiranja zemljin, v strugah hudournikov in potokov pa da globinske in bočne erozije. Voda nosi s seboj material, ki erodira kot plavine, in ga ob zmanjšanih porivnih silah odlaga. Z odlaganjem zaplavlja dno struge in dviguje gladino vode v njej. Ta pojav je normalen proces v hidrološkem krogu ter se stalno ponavlja v odvisnosti od podnebnih razmer. Pri normalnih vsakoletnih pojavih so procesi manj intenzivni. Včasih pa pride do izrednih razmer, zaradi (Brilly in sod., 1999):

- dolgotrajnih in izredno velikih padavin,
- velike predhodne vlažnosti tal,
- padavin, ki so padle na snežno odejo ter povzročile njeno taljenje in s tem velik površinski odtok.

2.4 Ukrepi za varstvo pred poplavami

Vedno bolj intenzivna izraba pokrajine zahteva učinkovito varstvo pred poplavami oziroma urejen vodotok. Cilj obrambe pred poplavami je gospodarjenje s škodo, ki jo lahko povzročijo poplave (Zorko, 2007). Ukrepe za preprečevanje škode delimo glede na vrsto posega na vodogradbene in negradbene (alternativne) ukrepe. Glede na način delovanja pa na aktivne (sprememba režima voda) in pasivne (brez spremembe režima voda) ukrepe (Brilly in sod., 1999).

Pod vodogradbene ukrepe spada graditev hidrotehničnih objektov, ki so eni izmed najstarejših ukrepov za varstvo pred poplavami. Z vodogradbenimi ukrepi posegamo v celoten vodni režim in vplivamo na razmere v vodotoku. Poplave spadajo poleg erozije in plazov med naravne pojave, ki jih lahko delno spremenimo in blažimo posledice, ne moremo pa jih preprečiti (Brilly in sod., 1999).

Objekti, ki so namenjeni samo varstvu pred poplavami, so lahko zelo nevarni, saj jih ne moremo vnaprej preizkusiti. Poznamo več vrst vodogradbenih ukrepov (Brilly in sod., 1999):

- nasipi,
- oddušni kanali,
- zadrževalniki,
- reguliranje struge vodotoka.

Alternativni ukrepi so ukrepi, ki ne zahtevajo graditve hidrotehničnih objektov. Ukrepi so usmerjeni na organizirano varstvo družbe. Alternativni ukrepi zajemajo več različnih ukrepov za varstvo pred poplavami (Brilly in sod., 1999):

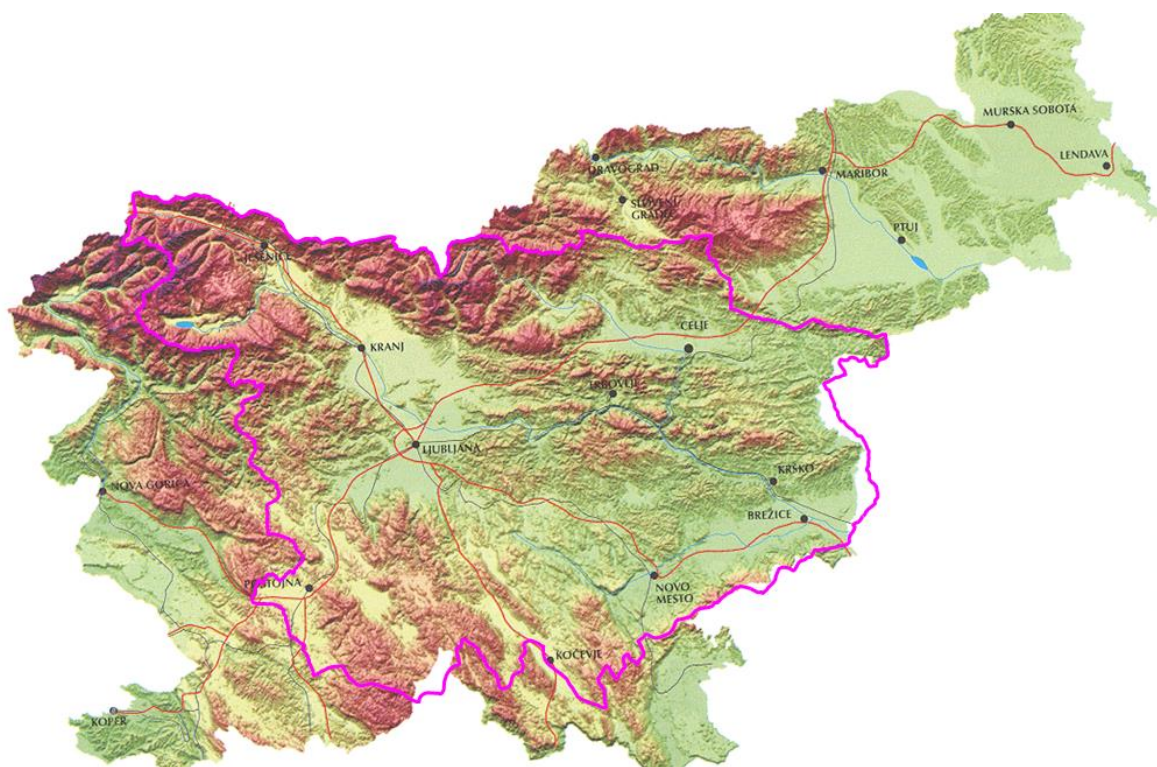
- upravno- administrativni predpisi, s katerimi poskušamo doseči urejanje območja, na katerem bo škoda pri poplavah minimalna,
- zavarovanje objektov pri zavarovalnicah,
- ekonomska solidarna podpora širše družbene skupnosti,
- preseljevanje ali sprememba namembnosti ogroženih območij,
- zaščitni ukrepi pri projektiranju novih in rekonstrukciji starih objektov,
- obveščanje ogroženih prebivalcev in izgradnja opozorilnih sistemov,
- delovanje organizirane službe za redno in izredno zaščito pred poplavami, ukrepi, s katerimi poskušamo pri poplavah čim bolj omiliti škodo in zmanjšati posledice pojava.

3 POREČJE SAVE

Reka Sava predstavlja največje porečje v jugovzhodni Evropi in največji pritok reke Donave. Dolžina reke je 945 km z velikostjo porečja $97,713 \text{ km}^2$, ki se razteza čez Slovenijo, Hrvaško, Bosno in Hercegovino ter Srbijo. Reka in njeni pritoki imajo pomemben ekološki in socialno-ekonomski vpliv na reko Donavo. V Sloveniji predstavlja reka Sava alpsko reko, ki se na slovensko-hrvaški meji tipično spreobrne v nižinsko reko (Milačič idr., 2015).

Reka Sava je osrednja in najdaljša reka v Sloveniji (slika 1). Izvira v Zelencih kot Sava Dolinka. Njen drugi povirni krak je Sava Bohinjka, ki nastane z združitvijo Mostnice in Jezernice, ki izteka iz Bohinjskega jezera. Sava Dolinka in Sava Bohinjka se združita pri Radovljici (Bricelj, 1991).

V reko Savo se v Sloveniji stekajo naslednji pomembnejši pritoki: Tržiška Bistrica, Kokra, Sora, Ljubljanica, Kamniška Bistrica, Savinja, Mirna, Krka in Sotla.



Slika 1: Porečje Save v Sloveniji (ARSO, 2015).

3.1 Hidrogeološke značilnosti Posavja

Posavje zavzema 53,1 % ozemlja Slovenije in je naše največje porečje. Sestavljajo ga naslednje hidrogeološke enote glede na različno geološko zgradbo (Kolbezen in Pristov, 1998):

- Alpsko območje,
- Predalpsko hribovje,
- Porečje Savinje,
- Porečji Ljubljanice in Krke,
- Ravninska dela Ljubljanske in Krške kotline .

3.1.1 Alpsko območje

Alpsko območje sestavljajo Julijske in Savinjske Alpe ter Karavanke. Grajene so predvsem iz prepustnih karbonatnih kamnin, ki so na visokih planotah močno zakrasele. Zakraselost je vzrok, da večji del padavinske vode ponikne v notranjost, kar povzroči, da se ob vznožju globoko vrezanih alpskih dolin podzemna voda pojavi v izvirih z neprepustnimi kamninami (Kolbezen in Pristov, 1998).

3.1.2 Predalpsko hribovje

Predalpsko hribovje sestavljajo Škofjeloško-polhograjsko, Idrijsko-cerkljansko in Posavsko hribovje. Grajeno je predvsem iz neprepustnih kamnin, kot so laporji in skrilavci, med katere so stisnjene in narinjene manj prepustne karbonatne kamnine, kot sta apnenec in dolomit. Prav zaradi tega je geološka zgradba predalpskega hribovja močno neenotna in dokaj zapletena. V bližini enih in drugih kamnin se voda drenira v številnih izvirih (Kolbezen in Pristov, 1998).

3.1.3 Porečje Savinje

Porečje Savinje obsega v svojem zgornjem toku območje visokogorskega sveta Savinjskih Alp in Karavank, sestavljenih iz karbonatnih kamnin, predvsem zakraselega dolomita in apnenca. Prisotno je večje ponikanje vode v podzemlje, kar se kaže v številnih manjših in večjih izvirih. Severno in južno gričevnato obrobje Celjske kotline gradijo predvsem manj prepustni skrilavci, tufi, peščenjaki in gline, ki so prav tako prisotni pri zgradbi površja pod Lučami. Iz podobnih kamnin je grajeno območje med Zidanim Mostom in Celjem. Porečje Voglajne, ki zbira vode z najbolj vzhodnega dela porečja Savinje, je sestavljeno iz neprepustne terciarne, mezozojske in paleozojske kamnine. Dno Celjske kotline tvorijo neprepustni terciarni sedimenti, prekriti s prodno plastjo. Debelina prodnega zasipa je različna

in raste od Savinje proti severu. Predstavlja pomemben vodni vir podtalnice (Kolbezen in Pristov, 1998).

3.1.4 Porečje Ljubljanice in Krke

Porečje Ljubljanice in Krke pokriva manj kot 40 % površine porečja Posavja in obsega ozemlje visokega krasa. Ozemlje je v glavnem grajeno iz razpokanih, zakraselih in prepustnih karbonatnih kamnin, različno starih apnencev in dolomitov. Na obrobju dolin se pojavljajo številni izviri zaradi vod, ki se tu zbirajo, zelo hitro poniknejo in se prelivajo. Iz manj prepustnih kamnin je na porečju Ljubljanice ozemlje, ki pripada delu Polhograjskih dolomitov in Krško hribovje, ki pretežno pripada porečju Krke (Kolbezen in Pristov, 1998).

3.1.5 Ravninska dela Ljubljanske in Krške kotline

Ljubljanska in Krška kotlina sta prekriti z debelo plastjo konglomerata in kvartarnega proda, med katerima se nahaja tudi glina. Dno kotline je sestavljeno iz neprepustnih terciarnih plasti (Kolbezen in Pristov, 1998). Ljubljanska kotlina vključuje dva pomembnejša rezervoarja podtalnice: Kranjsko-Sorško polje in Ljubljansko polje. Ljubljansko polje je pomemben zbiralnik vode, saj se napaja delno iz padavin, ki padejo na polje, delno pa s Save. Prav tako je pomemben zbiralnik vode Kranjsko-Sorško polje, saj poleg globokega in debelega vodonosnega sloja vsebuje tudi plitvejši horizont, ki se napaja samo s padavinami (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

3.2 Hidrografske značilnosti

Glede na lastnosti toka lahko reko Savo razdelimo na tri dele: zgornja, srednja in spodnja Sava. Zgornja Sava predstavlja tok od izvira do pritoka Sore v Medvodah, srednja od Medvod pa do pritoka Savinje v Velikem Širju, spodnja Sava pa tok od sotočja Savinje do državne meje (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

3.2.1 Zgornja Sava

Na začetku je Sava v Bohinju in Savski dolini le kot potok, ki zaradi številnih pritokov preraste v pravo reko. Pritoke pridobiva iz svojega levega in desnega brega. Sava Dolinka in Sava Bohinjka zbirata vodo iz alpskih pasov Julijskih Alp in Karavank (Smolej, 1987). Zaradi močnih padavin so količine vode na tem delu porečja zelo velike. Vodotoki imajo značilen hudourniški značaj, ker se gibljejo v zelo ozkih dolinah z velikimi vzdolžnimi padci. Padavine zato hitro odtečejo in vodno stanje zato zelo niha. Porečje Save Bohinjke meri do sotočja s Savo Dolinko 381 km^2 in je bistveno manjše od porečja Save Dolinke, ki meri 521 km^2 , vendar je Bohinjka kljub manjšemu povodju bolj vodnata (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Sava Bohinjka izvira v pobočju Komarče na višini 836 metrov kot slap Savica in se kot Savica izliva v Bohinjsko jezero. Iz jezera proti Bohinjski Bistrici se Savi Bohinjki priključijo še nekateri manjši pritoki, Mostnica ter Bistrica in Ribnica. Dolina Save Bohinjke se pri Nomenju pa do Bohinjske Bele zoži v tesno Sotesko, ki je nastala zaradi delovanja vode med Jelovico in Pokljuko. Dolina se nato prične širiti pod Bohinjsko Belo v Blejsko-Radovljiško kotlino, ki jo prekriva kvartarni zasip. Sava Bohinjka ima le nekaj površinskih pritokov, saj priteka velik del vode po podzemlju skozi zakraselo notranjost planot (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Sava Dolinka teče od izvirov v vzhodni smeri po dolini, sestavljeni iz proda, grušča ter morenskega drobirja. V vasi Gozd Martuljek se dolina zoži in usmerja Savo Dolinko v Žirovnico, kjer se zajezi v akumulacijskem jezeru hidroelektrarne Moste. Od tam naprej zavije proti jugu v kotlino, ki je debelo zasuta s fluvio-glacialnim materialom, v Radovljiško kotlino, ki predstavlja zgornji del Ljubljanske kotline. Radovljiška kotlina je bila čelna kotanja ledenikov, ki so se spuščali iz Karavank in Julijskih Alp, sestavljena iz bohinjske, radovljiške in podkorenske doline. Sava Dolinka ima pritoke iz desne in leve strani. Desni pritoki prihajajo iz Julijskih Alp ter so napolnjeni z gruščem in drobirjem. Največji pritok iz desne strani predstavlja Radovna, ki prihaja iz soteske Vintgar. Levi pritoki pa so predvsem hudourniškega značaja ter krajši (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Sava Bohinjka (380 km^2) in Sava Dolinka (521 km^2) se združita v Savo v Radovljici. Sprva teče reka Sava po zgornjem delu Ljubljanske kotline do Podnarta vijugavo, naprej proti jugovzhodu pa v sorazmerno ravnem toku. V Lipnici se Savi pridruži pritok Lipnica (44 km^2) (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007). V bližini Podbrezja se izpod Karavank preko Kamniško-Savinjskih Alp z leve strani izliva v Savo Tržiška Bistrica (146 km^2). Kot pri Tržiški Bistrici tudi povirje Kokre sega v vznožje Karavank in se nato preko Kamniško-Savinjskih Alp prebije do Preddvora, kjer se vreže v nanose lastnega vršaja (Kolbezen in Pristov, 1998). Na Sorško-Kranjskem polju med Kranjem in

Smlednikom vse padavine pronicajo v tla in preidejo v podzemno vodo. Noben površinski vodotok ne doseže struge Save pod Kranjem do Smlednika (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

3.2.2 Srednja Sava

Območje srednje Save sestavljata Ljubljanska kotlina in Zasavje.

V severozahodnem delu je Ljubljanska kotlina obdana z visokim gorskim okvirom, ki ga sestavljajo Julijske in Kamniške Alpe ter Karavanke (Melik, 1959). Na zahodni strani meji z Škofjeloškimi hribi s Polhograjskimi dolomiti, na vzhodni strani pa z Posavskim hribovjem. Ljubljanska kotlina skupaj z Ljubljanskim Barjem sega na jugu neposredno pod dinarske planote. Osrednji del kotline pa obdaja predalpski svet (Melik, 1959). Sava je s svojimi pritoki v mlajši pliocenski in zlasti kvartarni dobi nanesa prod, zato je kotlina na debelo zasuta z njim (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Dolvodno od Zbiljskega jezera, ki predstavlja akumulacijski bazen hidroelektrarne Medvode, se z desne strani v Savo zлива Sora. Površina porečja Sore meri 636 km^2 , sestavljata pa jo Selška in Poljanska Sora. Povirje Sore sestavlja predalpsko hribovje, ki tu zajema Idrijsko-Cerkljansko in Škofjeloško-Polhograjsko hribovje. Geološka zgradba je neenotna, kar je omogočilo, da se je vodna mreža razvila zelo na gosto. Tla sestavljajo večinoma neprepustne kamnine, med katere so stisnjene manj prepustne karbonatne kamnine, kot sta apnenec in dolomit. Na stikih teh kamnin prihaja na površje voda v številnih izvirih. Sora je hudourniškega značaja in je pogosto visoka (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Do izliva Ljubljanice teče Sava od izliva Sore po Ljubljanskem polju. Ljubljansko polje po svoji zasnovi predstavlja ogromno dolino, ki jo je vrezala reka Sava sama in s pomočjo pritokov. Predstavlja ogromen savski vršaj, nasut v dobi würmske poledenitve. Sedaj Sava teče po severni strani vršaja, na robu ravnine, kjer je zašla na škrljence severnega obrobja pri Črnučah, Tacnu in Mednem (Melik, 1959).

Največja pritoka Save na Ljubljanskem polju sta Kamniška Bistrica in Ljubljanica. Ostali pritoki so manjši, Mareličica z desne strani pri Mednem ter Gameljščica z leve strani nad Ježico. Ljubljanica predstavlja največji pritok Save in se izliva v Savo z desne strani, Kamniška Bistrica pa se izliva z leve strani. Oba pritoka pa se nahajata na spodnjem delu Ljubljanskega polja (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Ravnina ob Kamniški Bistrici predstavlja tako kot Ljubljansko polje v osnovi delo pliocenske rečne erozije (Melik, 1959). Osnova ravnine je dolina delovanja Bistrice, saj je morala zaradi preložitve Save v območje litijske antiklinale na Ljubljanskem polju, daljšati svojo strugo proti jugu (Melik 1959). Kamniška Bistrica je reka tipičnega gorskega značaja. Izvira v kraški kropi ob vznožju Kamniških Alp, kjer pride na površje kot kraški odtok. Dolina Kamniške Bistrice se pod Kamnikom močno razširi, najobsežnejša pa je med Mengšem, Trzinom ter Lukovico (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Ob Savinji in Krki predstavlja Ljubljanica enega izmed treh največjih pritokov reke Save. Ljubljanica združuje vodo s Cerkniskega kraka, ki sega od izvira Truhovica na Hrvaškem in s pivškega izpod Knežaka. Ponikle vode pridejo na površje na Loškem polju v izvirih Obrha, ki ponikne v Golobji jami in pride na površje na Cerkniskem polju pri Gornjem jezeru kot Stržen. Nato vode s Cerkniskega jezera poniknejo v Rakovsko-Javorniško podzemlje, ki je zakraselo ter tečejo proti Vrhniki, kjer pridejo na dan v izvirih Ljubije ter Bistre (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Rakovsko-Javorniškemu toku se v Malograjski jami pridruži Postojnsko-Javorniški podzemni tok ter reka Pivka. Reka Pivka predstavlja drugo povirno območje Ljubljanice. Ponika v Postojnsko jamo ter izvira kot Unica v Planinski jami. Ta se na površju združi z Malenščico. Unica prav tako ponikne ter se v podzemlju združi z Logaščico in Hotenjko. Vse skupaj pridejo na površje na Vrhniki v izvirih Močilnika in Retovja (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Ljubljanica teče preko Ljubljanskega barja in se izliva v Savo sklenjeno z minimalnim padcem. V Ljubljani se ji pridruži hudourniška Gradaščica zato se njen značaj spremeni. Vreže se v prodni nasip Ljubljanskega polja. Ljubljanica se tako izliva v Savo šele v zožitvi kotline, saj je zasipavanje Ljubljanske kotline s prodrom Save strugo odmikal na njen južni rob (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Po vseh dosedanjih raziskavah je velikost porečja Ljubljanice 1890 km^2 , kar predstavlja slabo desetino površja Slovenije. Porečje Ljubljanice spada po velikosti na drugo mesto, saj obsega velikost 18 % porečja Save (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Med Dolskim in Zalogom se Sava spusti v dolino Savskega hribovja Zasavje, ki je sprva še široka ter terasasto prekrita s kvartarnim prodrom potem pa se postopoma zožuje. Do Ponovič se reki Savi pridružijo manjši in krajši pritoki z obeh strani. Levi pritoki so Mlinščica, Grabnarjev in Tamackov graben, Stajski potok, Močilnik, Zaloški, Lovšeto, Dešenski in Loki potok, Prihudnik, Ravbarjev in Rafelnov graben. Desni pritoki so Gradolski potok, Gostinca, Lučna, Slapnica, Jevnice, Slatnarjev,

Cvarjev in Presenčev potok, Potoški graben, Drnik, Berečanov in Bedenov graben ter Reka (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Med Ponovičami in Spodnjim Logom teče Sava po tipični debri, v večinoma tesni soteski, saj prestopi iz karbonskega ozemlja v apniško-dolomitno območje, kjer se značaj doline spremeni. Ni več prodnate in ilovnate nasipine, prisotna so zelo strma pobočja, na katerih so obširne goljave (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Neposredno v Savo pritekajo nekateri kratki hudourniki. Levi pritoki so Konjski potok, Vidrnica, Savski potok, Mošnjak, Mošenik, Medija, Trboveljščica, Boben ter Suhadolski graben. Z desne strani so večji pritoki Maljek, Pasjek, Šumnik, Smeškovec, Šklendrovec, Mitovski slap, Ribnik in Koritnikov graben (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

3.2.3 Spodnja Sava

Savinja se izliva v Savo pri Zidanem Mostu. V zgornjem povirnem toku v Logarski dolini zajema porečje Savinje območje Savinjskih Alp in vzhodnih Karavank. Grajene so iz karbonatnih kamnin, iz dolomita in zakraselega apnenca. Gline, peščenjaki, tufi in manj prepustni skrilavci gradijo območje pod Lučami do Celja in Zidanega Mosta. Porečje Voglajne zbira vode z najbolj vzhodnega dela porečja Savinje. Pretežni del območja tvorijo neprepustne terciarne, mezozojske in paleozojske kamnine. Celjska kotlina je pomemben vodni vir podzemne vode. Dno sestavljajo neprepustni terciarni sedimenti, ki so prekriti s prodno plastjo (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Poleg Save, Drave in Kolpe je Savinja edina slovenska reka, katere dolžina toka preseže 100 km. Je tretja od pritokov Save po velikosti porečja. Porečje Savinje predstavlja 17 % ozemlja porečja Save oziroma 1847,7 km². Na visoke vode reke Save ima Savinja največji vpliv zaradi odtočnih značilnosti, večji od pritokov Krke in Ljubljanice, pri katerih so vode zadrževane (Kolbezen in Pristov, 1998).

Sava proti Radečam teče dolvodno od pritoka Savinje po odpornejših kamninah, kot sta apnenec in dolomit. Med Kompoljami in Sevnico teče Sava preko triadnega apniško-dolomitnega območja, ki je zožilo dolino v kratko deber. Ob izlivu Mirne se dolina znova razširi (Kolbezen in Pristov, 1998).

Blanščica (28 km²) in Brestanica (76 km²) sta ena izmed večjih hudourniških pritokov, ki se iztekata v Savo na območju med Sevnico in Krškim. Dolina Save je strma vse do Vidma in predstavlja zadnjo sotesko v savskem loku. Od tu naprej pa do izliva v Donavo teče reka Sava samo še po ravnini.

Najprej se umiri v Krško-Brežiški ravnini, kjer teče v plitvi strugi po svoji nasipini (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

Krška kotlina je sorazmeroma mlada udorina. Nastala je ob križanju alpske in dinarske smeri, njen obris je pravilne pravokotniške oblike. Prekrita je z debelo plastjo konglomerata in kvartarnega proda, vmes pa se nahajajo vložki gline. Dno kotline je sestavljeno iz neprepustnih terciarnih plasti (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007). Krško polje ponazarja pomemben del Krške ravnine. Dejansko predstavlja prostrani vršaj, ki ga je Sava v diluviju nasula v središče kotline. Celo Krško polje je sestavljeno iz pretežno apniškega proda, ki je prekrit z debelo plastjo preperine. Na Krškem polju vse padavine poniknejo v tla in napajajo zaloge podzemne vode (Melik, 1959).

Po velikosti porečja je Krka največji pritok Save, saj meri 21,4 % celotnega porečja Save oziroma 2315,1 km² površine ter se izteka v Savo pri Čatežu. Porečje Krke je grajeno iz visokega krasa, iz razpokanih, zakraselih in prepustnih karbonatnih kamnin, apnenca in dolomita. Zaradi geološke zgradbe vode hitro poniknejo in pridejo na površje v številnih izvirih (Horvat, 2009; cit. po Kryžanowski in sod., 2007).

3.3 Meteorološke značilnosti

Pri analizi poplavnih valov vzdolž reke Save, so najpomembnejši vhodni podatki, podatki o padavinah in pretokih, ter njihova časovna odvisnost, kar je pomembno za izračun časa potovanja valov.

3.3.1 Padavine

V Sloveniji so obilne padavine pogost pojav, njihove posledice pa so odvisne od trajanja padavin in od kraja, kjer so padle. Deževje, ki traja dlje časa in se raztegne čez več dni ali celo mesec, običajno povzroči porast vodotokov in s tem posledično poplave. Zelo intenzivne kratkotrajne padavine pa lahko povzročijo hudourniške poplave. Deroča voda tako lahko ob kratkotrajnih nalivih sproži zemeljske plazove manjših razsežnosti. Poleg obilnih padavin pa imamo v Sloveniji opravka tudi s pomanjkanjem padavin, kar lahko privede do meteorološke suše. Meteorološka suša se zgodi, če so padavine dlje časa pod dolgoletnim povprečjem. Posledici meteorološke suše pa sta hidrološka in kmetijska suša. V primeru hidrološke suše se pretoki rek in nivo podtalnice zelo znižajo. Pri kmetijski suši pa je v vegetacijskem obdobju tak primanjkljaj padavin, da vpliva na rast nekaterih kultur (Dolinar, 2006).

3.3.2 Geografska razporeditev padavin

Geografska razporeditev padavin je povezana z razgibanostjo reliefa. Količina padavin se od morja proti notranjosti Slovenije povečuje zaradi orografskega učinka, maksimum pa doseže na dinarsko-alpski pregradi. Največ padavin pade na privetni strani grebenov Julijskih Alp in na privetni strani Snežnika (v povprečju več kot 2600 mm), na nekaterih najvišjih grebenih pa pade tudi več kot 3200 mm padavin. Drugje v Karavankah, Julijskih Alpah in na robnih visokih dinarskih planotah pa pade povprečno letno med 2000 in 2600 mm padavin. Proti severovzhodu za dinarsko pregrado se količina padavin hitro zmanjšuje zaradi oddaljenosti od orografske pregrade. Zaradi orografskega učinka pade večja količina padavin le še na Gorjancih in na Pohorju (do 1800 mm). V Ljubljanski kotlini količina padavin pada od severa proti jugu. Na jugovzhodu kotline se količina padavin giblje okrog 1300mm, na skrajnem severu pa do 1800 mm. V nižjih predelih Zasavskega hribovja, na Koroškem, Štajerskem do Maribora, na Dolenjskem in v Beli krajini pade med 1200 in 1300 mm padavin letno, medtem ko v višjih predelih Zasavskega hribovja pade do 1400 mm padavin letno. Na severovzhodu države (Prekmurje) letna količina padavin ne preseže 900 mm, zaradi vpliva celinskega podnebja. Ob obali se letna količina padavin giblje med 1100 mm in 1200 mm (Frantar, 2008).

V Sloveniji pade največ padavin, ko se vlažne in relativno tople zračne mase preko države pomikajo z jugovzhodnim vetrom, zato taka prostorska razporeditev padavin. Premikanje zračnih mas poteka v smeri, ki je pravokotna na grebene orografske pregrade, zato se ob njih zračne mase dvigajo, zrak se ohlaja in nastanejo padavine. Zaradi tega so maksimalne letne padavine v Julijcih, kjer pade letno nad 3200 mm padavin. Območje Julijskih Alp tako spada med najbolj namočeno območje v Alpah in v Evropi. Razmerje med najmanj in najbolj namočenimi območji je skoraj 1:4 (Frantar, 2008).

3.3.3 Časovna razporeditev padavin

Kljub temu, da v Sloveniji nimamo izrazito mokrega ali suhega dela leta, se opazijo večje razlike med meseci oziroma letnimi časi. Za submediteransko podnebje (Bilje) sta značilna dva maksimuma, konec pomladi in jeseni. Največ padavin je značilno za alpsko podnebje (Kredarica, Rateče) jeseni, manj izrazit maksimum pa je ob koncu pomladi oziroma ob začetku poletja. Pri celinskem podnebju (Murska Sobota, Novo mesto) se pojavi največ padavin ob poletnih nevihtah in plogah, najmanj pa v času zime. Količina padavin se iz leta v leto lahko močno spreminja. Globalne podnebne spremembe prav tako vplivajo na spremembo količine padavin (Frantar, 2008).

3.4 Vodomerne postaje

Merilna mreža oziroma hidrološki monitoring predstavlja osnovno podporo hidrološki dejavnosti. Vsa opazovanja in meritve slonijo na mreži vodomernih postaj. Na razvoj mreže vodomernih postaj so vplivali različni dejavniki: varstvo naselij pred poplavami, uporaba vode za vodooskrbne, tehnološke in energetske namene ter varovanje okolja (Kolbezen in Pristov, 1998).

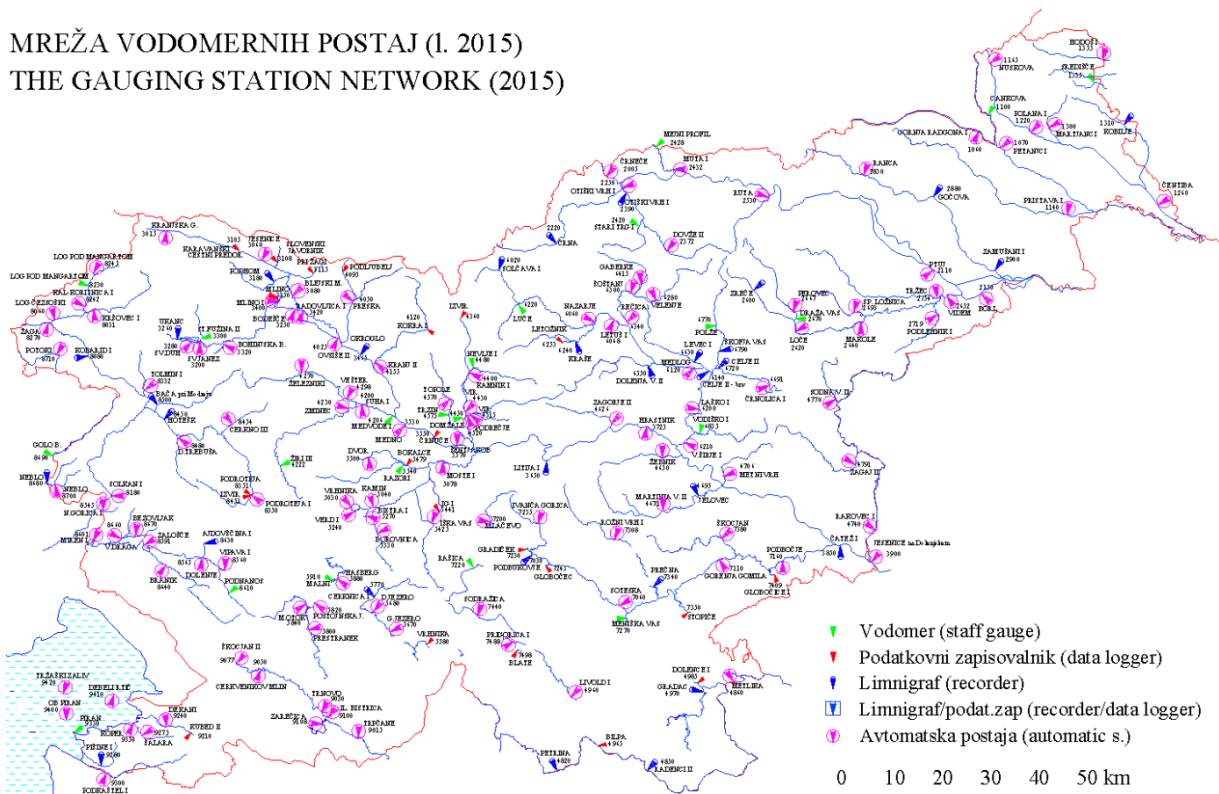
Na porečju Save so začele delovati prve vodomerne postaje že leta 1850. Tistega leta je bil postavljen vodomer pri Litiji. Leto 1893 lahko vzamemo za prelomno. Od leta 1893 naprej so začeli objavljati podatke (vodostaje) za reko Savo v centralnem letopisu » Jahrbuch des hydrographischen Zentralbureaus« (Starec in sod., 2011).

Za leto 1895 je v centralnem letopisu omenjenih 7 vodomernih postaj za reko Savo v Sloveniji ter 11 vodomernih postaj za pritoke. Razvoj hidrološke mreže na reki Savi in njenih pritokov je potekal zelo hitro. Leta 1913 je bilo 78 vodomernih postaj na porečju Save, na sami reki Savi je bilo 15 postaj. Istega leta je bilo na porečju Save postavljenih že 10 limnigrafov (Starec in sod., 2011). Med prvo in drugo svetovno vojno se je število vodomernih postaj zmanjšalo. Podatke o vodostajih je v tistem času objavljalo Ministrstvo za gradnje v Beogradu v letni publikaciji »Izveštaj o vodnim talozima, vodostajima i količinama vode« (Starec in sod., 2011).

Po koncu druge svetovne vojne leta 1945 so bile vse pomembnejše vodomerne postaje opremljene z limnigrafi. Na Savi je leta 1978 delovalo 10 vodomernih postaj: Radovljica, Kranj, Prebačevo, Medno, Šentjakob, Litija, Radeče, Krško, Brežice ter Čatež. 156 vodomernih postaj pa je takrat delovalo na pritokih reke Save (Starec in sod., 2011).

Tudi kasneje so se dogajale spremembe v mreži vodomernih postaj, predvsem zaradi izgradnje energetskega objekta, kot so Mavčiče, Vrhovo, NE Krško. Na pritokih je prav tako prihajalo do sprememb, saj se je mreža vodomernih postaj prilagajala zahtevam in potrebam posodobitve mreže hidroloških postaj v Sloveniji (slika 2) (Starec in sod., 2011).

MREŽA VODOMERNIH POSTAJ (I. 2015)
THE GAUGING STATION NETWORK (2015)



Slika 2: Mreža delujočih vodomernih postaj državnega monitoringa na površinskih vodah (ARSO, 2015).

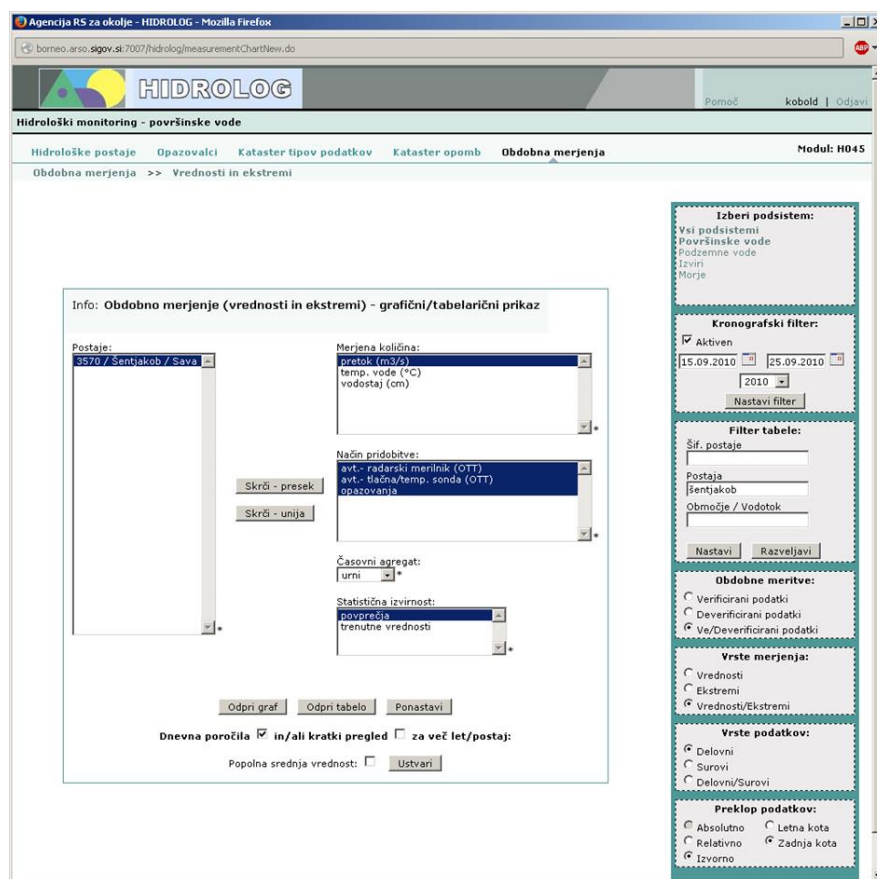
4 HIDROLOŠKI PODATKI

Pri pripravi podatkov smo se omejili na visokovodne (poplavne) valove. Podatke o visokih vodah se uporablja kot podlago za načrtovanje in dimenzioniranje vodnogospodarskih objektov za varstvo pred škodljivim delovanjem voda ter za načrtovanje infrastrukturnih objektov za rabo prometa in voda (Starec in sod., 2011). Ker gre za uporabo podatkov v načrtovalske namene, je odločilno, da razpolagamo s kvalitetnimi in zanesljivimi podatki. Za pripravo podatkov smo uporabljali programsko orodje Hidrolog Agencije RS za okolje (ARSO, 2015).

4.1 Program Hidrolog

Za pripravo podatkov smo uporabili programsko orodje Hidrolog (slika 3) na Agenciji RS za okolje (ARSO), ki je pravzaprav informacijski sistem državne hidrološke službe. Orodje Hidrolog združuje podsisteme državne merilne mreže za podzemne vode, površinske vode, izvire in morja (Kobold, 2010).

Program Hidrolog vsebuje zbirko surovih in delovnih vrednosti merjenih hidroloških podatkov. Omogoča celotno obdelavo hidroloških podatkov ter upravljanje s podatki. Zbirko surovih vrednosti predstavljajo podatki o vrednostih, odčitanih s poljubnega merilnika, vrednostih, ki jih zabeležijo merilne naprave z merilniki ter o vrednostih, ki se lahko določijo z laboratorijsko analizo zajetih vzorcev. Vse surove vrednosti so časovno in prostorsko določene ter do določene mere kontrolirane in pripravljene za nadaljnje obdelave, ki se izvajajo v orodju Hidrolog v tabelarni ali grafični obliki. Prednost programa je, da se skrajšuje časovni zamik med meritvami in verifikacijo oziroma objavo podatkov. Tudi izračun srednjih dnevnih pretokov iz urnih ter verifikacija urnih vrednosti pomenita kakovostnejše in uporabnejše podatke (Kobold, 2010).



Slika 3: Orodje Hidrolog (ARSO, 2015).

4.2 Pregled in priprava podatkov

Pri obdelavi hidroloških podatkov smo izhajali iz Hidrološke študije srednje Save (Starec in sod., 2011), kjer so izhajali iz obstoječega hidrološkega gradiva s ciljem zagotoviti ustrezne hidrološke podatke za obdobje 60 let. V okviru študije so obravnavani podatki in vodomerne postaje samo za srednjo Savo. Pri naši analizi poplavnih valov vzdolž reke Save, pa je zajeto celotno porečje reke Save v Sloveniji, zato je obdelanih večje število postaj. Pregledali smo obdobja razpoložljivih hidroloških podatkov za naslednje vodomerne postaje na reki Savi:

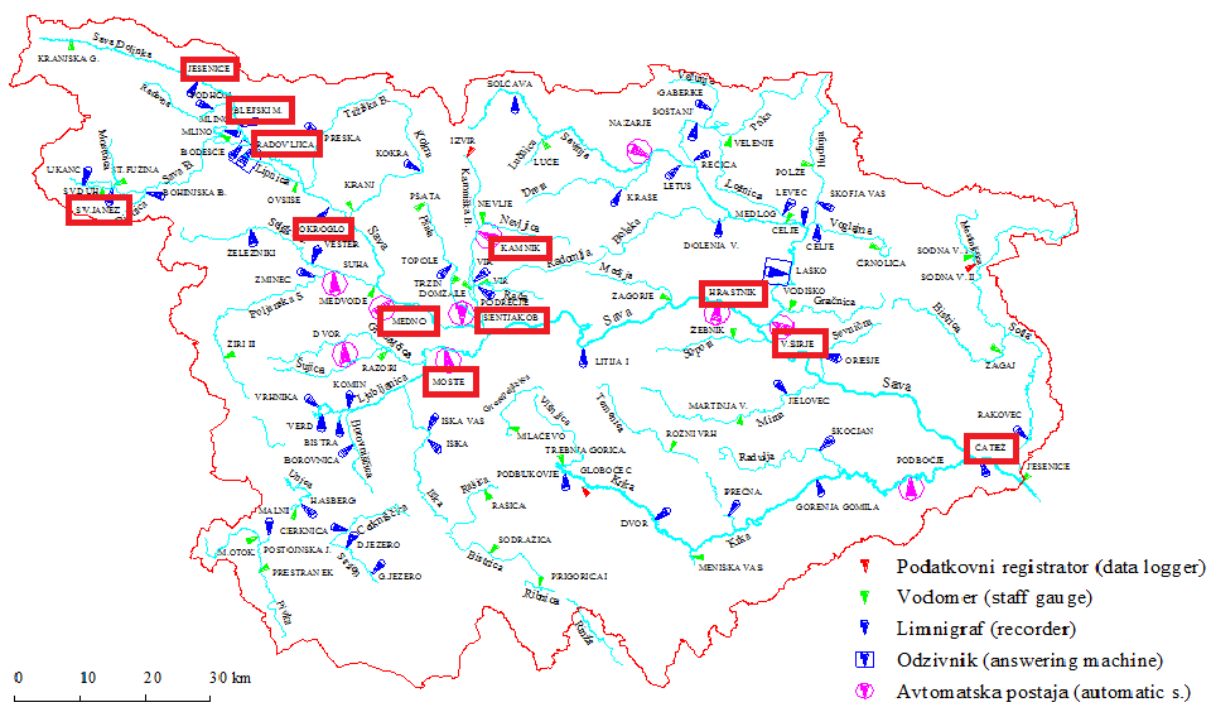
- Jesenice,
- Sveti Janez,
- Blejski most,
- Radovljica,
- Okroglo,
- Medno,
- Šentjakob,

- Litija,
- Hrastnik,
- Čatež,

ter pritokih:

- Sora - vodomerna postaja Suha,
- Kamniška Bistrica - vodomerna postaja Kamnik,
- Ljubljanica - vodomerna postaja Moste,
- Savinja - vodomerna postaja Veliko Širje.

Kriterij za izbor so bile postaje z zabeleženimi zveznimi zapisi visokovodnih valov (urni podatki) in postaje glavnih pritokov, ki so bile najbližje izlivu v Savo (slika 4).



Slika 4: Obravnavane vodomerne postaje na reki Savi in njenih pritokih (ARSO, 2015).

Preglednica 1: Osnovni podatki obravnavanih vodomernih postaj.

ŠIFRA	POSTAJA	VODOTOK	STACIONAŽA [km]	ZALEDJE [km ²]	GKY
3060	Jesenice	Sava Dolinka	919,45	257,56	427697
3200	Sveti Janez	Sava Bohinjka	32,8	93,99	414565
3080	Blejski Most	Sava Dolinka	906,23	505,4	433785
3410	Radovljica	Sava	900,98	907,97	436080
3420	Radovljica I	Sava	900,95	907,97	436120
3465	Okroglo	Sava	881,73	1201,48	447916
4190	Suha	Sora	8,06	566,34	448240
4200	Suha I	Sora	7,98	566,34	448320
3530	Medno	Sava	860,51	2201,45	457130
4400	Kamnik I	Kamniška Bistrica	19,54	194,78	470525
4410	Kamnik	Kamniška Bistrica	19,44	194,79	470500
3570	Šentjakob	Sava	847,1	2284,8	468075
5078	Moste I	Ljublanica	11,83	1762,32	465120
5080	Moste	Ljublanica	11,39	1762,52	465490
3650	Litija I	Sava	818,65	4821,43	486670
3660	Litija	Sava	818,15	4821,8	487124
3725	Hrastnik	Sava	793,5	5176,79	507381
6208	Veliko Širje	Savinja	2,12	1841,79	515395
6210	Veliko Širje I	Savinja	2	1841,9	515244
3840	Čatež	Sava	737,37	10185,75	547080
3850	Čatež I	Sava	736,695	10186,45	547709

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 1

GKX	LON [°]	LAT [°]	KOTA »0« [m]	ZAČETEK	KONEC	Aktivnost
143744	14,05902	46,434212	566,433	1918		1
126620	13,891265	46,278624	524,948	1951		1
136305	14,139295	46,367908	427,946	1959		1
133230	14,169543	46,340462	409,086	1910	1953	0
133220	14,170064	46,340376	408,086	1953		1
123760	14,324355	46,256269	355,702	1986		1
113320	14,329701	46,162358	330,47	1945	1952	0
113319	14,330737	46,162355	329,47	1953		1
108860	14,445225	46,122844	300,273	1968		1
120070	14,617865	46,224423	370,799	1954		1
120000	14,617545	46,223792	370,799	1926	1958	0
104515	14,58715	46,084346	268,185	1926		1
101350	14,54917	46,055722	281,293	2005		1
101180	14,553964	46,054211	280,798	1924	2005	0
101285	14,827707	46,055896	230,444	1953		1
101411	14,833571	46,057039	230,62	1895	1952	0
108630	15,095515	46,12208	193,85	1993		1
105435	15,199118	46,093197	190,175	1955	1966	0
105337	15,197162	46,092318	189,957	1967		1
83390	15,606742	45,893384	138,383	1955	1976	0
83402	15,614849	45,893449	137,279	1976		1

Na spletni strani Agencije republike Slovenije so na voljo za vsako vodomerno postajo njeni osnovni podatki (ARSO, 2015). V preglednici 1 so predstavljene obravnavane vodomerne postaje, podatki o vodotoku, stacionaži, zaledju, koordinatah lokacije vodomerne postaje, geografski dolžini in širini, nadmorski višini zadnje kote "0" vodomera, začetku ter koncu delovanja in aktivnosti vodomerne postaje. Številka se razlikuje pri aktivnosti postaje. Številka 1 pomeni, da je vodomerna postaja delujoča, številka 0 pa pomeni, da je bila postaja ukinjena. Iz preglednice 1 je razvidno, da so bile postaje Radovljica, Suha, Kamnik, Moste, Litija, Veliko Širje ter Čatež ukinjene, vendar so bile pred tem v bližini obstoječih merilnih mest vzpostavljene nove merilne postaje. Na podlagi podanih stacionaž za vodomerne postaje ter z uporabo Atlasa okolja (ARSO, 2015) smo izračunali razdalje med postajami, ki so podane v preglednici 2.

Preglednica 2: Razdalje med postajami.

od v.p.	JESENICE	km	SVETI JANEZ	km	BLEJSKI MOST	km	RADOVLJICA	km
do:	Blejski most	13,3	Blejski most	38	Radovljica	5,2	Okroglo	19,03
	Sveti Janez	51,3	Radovljica	32,8	Okroglo	24,23	Suha	45,5
	Radovljica	18,5	Okroglo	51,83	Suha	42,5	Medno	40,1
	Okroglo	37,53	Suha	70,1	Medno	45,3	Šentjakob	53,3
	Suha	64	Medno	72,9	Šentjakob	58,5	Kamnik	77,4
	Medno	58,6	Šentjakob	86,1	Kamnik	82,8	Moste	70
	Šentjakob	71,8	Kamnik	110	Moste	75,2	Litija	82,3
	Kamnik	96,1	Moste	103	Litija	87,5	Hrastnik	106,9
	Moste	88,5	Litija	115	Hrastnik	112,1	Veliko Širje	116,85
	Litija	100,8	Hrastnik	139,7	Veliko Širje	122,05	Čatež	164,26
	Hrastnik	125,4	Veliko Širje	148	Čatež	169,46		
	Veliko Širje	135,4	Čatež	197				
	Čatež	183						

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 2

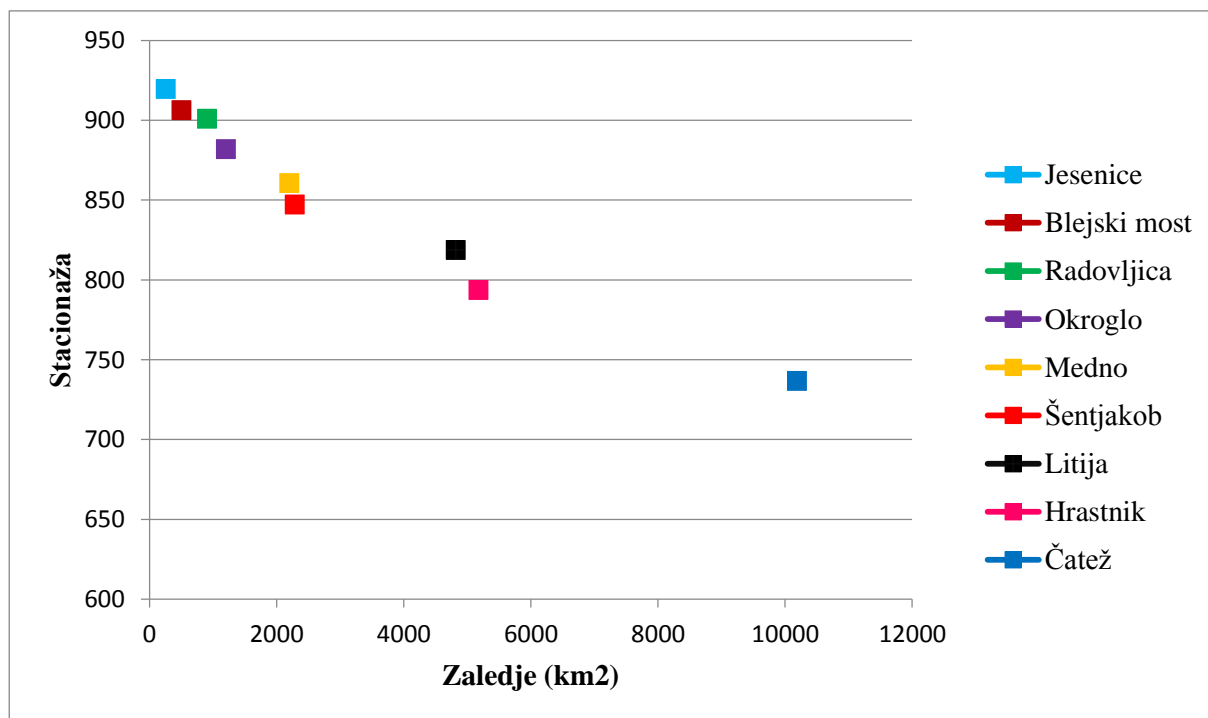
OKROGLO	km	SUHA	km	MEDNO	km	ŠENTJAKOB	km
Suha	26,47	Medno	11	Šentjakob	13,2	Kamnik	24,3
Medno	21	Šentjakob	24,2	Kamnik	37,5	Moste	16,9
Šentjakob	21,07	Kamnik	48,3	Moste	30,1	Litija	29,2
Kamnik	58,57	Moste	40,9	Litija	42,4	Hrastnik	53,8
Moste	50,97	Litija	53,2	Hrastnik	67	Veliko Širje	63,75
Litija	63,27	Hrastnik	77,8	Veliko Širje	76,95	Čatež	111,16
Hrastnik	87,87	Veliko Širje	79,55	Čatež	124,36		
Veliko Širje	97,82	Čatež	135,16				
Čatež	145,23						

se nadaljuje...

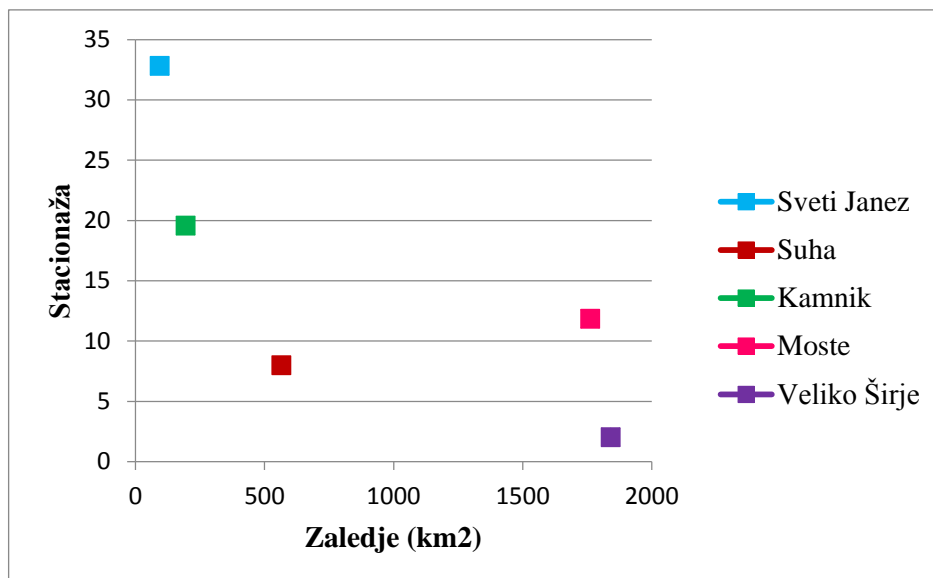
...nadaljevanje Preglednice 2

KAMNIK	km	MOSTE	km	LITIJA	km	HRASTNIK	km	VELIKO ŠIRJE	km
Moste	31,8	Litija	36,1	Hrastnik	24,6	Veliko Širje	34,55	Čatež	49,36
Litija	44,1	Hrastnik	60,7	Veliko Širje	34,6	Čatež	57,36		
Hrastnik	68,7	Veliko Širje	70,65	Čatež	82				
Veliko Širje	78,65	Čatež	118,06						
Čatež	126,1								

Na podlagi izračunanih razdalj med vodomernimi postajami in podanih stacionaž vodomernih postaj smo naredili grafikon, ki prikazuje razmerje med stacionažo in zaledjem vodomerne postaje za vodomerne postaje na reki Save (grafikon 1) ter grafikon, ki prikazuje razmerje med stacionažo in zaledjem vodomerne postaje za vodomerne postaje glavnih pritokov (grafikon 2).

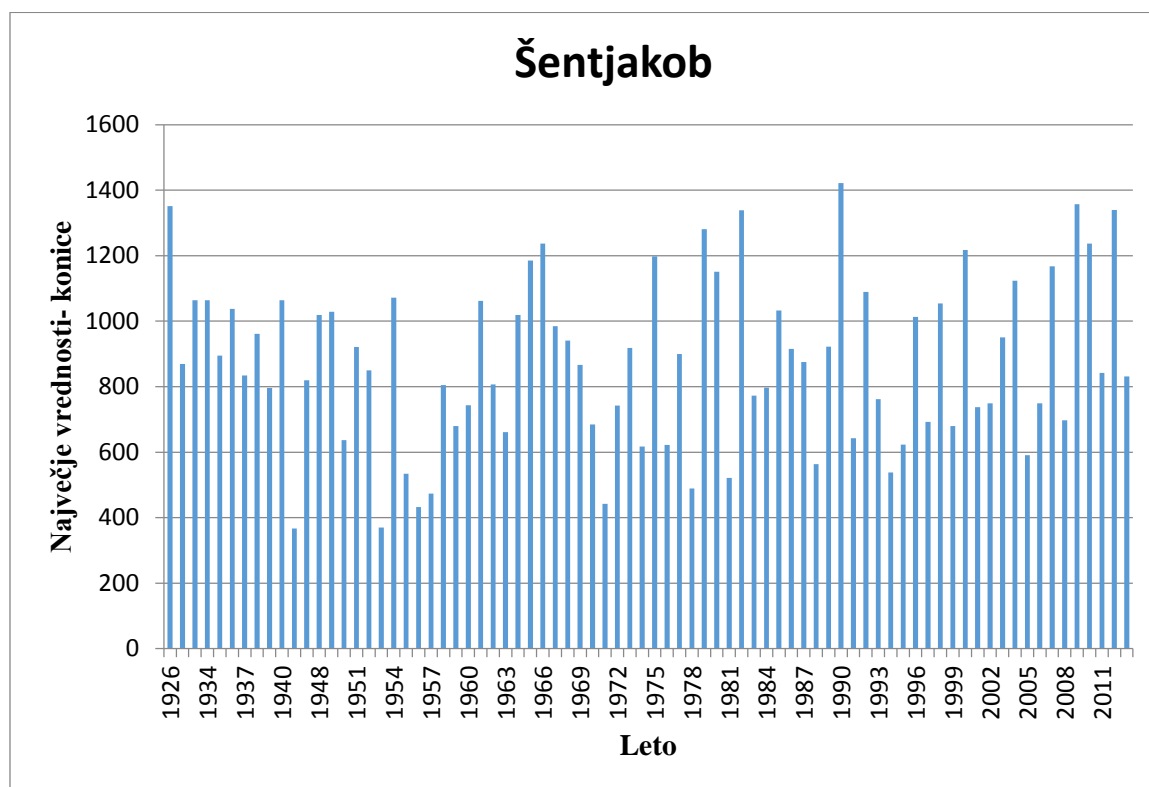


Grafikon 1: Grafikon vodomernih postaj na reki Savi, ki prikazuje razmerje med stacionažo in zaledjem postaje.



Grafikon 2: Grafikon vodomernih postaj na pritokih reke Save, ki prikazuje razmerje med stacionažo in zaledjem postaje.

Za vsako vodomerno postajo so na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje na voljo obdobjne statistike (http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html). Podani so podatki o najmanjših, srednjih in največjih mesečnih, letnih in obdobjnih vrednosti pretokov. Za analizo poplavnih valov smo uporabili največje letne vrednosti - konice. Iz grafično urejenih podatkov (grafikon 3) je razvidno, v katerih letih so bili pretoki največji.



Grafikon 3: Maksimalni letni pretoki za posamezna leta obdobje meritev na reki Savi v Šentjakobu (ARSO, 2015).

V hidrološki študiji srednje Save (Starec in sod., 2011) so izhajali iz dejstva, da mora časovno obdobje za analizo poplavnih valov zajemati vsaj eno mokro in vsaj eno suho obdobje. V omenjeni študiji je analiza hidroloških podatkov za reko Savo v profilih vodomernih postaj med Medvodami in Zidanim Mostom pokazala, da je glede na razpoložljive hidrološke podatke in njihovo zanesljivost z upoštevanjem mokrih in suhih obdobij smiselno upoštevati podatke med leti 1949 in 2008 (60 let). V študiji so potem skupaj upoštevali 62 let, saj so se leta 2010 pojavile na reki Savi katastrofalne visoke vode, ki so zahtevale podaljšanje časovnega obdobja od 1949 do 2010.

V diplomski nalogi smo analizirali enaka leta kot v hidrološki študiji srednje Save, dodana pa sta december 2010 ter november 2012, saj so bili takrat tudi precej veliki visokovodni valovi. Leta upoštevana v diplomski nalogi so torej: 1964, 1965, 1966, 1969, 1973, 1979, 1980, 1982, 1985, 1990, 1992-1 (november 1992), 1992-2 (december 1992), 1996, 1998, 2000, 2004, 2007, 2009, 2010-1 (september 2010), 2010-2 (december 2010) in 2012.

Za računanje potovanja valov vzdolž reke Save so potrebni podatki o pretokih na posameznih vodomernih postajah in čas nastopa konice vala. Podatke pretokov smo pridobili s pomočjo programa Hidrolog (ARSO, 2015). Za izvoz podatkov je potrebno vpisati vodomerno postajo ter leto, za katero

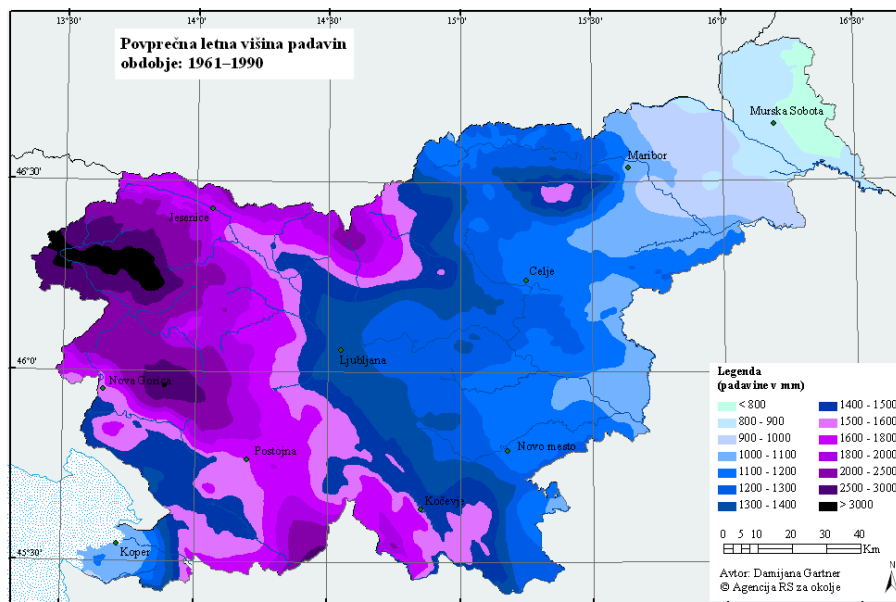
nas zanimajo podatki. V Hidrologu smo s pomočjo podanih grafov poleg podatkov o pretokih pridobili tudi datume konic za vse postaje in za vsa leta. Z datumom konice smo definirali ožje obdobje za izvoz podatkov o pretokih. Za nekatere postaje so bili podani dnevni podatki in podatki o povprečnih dnevni pretokih, za nekatere pa urni podatki in podatki pretoka za vsako uro.

Nekatere postaje v določenih letih niso delovale oziroma ni bilo podatkov o pretokih, zato jih pri obdelavi podatkov tistega leta nismo mogli upoštevati. Za postajo Okroglo ni podatkov do leta 1985, saj do leta 1986 postaja še ni delovala. Vodomerne postaja Hrastnik je začela delovati šele leta 1993, zato prej ni merjenih podatkov. Za vodomerno postajo Kamnik ni bilo podatkov za leto 2010 (september), za Blejski most za leta 1973 in 2007 ter za postajo Litija za leto 1998.

4.3 Opis posameznih visokovodnih dogodkov

V obdobju od leta 1980, zlasti v zadnjih letih so hidrološki ekstremi vse pogostejši. V Sloveniji smo doživeli naslednje hidrološke ekstreme, sušna leta 2001, 2003 in 2006, hudourniške poplave leta 2007 ter povodnji leta 2009 in 2010 (Polajnar, 2011). Na sliki 5 je prikazana povprečna letna višina padavin za obdobje od leta 1961 do leta 1990. Iz slike je razvidno, da je v obravnavanem obdobju padlo največ padavin na Gorenjskem, Goriškem in Primorsko-Notranjskem, manj v okolici Ljubljane, jugovzhodni Sloveniji, na Koroškem in Savinjskem, najmanj pa na Podravskem in Pomurskem ter na obali. V zadnjih letih je zgodnje zaznavanje in opozarjanje pred hidrološkimi ekstremi zelo napredovalo. Posledice vodnih ujm lahko zmanjšamo z nadaljnjimi prizadevanji za prilagajanje podnebnim razmeram ter s prostorsko politiko in urejanjem voda (Polajnar, 2011).

Pri opisih visokovodnih dogodkov v posameznih letih v nadaljevanju smo za primerjavo podali tudi mesečne vrednosti pretokov za vodomerne postaji Radovljica in Čatež, ki smo jih dobili na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje (http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html).



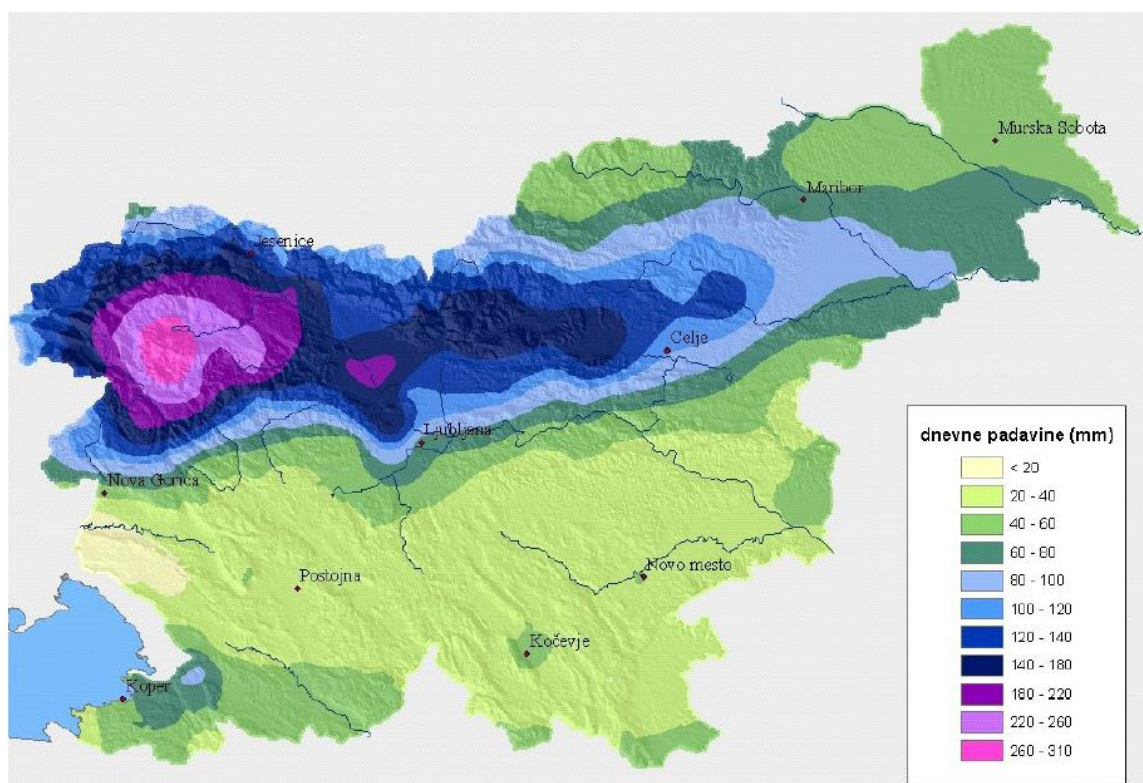
Slika 5: Povprečna letna višina padavin za obdobje od leta 1961 do leta 1990 (ARSO, 2015).

V letu 1998 je bila večina mesecev nadpovprečno toplih. Na začetku pomladi se je pojavila suša, poletje je bilo vroče, jeseni pa so se pojavile poplave (Cegnar in Bernot-Ivančič, 1999). Poplave na začetku novembra 1998 poleg zemeljskih plazov in potresa v Zgornjem Posočju predstavljajo najhujšo naravno nesrečo tega leta. Od 200 do 300 litrov padavin je padlo v zahodnih hribovitih predelih, v osrednji Sloveniji več kot 100 litrov in v Prekmurju 70 litrov na kvadratni meter (Šipec, 1999). V času poplav leta 1998 je voda zalila več stanovanjskih objektov, v nekaterih krajih je bila motena tudi oskrba z električno energijo in vodo. Pojavili so se številni zemeljski plazovi, zaradi katerih so bile zaprte ceste. Vzrokov za obilne padavine leta 1998 je več. Prehod fronte čez naše kraje je bil upočasnen, zaradi Genovskega ciklona na hladni fronti. Zaradi vetrovnega striženja v nižinah je nastala večja količina padavin na severovzhodu Slovenije (Dolinar, 1999). Novembra je bila največja mesečna vrednost pretokov na vodomerni postaji Radovljica $342 \text{ m}^3/\text{s}$ in na vodomerni postaji Čatež $1622 \text{ m}^3/\text{s}$ (dnevno povprečje).

Jeseni leta 2000 so bile visoke dnevne padavine. Največ padavin je v oktobru padlo v južni in zahodni Sloveniji, novembra pa je največ padavin padlo v severozahodni Sloveniji na nekaterih najbolj namočenih območjih celo več kot 1400 mm (Dolinar, 2000-2001). Na vodomerni postaji Radovljica je bila tako novembra največja mesečna vrednost pretokov $687 \text{ m}^3/\text{s}$, na vodomerni postaji Čatež pa $1892 \text{ m}^3/\text{s}$ (dnevno povprečje). Nastale so številne poplave in zemeljski plazovi. Leta 2000 je bil

najbolj katastrofalen plaz pod Mangartom. Poplave so se razširile čez vso Slovenijo, najmanj jih je bilo na vzhodu Slovenije, največ pa v Posočju in na Notranjskem (Dolinar, 2000-2001).

Leta 2007 je bila večina padavin osredotočena na visokogorske predele, kjer je odtok padavin zelo hiter in velik. Zaradi takšnega obsega padavin je hitrost visokovodnih valov narasla. Pretoki visokovodnih konic so tega leta presegli stoletno povratno dobo velikih pretokov. Prišlo je do poplavljanja vodotokov, kar je povzročilo gmotno škodo. Poleg ogromne škode, pa je septembra 2007 v povodnji umrlo šest ljudi (Kobold, 2008). Največja mesečna vrednost pretoka na vodomerni postaji Radovljica je septembra leta 2007 dosegla $571 \text{ m}^3/\text{s}$, na vodomerni postaji Čatež pa $1829 \text{ m}^3/\text{s}$ (dnevno povprečje). Na sliki 6 je prikazana dnevna količina padavin od 8. ure 18. septembra do 8. ure 19. septembra leta 2007. Iz slike je razvidno, da je bila največja količina padavin na severozahodu in severu Slovenije, najmanjša pa na jugu Slovenije.



Slika 6: Dnevna količina padavin od 8. ure 18. septembra 2007 do 8. ure 19. septembra 2007 (ARSO, 2015)

Decembra leta 2009 je prišlo do poplavljanj vodotokov, jezer in morij. Nastali so številni zemeljski plazovi. Povodenj je dosegla večji del države, najmanj severovzhodni del (ARSO, 2010). Najbolj so narasle reke s povirji v Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alpah predvsem zaradi obilnih padavin in taljenja snega. Leta 2009 je bilo tudi prvič uporabljeno opozarjanje pred poplavami s sistemom barvne

kode (npr. rdeča stopnja ogroženosti) (Polajnar, 2010). Na vodomerni postaji Radovljica je decembra mesečna vrednost pretoka znašala $709 \text{ m}^3/\text{s}$, na vodomerni postaji Čatež pa $2430 \text{ m}^3/\text{s}$.

Poplave leta 2010 spadajo med največje poplave v zadnjih sto letih. Vsota padavin v času poplav je septembra preseгла izmerjene rekordne vrednosti. Poplave septembra tega leta so bile izjemne, decembra pa običajne. Manjši pritoki ter reke Ljubljanica, Vipava, Krka, Dragonja, Rižana in Sava v spodnjem toku so presegle najvišje do sedaj izmerjene vrednosti pretokov. Zaradi poplav je nastalo veliko materialne škode, življenje pa so izgubili trije ljudje (Polajnar, 2011). Poplave, ki so bile septembra, so se večinoma pojavile na ogroženih poplavnih območjih ter tudi na območjih, kjer niso pogoste. Pojavile so v jugozahodnem delu Ljubljane, na Ljubljanskem barju, na območju Dobropolja, v Vipavski dolini in ob Krki (Kobold, 2011). Septembra 2010 je bil mesečni pretok na vodomerni postaji Radovljica $442 \text{ m}^3/\text{s}$ in na vodomerni postaji Čatež $3811 \text{ m}^3/\text{s}$, decembra pa $364 \text{ m}^3/\text{s}$ in $1908 \text{ m}^3/\text{s}$.

Oktobra in novembra leta 2012 so obilne padavine povzročili zaporedni sredozemski cikloni in spreminjajoče vremenske fronte ter zmerno do močen jugozahodnik v višinah. V Mrzli Rupi na Idrijskem je bilo izmerjenih 637 mm padavin, v Kamniško-Savinjskih Alpah okoli 400 mm , v Vipavski dolini nad 250 mm , na skrajnem severozahodu 300 mm in ob morju manj kot 200 mm padavin (Vertačnik, 2013). Tudi poplave leta 2012 so povzročile gmotno škodo na stanovanjskih in poslovnih objektih ter na vodni infrastrukturi (Kobold, 2013). Na vodomerni postaji Radovljica je največja mesečna vrednost pretoka novembra znašala $809 \text{ m}^3/\text{s}$, na vodomerni postaji Čatež pa $3811 \text{ m}^3/\text{s}$.

Če primerjamo največje mesečne vrednosti pretokov v letih 1998, 2000, 2007, 2009, 2010 (september), 2010 (december) in 2012 na vodomernih postajah Radovljica in Litija, vidimo, da je bil največji pretok na vodomerni postaji Radovljica novembra leta 2012, ko je znašal $809 \text{ m}^3/\text{s}$ in na vodomerni postaji Litija septembra leta 2010, ko je znašal $3811 \text{ m}^3/\text{s}$.

5 REZULTATI

5.1 Čas pojava konic visokovodnih valov

V preglednicah 3 do 23 so predstavljeni datumi in časi pojava visokovodnih konic za obravnavane vodomerne postaje, za vsako leto posebej.

Preglednica 3: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1964.

Sveti Janez	25.10.	12:00
Jesenice	24.10.	19:00
Blejski most	25.10.	10:00
Radovljica	25.10.	12:00
Okroglo	/	/
Suha	25.10.	15:00
Medno	/	/
Šentjakob	25.10.	17:31
Kamnik	24.10.	8:42
Moste	25.10.	17:41
Litija	25.10.	22:49
Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	25.10.	18:00

Preglednica 4: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1965.

Sveti Janez	02.09.	12:00
Jesenice	02.09.	12:00
Blejski most	02.09.	12:00
Radovljica	02.09.	12:00
Okroglo	/	/
Suha	02.09.	17:22
Medno	/	/
Šentjakob	02.09.	22:34
Kamnik	02.09.	3:23
Moste	03.09.	1:42
Litija	03.09.	5:40
Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	03.09.	12:00

Preglednica 5: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1966.

Sveti Janez	02.12.	22:00
Jesenice	03.12.	12:00
Blejski most	03.12.	12:00
Radovljica	03.12.	4:30
Okroglo	/	/
Suha	03.12.	0:30
Medno	/	/
Šentjakob	03.12.	4:43
Kamnik	03.12.	2:08
Moste	03.12.	7:13
Litija	03.12.	10:40
Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	03.12.	20:00

Preglednica 6: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1969.

Sveti Janez	14.11.	17:00
Jesenice	14.11.	10:00
Blejski most	14.11.	17:00
Radovljica	14.11.	14:00
Okroglo	/	/
Suha	14.11.	13:00
Medno	14.11.	17:00
Šentjakob	14.11.	16:33
Kamnik	14.11.	5:42
Moste	15.11.	3:25
Litija	15.11.	8:36
Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	15.11.	12:00

Preglednica 7: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1973.

Sveti Janez	25.09.	12:00
Jesenice	25.09.	17:00
Blejski most	/	/
Radovljica	25.09.	22:30
Okroglo	/	/
Suha	25.09.	21:45
Medno	25.09.	23:30
Šentjakob	25.09.	23:00
Kamnik	25.09.	18:00

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 7

Moste	26.09.	2:47
Litija	26.09.	5:40
Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	26.09.	7:00

Preglednica 8: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1979.

Sveti Janez	28.01.	23:00
Jesenice	28.01.	14:30
Blejski most	29.01.	7:00
Radovljica	28.01.	20:00
Okroglo	/	/
Suha	28.01.	17:00
Medno	28.01.	19:49
Šentjakob	28.01.	22:26
Kamnik	28.01.	23:32
Moste	28.01.	19:58
Litija	29.01.	12:18
Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	30.01.	12:00

Preglednica 9: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1980.

Sveti Janez	09.10.	2:00
Jesenice	09.10.	0:30
Blejski most	09.10.	3:00
Radovljica	09.10.	3:15
Okroglo	/	/
Suha	09.10.	1:00
Medno	09.10.	6:29
Šentjakob	09.10.	7:04
Kamnik	09.10.	1:21
Moste	09.10.	3:30
Litija	09.10.	12:49
Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	10.10.	1:00

Preglednica 10: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1982.

Sveti Janez	14.11.	11:00
Jesenice	14.11.	5:30

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 10

Blejski most	14.11.	11:00
Radovljica	14.11.	12:30
Okroglo	/	/
Suha	14.11.	12:30
Medno	14.11.	13:56
Šentjakob	14.11.	16:29
Kamnik	14.11.	14:28
Moste	14.11.	17:21
Litija	14.11.	21:52
Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	15.11.	8:00

Preglednica 11: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1985.

Sveti Janez	24.01.	11:40
Jesenice	24.01.	10:20
Blejski most	24.01.	9:50
Radovljica	24.01.	12:40
Okroglo	/	/
Suha	24.01.	14:10
Medno	24.01.	12:33
Šentjakob	24.01.	17:07
Kamnik	24.01.	13:17
Moste	24.01.	8:37
Litija	24.01.	22:05
Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	25.01.	5:30

Preglednica 12: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1990.

Sveti Janez	01.11.	14:00
Jesenice	01.11.	12:00
Blejski most	01.11.	12:00
Radovljica	01.11.	18:40
Okroglo	01.11.	18:10
Suha	01.11.	17:30
Medno	01.11.	17:00
Šentjakob	01.11.	19:00
Kamnik	01.11.	9:30
Moste	01.11.	18:00
Litija	02.11.	1:15

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 12

Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	02.11.	8:30

Preglednica 13: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1992- 1 (november).

Sveti Janez	16.11.	23:40
Jesenice	17.11.	1:10
Blejski most	17.11.	6:00
Radovljica	17.11.	3:36
Okroglo	17.11.	4:10
Suha	16.11.	20:01
Medno	16.11.	22:30
Šentjakob	17.11.	0:20
Kamnik	16.11.	19:45
Moste	17.11.	4:00
Litija	17.11.	6:30
Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	17.11.	16:18

Preglednica 14: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1992- 2 (december).

Sveti Janez	05.12.	19:10
Jesenice	05.12.	17:20
Blejski most	05.12.	21:00
Radovljica	05.12.	23:20
Okroglo	06.12.	0:30
Suha	05.12.	22:38
Medno	05.12.	21:40
Šentjakob	05.12.	23:30
Kamnik	05.12.	23:10
Moste	06.12.	7:13
Litija	06.12.	6:30
Hrastnik	/	/
Veliko Širje	/	/
Čatež	06.12.	18:39

Preglednica 15: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1996.

Sveti Janez	18.11.	19:45
Jesenice	18.11.	12:55
Blejski most	18.11.	14:00
Radovljica	18.11.	16:23

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 15

Okroglo	18.11.	17:30
Suha	18.11.	14:40
Medno	18.11.	19:00
Šentjakob	18.11.	19:04
Kamnik	18.11.	14:48
Moste	18.11.	21:10
Litija	19.11.	1:20
Hrastnik	19.11.	4:00
Veliko Širje	18.11.	21:10
Čatež	19.11.	7:35

Preglednica 16: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 1998.

Sveti Janez	05.11.	7:15
Jesenice	05.11.	2:28
Blejski most	05.11.	6:00
Radovljica	05.11.	9:00
Okroglo	05.11.	6:46
Suha	05.11.	5:00
Medno	05.11.	8:42
Šentjakob	05.11.	9:01
Kamnik	05.11.	1:26
Moste	05.11.	10:59
Litija	/	/
Hrastnik	05.11.	15:50
Veliko Širje	05.11.	9:07
Čatež	05.11.	18:27

Preglednica 17: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2000.

Sveti Janez	07.11.	12:00
Jesenice	07.11.	2:04
Blejski most	07.11.	2:29
Radovljica	07.11.	3:59
Okroglo	07.11.	5:00
Suha	07.11.	3:37
Medno	07.11.	9:50
Šentjakob	07.11.	9:04
Kamnik	07.11.	5:06
Moste	07.11.	9:00
Litija	07.11.	14:10
Hrastnik	07.11.	17:24
Veliko Širje	07.11.	10:42
Čatež	08.11.	1:52

Preglednica 18: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2004.

Sveti Janez	31.10.	23:54
Jesenice	31.10.	14:53
Blejski most	31.10.	16:58
Radovljica	31.10.	20:00
Okroglo	31.10.	21:38
Suha	31.10.	21:00
Medno	31.10.	23:24
Šentjakob	01.11.	2:15
Kamnik	31.10.	18:38
Moste	01.11.	2:40
Litija	01.11.	6:21
Hrastnik	01.11.	8:24
Veliko Širje	01.11.	1:00
Čatež	01.11.	13:00

Preglednica 19: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2007.

Sveti Janez	19.09.	1:50
Jesenice	18.09.	20:45
Blejski most	/	/
Radovljica	18.09.	21:50
Okroglo	19.09.	0:22
Suha	18.09.	19:00
Medno	19.09.	1:00
Šentjakob	19.09.	1:10
Kamnik	18.09.	21:00
Moste	19.09.	5:00
Litija	19.09.	6:45
Hrastnik	19.09.	9:15
Veliko Širje	19.09.	0:01
Čatež	19.09.	14:07

Preglednica 20: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2009.

Sveti Janez	25.12.	16:15
Jesenice	25.12.	3:24
Blejski most	25.12.	7:15
Radovljica	25.12.	10:45
Okroglo	25.12.	13:52
Suha	25.12.	7:01
Medno	25.12.	11:35
Šentjakob	25.12.	14:15
Kamnik	25.12.	7:45

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 20

Moste	25.12.	12:45
Litija	25.12.	19:37
Hrastnik	25.12.	22:17
Veliko Širje	26.12.	1:15
Čatež	26.12.	8:19

Preglednica 21: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2010- 1 (september).

Sveti Janez	18.09.	12:00
Jesenice	18.09.	5:29
Blejski most	18.09.	8:10
Radovljica	18.09.	9:45
Okroglo	18.09.	23:16
Suha	19.09.	3:07
Medno	19.09.	5:45
Šentjakob	19.09.	6:45
Kamnik	19.09.	3:00
Moste	19.09.	2:00
Litija	19.09.	9:05
Hrastnik	19.09.	12:18
Veliko Širje	19.09.	7:25
Čatež	19.09.	17:46

Preglednica 22: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2010- 2 (december).

Sveti Janez	24.12.	12:00
Jesenice	24.12.	7:00
Blejski most	24.12.	9:00
Radovljica	24.12.	7:00
Okroglo	24.12.	11:01
Suha	24.12.	12:00
Medno	24.12.	11:15
Šentjakob	24.12.	12:45
Kamnik	/	/
Moste	25.12.	12:00
Litija	24.12.	19:32
Hrastnik	25.12.	0:11
Veliko Širje	25.12.	12:00
Čatež	25.12.	12:00

Preglednica 23: Datumi visokovodnih konic in čas nastopa v letu 2012.

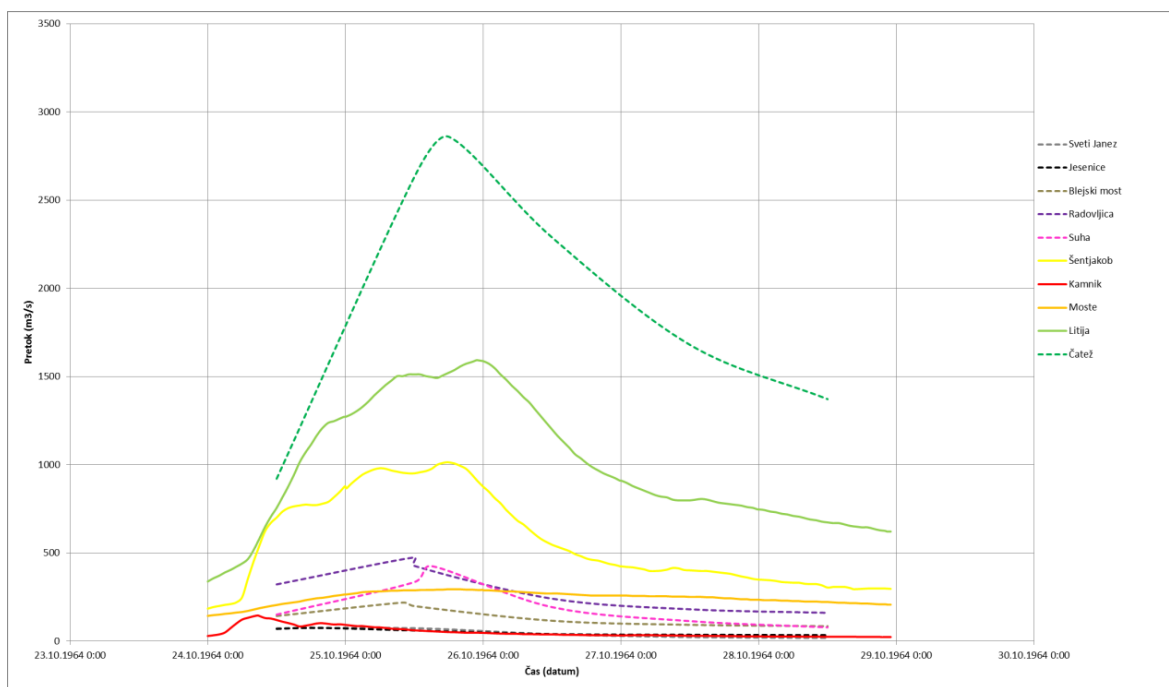
Sveti Janez	05.11.	17:00
Jesenice	05.11.	9:00
Blejski most	05.11.	11:10
Radovljica	05.11.	13:30
Okroglo	05.11.	17:00
Suha	05.11.	13:54
Medno	05.11.	14:35
Šentjakob	05.11.	15:30
Kamnik	05.11.	11:31
Moste	01.11.	16:10
Litija	06.11.	0:30
Hrastnik	06.11.	2:52
Veliko Širje	05.11.	21:51
Čatež	06.11.	6:22

Iz preglednic 3 do 23 je razvidno, kako pritoki vplivajo na visokovodne konice na reki Savi oz. ali se pojavijo visokovodne konice pritokov prej ali kasneje kot na reki Savi. Kjer so podatki o urnih pretokih, lahko točno primerjamo čase visokovodnih konic. Vodomerne postaje Sveti Janez do leta 2007 vsebuje podatke o povprečnih dnevni pretokih, zato se do tega leta visokovodne konice nekajkrat pojavijo na postaji Sveti Janez prej, preden se pojavijo na vodomerne postaji Radovljica, nekajkrat pa se pojavijo kasneje. Od leta 2007 pa so za vse postaje podani podatki o urnih pretokih, ki so bolj natančni. Iz tabel je razvidno, da se je od leta 2007 naprej visokovodna konica na vodomerne postaji Sveti Janez pojavila kasneje kot na vodomerne postaji Radovljica. Če primerjamo vodomerne postaje Suha z vodomerne postaje Medno, se visokovodne konice v večini primerov pojavijo prej na vodomerne postaji Suha kot na vodomerne postaji Medno. V štirih primerih se visokovodna konica pojavi kasneje, kar je lahko posledica obratovanja hidroelektrarne Medvode, ki na vodomerne postaji Medno visokovodno konico zadrži in jo spusti kasneje. Pri vodomerne postaji Kamnik se visokovodna konica skoraj vsa leta razen leta 1979 pojavi prej kot na vodomerne postaji Šentjakob. Čas visokovodnih konic na vodomerne postaji Moste prav tako primerjamo s časom na vodomerne postaji Šentjakob. Visokovodne konice se pojavljajo različno, nekatere prej nekatere kasneje. Pri vodomerne postaji Veliko Širje ni podatkov o časih konic do leta 1996, zato vpliva pritoka na reko Savo ne moremo definirati. Od leta 1996 naprej pa se dvakrat visokovodna konica pojavi prej na vodomerne postaji Veliko Širje kot na vodomerne postaji Hrastnik, v ostalih primerih pa se pojavi kasneje.

Za prikaz potovanja valov in izračun potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami na reki Savi je potrebna obdelava dnevni ali urni podatkov o pretokih za vsako vodomerne postajo.

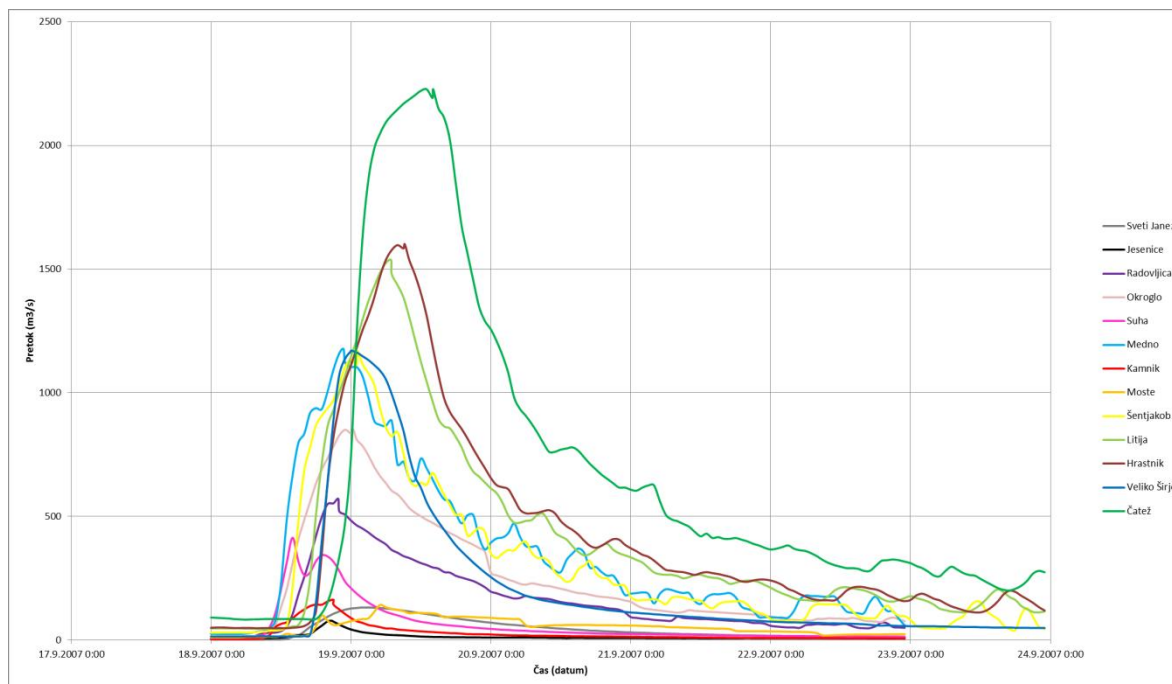
S podatki o pretokih smo izdelali grafične prikaze potovanja valov za vsako leto s podatki vseh vodomernih postaj. Tiste postaje, ki vsebujejo podatke o urni pretokih, so na grafu označene s polno

črto, tiste, ki pa vsebujejo podatke o povprečnih dnevni pretokih, pa so označene s črtkano črto. Pri grafičnem prikazu potovanja valov nismo uporabili podatkov o pretokih, katerih vrednost je bila korelacijsko določena, saj oblika visokovodnega vala ni pravilna. V nadaljevanju sta predstavljena grafa visokovodnih valov za leti 1964 in 2007, valovi za ostala obravnavana leta pa so prikazani v prilogi A.



Grafikon 4: Prikaz visokovodnega vala leta 1964 na vodomernih postajah Save in njenih pritokih.

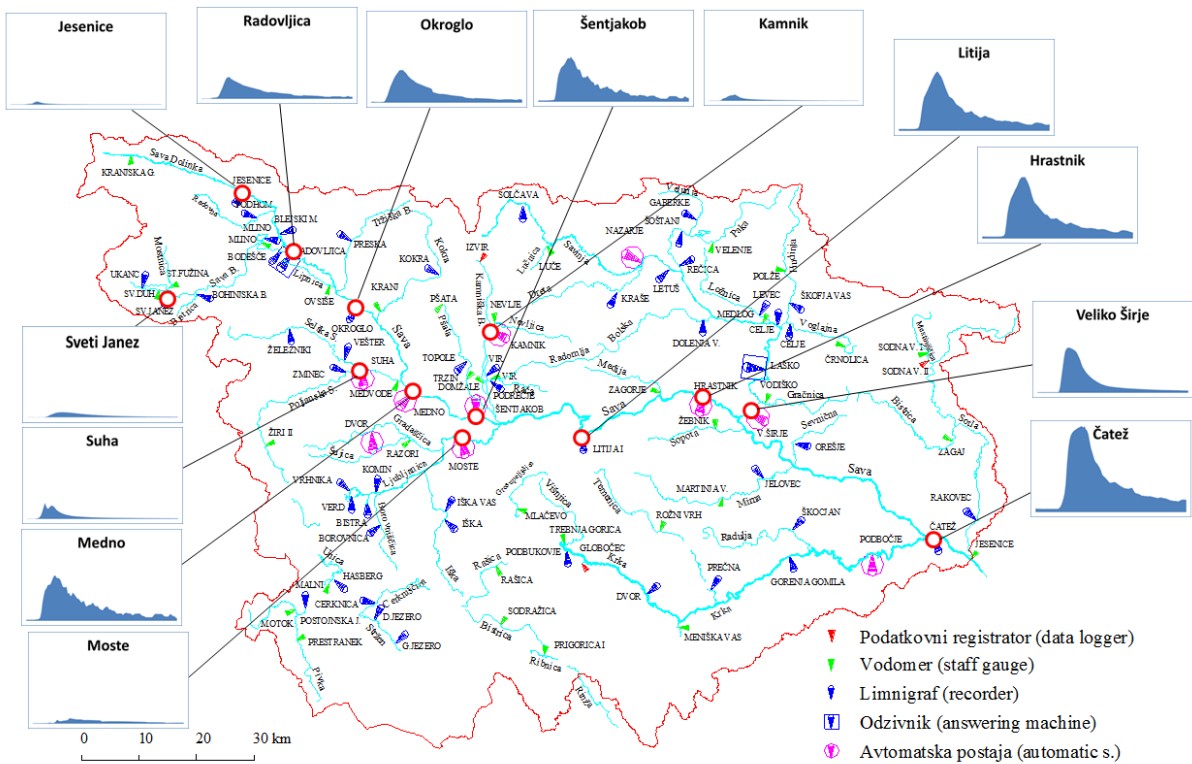
Grafikon 4 prikazuje visokovodne valove za leto 1964. Za leto 1964 ni bilo podatkov o pretokih na naslednjih vodomernih postajah: Okroglo, Medno, Hrastnik ter Veliko Širje, zato te postaje niso upoštevane. Za vodomerne postaje Šentjakob, Kamnik, Moste in Litija so na voljo urne vrednosti pretokov. Iz podatkov vodomernih postaj Šentjakob in Litija je razvidno, kakšna je bila oblika visokovodnega vala leta 1964. Za vodomerne postaje Sveti Janez, Jesenice, Blejski most, Radovljica, Suha in Čatež pa so podani podatki o povprečnih dnevni pretokih, zato so na grafu označeni visokovodni valovi za te postaje s črtkano črto.



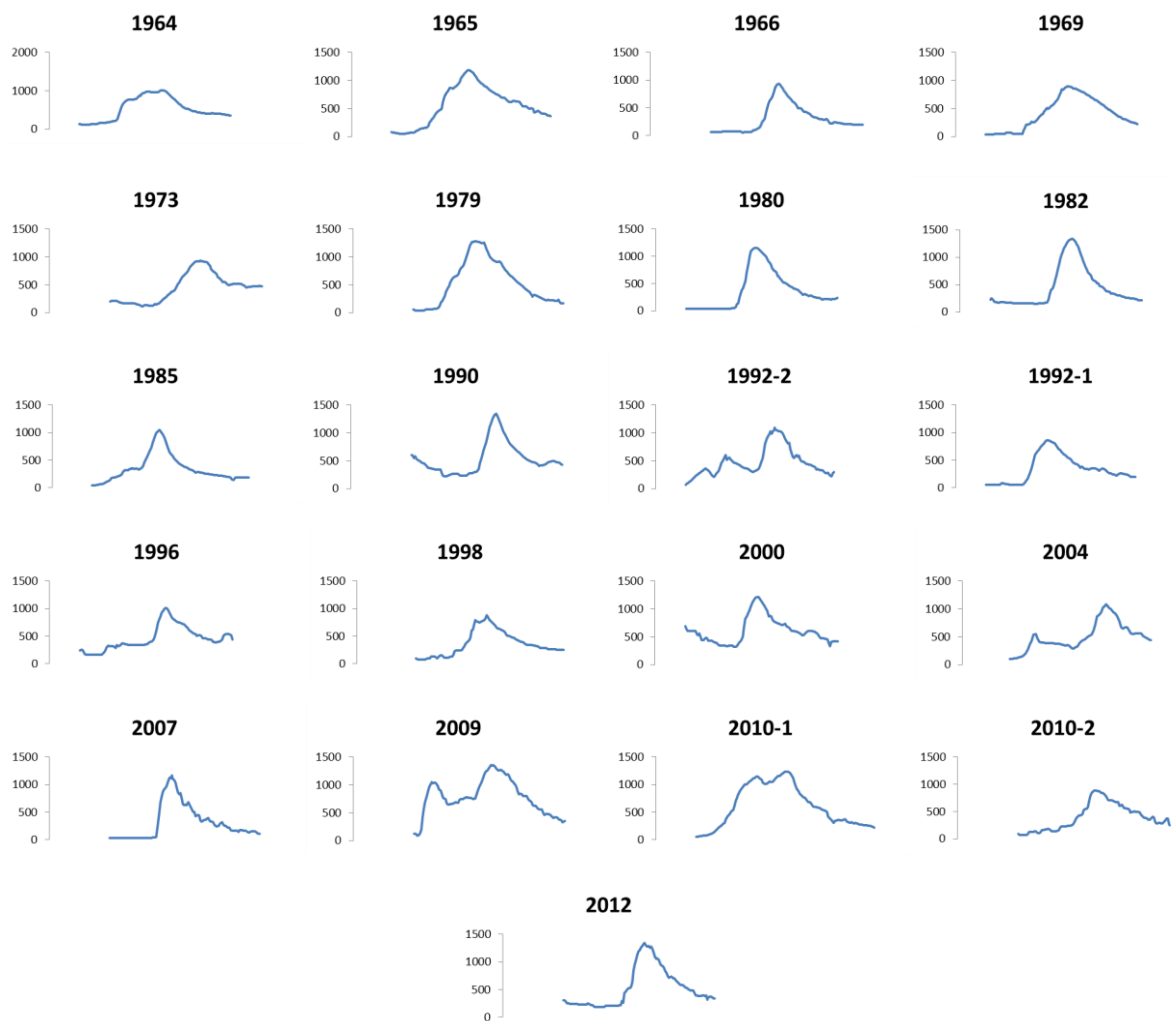
Grafikon 5: Prikaz visokovodnega vala leta 2007 na vodomernih postajah Save in njenih pritokih.

Na grafikonu 5 je prikazan graf visokovodnega vala za leto 2007 in vključuje vse vodomerne postaje, razen postaje Blejski most. Prikazuje visokovodne valove v profilih vodomernih postaj celotne Save in njenih pritokih Sore, Kamniške Bistrice, Ljubljanice in Savinje. Za vse postaje so podane urne vrednosti pretokov, zato so valovi na grafu označeni s polno črto. Iz grafa je razviden prikaz potovanja valov dolvodno po Savi, oblika vala za vsako vodomerno postajo ter velikost visokovodnega vala.

Na sliki 7 so za lažjo predstavbo predstavljeni visokovodni valovi vseh obravnavanih postaj za leto 2007. Iz slike je lepo razviden prispevek posameznih pritokov in velikost visokovodnih valov dolvodno po Savi. Na sliki 8 pa so predstavljeni visokovodni valovi vodomerne postaje Šentjakob za vsa obravnavana leta, iz katerih je razvidna oblika visokovodnih valov.



Slika 7: Visokovodni valovi obravnavanih postaj leta 2007.



Slika 8: Visokovodni valovi na vodomerni postaji Šentjakob za vsa obravnavana leta.

6 ANALIZA IN PRIMERJAVA REZULTATOV

S pomočjo zbranih in urejenih podatkov o pretokih in časih pojava visokovodnih konic za vse obravnavane postaje, smo v nadaljevanju izračunali čase potovanja visokovodnih valov med posameznimi postajami.

Analizirali smo potovanje visokovodnih valov po reki Savi od prve izbrane vodomerne postaje Jesenice do zadnje izbrane vodomerne postaje Čatež. Pričakovano je, da se visokovodna konica časovno prej pojavi na vodomerni postaji Jesenice kot na naslednji vodomerni postaji Blejski most. Tudi na vodomerni postaji Blejski most se pojavi prej kot na vodomerni postaji Radovljica. To velja za vse naslednje obravnavane vodomerne postaje na reki Savi. Torej visokovodne konice časovno potujejo v naslednjem zaporedju po vodomernih postajah: Jesenice - Blejski most - Radovljica - Okroglo - Medno - Šentjakob - Litija - Hrastnik - Čatež.

Pri vodomernih postajah, katerih podatki o pretokih so bili podani za vsako uro, je dvom o času konice neupravičen, zato smo pri izračunu časa potovanja valov upoštevali vse take vodomerne postaje. Pri tistih vodomernih postajah, za katere so bili podani podatki le o dnevni povprečni vrednosti pretokov, pa visokovodna konica ni nujno pravilna oziroma se nanaša na dejanski val, ki ga obravnavamo, zlasti če gre za sestavljene valove. To se lepo vidi pri grafičnem prikazu visokovodnih valov, ko valovi srednjih dnevni pretokov odstopajo po obliki od valov z urnimi pretoki. Zato pri izračunu časa potovanja visokovodnih konic, nekaterih postaj nismo upoštevali.

V preglednicah 24 do 43 je razviden izračun časa potovanja visokovodnih konic med obravnavanimi postajami za vsako leto posebej.

Preglednica 24: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1964.

	1964
	Šentjakob
Šentjakob	
Litija	5,18

Preglednica 25: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1965.

	1965	
	Šentjakob	1965
Šentjakob		Litija
Litija	7,06	
Čatež	13,26	6,20

Preglednica 26: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1966.

	1966	1966
	Radovljica	Šentjakob
Šentjakob	0,13	
Litija	6,10	5,57
Čatež	15,30	15,17

Preglednica 27: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1973.

	1973	1973
	Medno	Šentjakob
Šentjakob	22,02	
Litija	29,4	7,38
Čatež	31	8,58

Preglednica 28: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1979.

	1979	1979
	Medno	Šentjakob
Šentjakob	2,37	
Litija	16,29	13,52

Preglednica 29: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1980.

	1980	1980	1980	1980	1980	1980
	Jesenice	Blejski most	Radovljica	Medno	Šentjakob	Litija
Jesenice						
Blejski most	2,30					
Radovljica	2,45	0,15				
Medno	5,59	3,29	3,14			
Šentjakob	6,34	4,04	3,49	0,35		
Litija	12,19	9,49	9,34	6,20	5,45	
Čatež	23,30	22,00	21,45	18,31	17,56	12,11

Preglednica 30: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1982.

	1982	1982	1982
	Medno	Šentjakob	Litija
Šentjakob	2,33		
Litija	7,56	5,23	
Čatež	18,04	15,31	10,08

Preglednica 31: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1985.

	1985	1985
	Medno	Šentjakob
Šentjakob	4,34	
Litija	9,32	4,58

Preglednica 32: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1990.

	1990	1990
	Šentjakob	Litija
Litija	6,15	
Čatež	13,30	7,15

Preglednica 33: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1992-1.

	1992-1	1992-1
	Medno	Šentjakob
Šentjakob	1,5	
Litija	8	6,10

Preglednica 34: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1992-2.

	1992-2	1992-2	1992-2	1992-2	1992-2
	Jesenice	Blejski most	Medno	Šentjakob	Litija
Jesenice					
Blejski most	3,40				
Medno	4,20	0,40			
Šentjakob	6,10	2,30	1,5		
Litija	13,10	9,30	8,5	7,00	
Čatež	25,19	21,39	18,39	19,09	18,39

Preglednica 35: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1996.

	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996
	Jesenice	Blejski most	Radovljica	Okroglo	Medno	Šentjakob	Litija	Hrastnik
Jesenice								
Blejski most	1,05							
Radovljica	3,28	2,23						
Okroglo	4,35	3,30	1,07					
Medno	6,05	5,00	2,37	1,3				
Šentjakob	6,09	5,04	2,41	1,34	0,04			
Litija	12,25	11,20	8,57	7,5	6,2	6,16		
Hrastnik	15,05	14,00	11,37	10,3	9	8,56	2,40	
Čatež	18,40	17,35	15,12	14,05	12,35	12,31	6,15	3,35

Preglednica 36: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 1998.

	1998	1998	1998	1998	1998	1998	1998
	Jesenice	Blejski most	Radovljica	Okroglo	Medno	Šentjakob	Hrastnik
Jesenice							
Blejski most	3,32						
Radovljica	6,32	3,00					
Okroglo	4,18	0,46	-2,14				
Medno	6,14	2,42	-0,18	1,56			
Šentjakob	6,33	3,01	0,01	2,15	0,19		
Hrastnik	13,22	9,50	6,50	9,04	7,08	6,49	
Čatež	15,59	12,27	9,27	11,41	9,45	9,26	2,37

Med postajama Radovljica - Okroglo in Radovljica - Medno je izračunana negativna vrednost časa potovanja visokovodnih konic. Pri postaji Medno obstaja možnost zakasnitve visokovodne konice

zaradi obratovanja hidroelektrarne Medvode. Negativna vrednost časa je sicer malo verjetna, zato obstaja možnost, da je datum konice vodomerne postaje Okroglo napačen.

Preglednica 37: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2000.

	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	Jesenice	Blejski most	Radovljica	Okroglo	Medno	Šentjakob	Litija	Hrastnik
Jesenice								
Blejski most	0,25							
Radovljica	1,55	1,30						
Okroglo	2,56	2,31	1,01					
Medno	-7,46	-7,21	-5,51	4,50				
Šentjakob	7,00	6,35	5,05	4,04	-0,46			
Litija	12,06	11,41	10,11	9,10	4,20	5,06		
Hrastnik	15,20	14,55	13,25	12,24	7,34	8,20	3,14	
Čatež	23,48	23,23	21,53	20,52	16,02	16,48	11,42	8,28

Iz preglednice 37 je razvidno, da je med postajami Jesenice - Medno, Blejski most - Medno, Radovljica - Medno ter Medno - Šentjakob izračunana negativna vrednost časa potovanja visokovodnih konic. Razlaga je enaka kot pri preglednici 36. Konica je lahko zakasnila, ker obstaja možnost, da je hidroelektrarna Medvode zadržala konico vala in spustila val naprej kasneje.

Preglednica 38: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2004.

	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004
	Jesenice	Blejski most	Radovljica	Okroglo	Medno	Šentjakob	Litija	Hrastnik
Jesenice								
Blejski most	2,05							
Radovljica	5,07	3,02						
Okroglo	6,45	4,40	1,38					
Medno	8,31	6,26	3,24	1,46				
Šentjakob	11,22	9,17	6,15	4,37	2,51			
Litija	15,28	13,23	10,21	8,43	6,57	4,06		
Hrastnik	17,31	15,26	12,24	10,46	9,00	6,09	2,03	
Čatež	22,07	20,02	17,00	15,22	13,36	10,45	6,39	4,36

Preglednica 39: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2007.

	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007
	Jesenice	Radovljica	Okroglo	Medno	Šentjakob	Litija	Hrastnik
Jesenice							
Radovljica	1,05						
Okroglo	3,37	2,32					
Medno	1,59	3,10	0,38				
Šentjakob	4,25	3,20	0,48	0,10			
Litija	10,00	8,55	6,23	5,45	5,35		
Hrastnik	12,30	11,25	8,53	8,15	8,05	2,30	
Čatež	17,22	16,17	13,45	13,07	12,57	7,22	4,52

Preglednica 40: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2009.

	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009
	Jesenice	Blejski most	Radovljica	Okroglo	Medno	Šentjakob	Litija	Hrastnik
Jesenice								
Blejski most	3,51							
Radovljica	7,21	3,30						
Okroglo	10,28	6,37	3,07					
Medno	8,11	4,20	0,50	-2,17				
Šentjakob	10,51	7,00	3,30	0,23	2,40			
Litija	16,13	12,22	8,52	5,45	8,02	5,22		
Hrastnik	18,53	15,02	11,32	8,25	10,42	8,02	2,40	
Čatež	28,55	25,04	21,34	18,27	20,44	18,04	12,42	10,02

Pri vodomerni postaji Medno se ponovno pojavi negativna vrednost, ki je možna posledica hidroelektrarne Medvode.

Preglednica 41: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2010-1.

	2010-1	2010-1	2010-1	2010-1	2010-1	2010-1	2010-1	2010-1
	Jesenice	Blejski most	Radovljica	Okroglo	Medno	Šentjakob	Litija	Hrastnik
Jesenice								
Blejski most	2,41							
Radovljica	4,16	1,35						
Okroglo	17,47	15,06	13,31					
Medno	24,16	21,35	20,00	6,29				
Šentjakob	25,16	22,35	21,00	7,29	1,00			
Litija	27,36	24,55	23,20	9,49	3,20	2,20		
Hrastnik	30,49	28,08	26,33	13,02	6,33	5,33	3,13	
Čatež	36,17	33,36	32,01	18,30	12,01	11,01	8,41	5,28

Preglednica 42: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2010-2.

	2010-2	2010-2	2010-2	2010-2	2010-2	2010-2	2010-2	2010-2
	Jesenice	Blejski most	Radovljica	Okroglo	Medno	Šentjakob	Litija	Hrastnik
Jesenice								
Blejski most	2,00							
Radovljica	0,00	-2,00						
Okroglo	4,01	2,01	4,01					
Medno	4,15	2,15	4,15	0,14				
Šentjakob	5,45	3,45	5,45	1,44	1,30			
Litija	12,32	10,32	12,32	8,31	8,17	6,47		
Hrastnik	17,11	15,11	17,11	13,10	12,56	11,26	4,39	
Čatež	29,00	27,00	29,00	24,59	24,45	23,15	16,28	11,49

Med postajama Jesenice - Radovljica in Blejski most - Radovljica je izračunana negativna vrednost časa potovanja visokovodnih konic. Posledica, da je prišlo da negativne vrednosti je lahko ta, da so za postaje Jesenice, Radovljica, Okroglo in Čatež podane korelacijsko določene vrednosti urnih pretokov.

Preglednica 43: Čas potovanja visokovodnih konic med vodomernimi postajami leta 2012.

	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
	Jesenice	Blejski most	Radovljica	Okroglo	Medno	Šentjakob	Litija	Hrastnik
Jesenice								
Blejski most	2,10							
Radovljica	4,30	2,20						
Okroglo	8,00	5,50	3,30					
Medno	5,35	3,25	1,05	-2,25				
Šentjakob	6,30	4,20	2,00	-1,3	0,55			
Litija	15,30	13,20	11,00	7,3	9,55	9,00		
Hrastnik	17,52	15,42	13,22	9,52	12,17	11,22	2,22	
Čatež	21,22	19,12	16,52	13,22	15,47	14,52	5,52	3,30

V preglednici 43 ponovno obstaja vzrok za negativno vrednost časa obratovanje HE Medvode.

Iz podanih preglednic je razvidno, da je pri nekaterih vodomernih postaj prišlo do negativne vrednosti pri izračunu časa potovanja visokovodnih konic med posameznimi postajami. Največkrat se negativna vrednost pojavi pri vodomerni postaji Medno. Razlogov za to je morda več. Eden izmed njih je lahko ta, da je konica pri vodomerni postaji zakasnila zaradi obratovanja hidroelektrarne Medvode, ki zadrži konico vala in jo kasneje spusti. Negativna vrednost pa se lahko pojavi tudi takrat, kadar so vrednosti pretokov posameznih postaj korelacijsko določene.

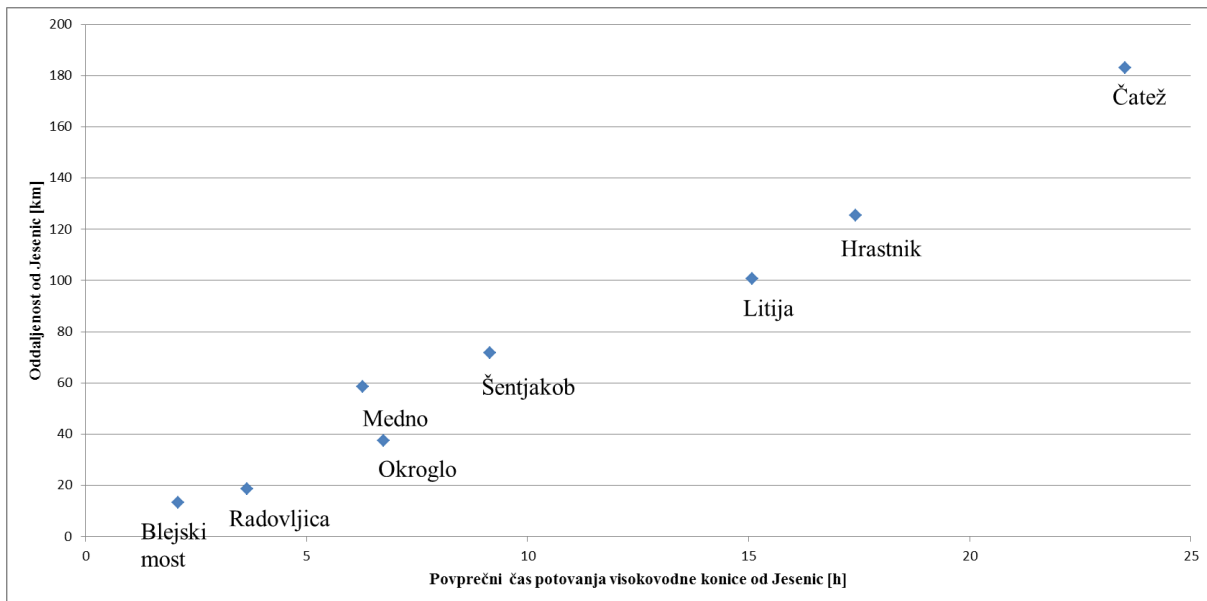
Ker za nekatere vodomerne postaje obstajajo samo podatki o povprečnih dnevni pretokih, ni nujno, da so datumi konic in časi potovanja visokovodnih konic pravilno izračunani. Zato smo pri izračunu povprečnega časa potovanja konic upoštevali le naslednja leta: 1996, 1998, 2000, 2004, 2007, 2009, 2010-1, 2010-2 in 2012 (preglednica 44). Pri izračunu smo upoštevali zraven tudi tiste čase, ki so bili negativni.

Preglednica 44: Povprečni čas potovanja visokovodnih konic.

	Jesenice	Blejski most	Radovljica	Okroglo	Medno	Šentjakob	Litija	Hrastnik
Jesenice								
Blejski most	2,09 ± 1,01							
Radovljica	3,66 ± 2,29	1,80 ± 1,60						
Okroglo	6,74 ± 4,45	4,93 ± 4,23	3,04 ± 4,01					
Medno	6,27 ± 7,77	4,68 ± 7,38	3,19 ± 6,52	1,25 ± 2,63				
Šentjakob	9,15 ± 6,06	7,57 ± 5,90	5,40 ± 5,80	2,23 ± 2,46	0,85 ± 0,99			
Litija	15,09 ± 5,03	13,73 ± 4,52	11,56 ± 4,58	7,73 ± 1,30	6,42 ± 1,99	5,44 ± 1,83		
Hrastnik	17,41 ± 5,02	15,87 ± 4,96	13,62 ± 5,19	10,50 ± 1,77	9,12 ± 2,08	8,14 ± 1,95	2,75 ± 0,73	
Čatež	23,52 ± 6,25	22,17 ± 6,05	19,77 ± 6,70	16,56 ± 3,97	15,18 ± 4,38	14,20 ± 4,15	9,23 ± 3,55	5,89 ± 3,06

V preglednici 44 so prikazani povprečni časi potovanja visokovodnih konic na reki Savi. Iz preglednice je razvidno, da se čas potovanja dolvodno po vodomernih postajah z oddaljenostjo večja, kar je bilo tudi pričakovati. Tako kot pri izračunih časa potovanja visokovodnih konic za posamezna obravnavana leta, se tudi tukaj pojavi dvomljiv podatek o času pri vodomerni postaji Medno. Pravilno bi bilo, da bi bil čas potovanja od vodomerne postaje Radovljica do vodomerne postaje Okroglo manjši, kot pa čas od vodomerne postaje Radovljica do vodomerne postaje Medno. Razlogi za to so bili navedeni že v prejšnjem poglavju. Pričakovano bi bilo, da je najkrajši čas potovanja visokovodnih konic med vodomernima postajama Blejski most in Radovljica, med katerima je tudi najkrajša razdalja, vendar je najkrajši čas potovanja med vodomernima postajama Medno in Šentjakob, ki meri 0,85 ure, kar lahko pripišemo dvomljivim podatkom o visokovodnih konicah na vodomerni postaji Medno. Najdaljši čas potovanja je med najbolj oddaljenima postajama, Jesenice in Čatež, ki traja v povprečju 23,52 ur. Poleg povprečnih časov potovanja visokovodnih konic so izračunane tudi standardne deviacije, ki nam povedo, za koliko vrednosti odstopajo od povprečja. Tako kot se povečujejo povprečni časi potovanja visokovodnih konic dolvodno po vodomernih postajah se v

večini primerov povečujejo tudi standardni odkloni. Največji standardni odklon se pojavi pri vodomerni postaji Medno, kar je na podatke o časih konic tudi pričakovano.



Grafikon 6: Grafikon vodomernih postaj na reki Savi, ki prikazuje razmerje med povprečnim časom potovanja visokovodnih konic in razdaljami med vodomernimi postajami.

Na grafikonu 6 smo prikazali razmerje med izračunanimi povprečnimi časi potovanja visokovodnih konic ter izračunanimi razdaljami med postajami. Iz grafikona je razvidno, da oddaljenost vodomernih postaj od vodomerne postaje Jesenice linearno narašča. Pričakovano na grafikonu najbolj odstopa vodomerna postaja Medno.

7 ZAKLJUČKI

Diplomska naloga prikazuje analizo visokovodnih valov vzdolž reke Save. Izhajali smo iz podatkov o pretokih na vodomernih postajah ter podatkov o časih visokovodnih konic. Izbrane vodomerne postaje se nahajajo na reki Savi ter na njenih glavnih pritokih, ki so najbližje izlivu v Savo. Pri določitvi let za analizo smo izhajali iz Hidrološke študije srednje Save (Starec in sod., 2011). Kot osnovno programsko orodje za izbor in obdelavo podatkov smo uporabili program Hidrolog. Že na začetku analize smo ugotovili, da pri analizi ne bomo mogli upoštevati vseh zelenih podatkov, saj za nekatere vodomerne postaje urni podatki niso bili na voljo. Vzrok temu je, da posamezne vodomerne postaje niso vedno delovale oziroma ni bilo zveznih zapisov o pretokih, ali pa le ti niso bili digitalizirani. Z razpoložljivimi podatki smo izdelali tabelarični in grafični prikaz potovanja valov.

Pri izračunu časa potovanja visokovodnih valov smo naleteli na manjše težave, saj so podatki za nekatere vodomerne postaje vsebovali samo trenutne vrednosti pretokov dnevni opazovanj (enkrat ali večkrat dnevno) in tudi časi konic so bili izračunani na podlagi le-teh. Zaradi tega nekaterih postaj pri izračunu časa potovanja valov nismo upoštevali, saj podatki opazovanj enkrat dnevno ne omogočajo določitve točnega časa pojava konice.

Tudi pri obdelavi podatkov o urnih vrednostih smo prišli do nekaterih zanimivih ugotovitev. Pojavile so se negativne vrednosti časov potovanja valov med posameznimi postajami, kar pomeni, da se konica vala pojavi prej na dolvodni postaji kot na gorvodni. Vzroki za takšen rezultat so lahko različni. Analiza je pokazala, da se ta pojav največkrat zgodi pri vodomerni postaji Medno, za kar je lahko krivo obratovanje hidroelektrarna Medvode, ki konico zadrži in jo spusti kasneje. Za takšen rezultat so lahko krivi tudi podatki o pretokih, za katere je vrednost korelacijsko določena.

Čase potovanja smo izračunali za tista leta in za tiste vodomerne postaje, za katere smo ugotovili, da so podatki verodostojni. Izračunali smo tudi povprečni čas potovanja visokovodnih konic od leta 1996 do leta 2012. Iz izračuna je razvidno, da je najkrajši povprečni čas potovanja med vodomernima postajama Medno in Šentjakob, največji povprečni čas potovanja vala pa je med vodomernima postajama Jesenice in Čatež, ki sta tudi najbolj oddaljeni. Povprečni visokovodni val Save od Jesenic do Blejskega most potuje 2,10 ure, do Radovljice 3,7 ure, do Okroglega 6,8 ur, do Mednega 6,3 ur, do Šentjakoba 9,2 ur, do Litije 15,1 ur, do Hrastnika 17,4 ur in do Čateža 23,5 ur. To pomeni, da v splošnem poplavni val rabi en dan, da prepotuje Slovenijo od Jesenic do Čateža. Ti časi predstavljajo čas, ki ga imajo na razpolago civilna zaščita in ljudje, da se pripravijo na prihajajočo poplavo.

8 VIRI

ARSO, 2010. Hidrološko poročilo o povodnji v dneh od 23. do 27. Decembra. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za hidrologijo in stanje okolja, Oddelek za hidrološko prognozo: 1 str.

<http://www.arso.gov.si/vode/poročila%20in%20publikacije/VV231209.pdf>

(Pridobljeno 30. 05. 2015.)

ARSO, 2015. Podatki o pretokih na vodomernih postajah. Osebna dokumentacija. (27. 02. 2015.)

Blöschl, G., Nester, T., Komma, J., Parajka, J., Perdigão, R. A. P. 2013. The June 2013 flood in the Upper Danube Basin, and comparisons with the 2002, 1954 and 1899 floods. *Hydrology and Earth System Sciences* 17:5197-5212.

Bricelj, M. 1991. Reka in človek - Sava. Ljubljana, Državna založba Slovenije, d.d.: 7-8.

Brilly, M., Mikoš, M., Šraj, M. 1999. Vodne ujme. Varstvo pred poplavami, erozijo in plazovi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 9, 10, 19, 73, 74, 92.

Cegnar, T., Bernot-Ivančič, A. 1999. Podnebne značilnosti leta 1998. *Ujma* 13: 12-18.

http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2000/u_clanek2.pdf

(Pridobljeno 30. 05. 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 30. 05. 2015.)

Dolinar, M. 2000–2001. Obilne padavine v letih 1999 in 2000. *Ujma* 14–15: 32-38.

http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2001/p2_5.pdf

(Pridobljeno 30. 05. 2015.)

Dolinar, M. 2005. Spremljanje podnebja, ekstremni vremenski dogodki. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje - Urad za meteorologijo.

http://www.arso.gov.si/vreme/poročila%20in%20projekti/drzavna%20sluzba/Ekstremni_vremenski_dogodki.pdf

(Pridobljeno 28. 05. 2015.)

Dolar, M. 2006. Podnebje Slovenije z vidika ekstremnih vremenskih dogodkov. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 1 str.

http://www.arso.gov.si/vreme/poročila%20in%20projekti/Podnebje_izredni_dogodki.pdf

(Pridobljeno 15. 05. 2015.)

Frantar, P. (ur.). 2008. Vodna bilanca Slovenije 1971-2000. Water balance of Slovenia 1971-2000. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje: 33-38.

Horvat, A. 2009. Vloga snega v hidrološkem krogu na porečju Save. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Horvat): 6–13.

Kobold, M. 2008. Katastrofalne poplave in visoke vode 18. Septembra 2007. Ujma 22: 56-75.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2008/065.pdf>

(Pridobljeno 30. 05. 2015.)

Kobold, M. (ur.). 2010. Hidrološki letopis Slovenije 2008- The 2008 hydrological yearbook of Slovenia. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje: 8-12.

<http://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poročila/letopisi.html>

(Pridobljeno 11. 05. 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 30. 05. 2015.)

Kobold, M. 2013. Poplave konec oktobra in v začetku novembra 2012. Ujma 27: 44-51.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2013/044.pdf>

(Pridobljeno: 30. 05. 2015.)

Kolbezen, M., Pristov, J. 1998. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije (obdobje 1961-90). Surface Streams and Water Balance of Slovenia 1961-90. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije: str. 7, 8, 10.

http://www.arso.gov.si/vode/poročila%20in%20publikacije/vodotoki_bilanca.html

(Pridobljeno 11. 05. 2015.)

Melik, A. 1959. Slovenija. Geografski opis. II Opis slovenskih pokrajin. Tretji zvezek. Posavska Slovenija. Ljubljana, Slovenska matica: str. 14, 125, 154, 155, 332.

Milačič, R. (ur.), Ščančar, J. (ur.), Paunović, M. (ur.). 2015. The Sava river. Heidelberg, New York, Dordrecht, London, Springer: 4 str.

Nied, M., Pardowitz, T., Nissen, K., Ulbrich, U., Hundecha, Y., Merz, B. 2014. On the relationship between hydro – meteorological patterns and flood types. Journal of Hydrology 519: 3249-3262.

Polajnar, J. 2010. Visoke vode v Sloveniji leta 2009. Ujma 24: 25-29.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2010/025.pdf>

(Pridobljeno 30. 05. 2015.)

Polajnar, J. 2011. Visoke vode v Sloveniji leta 2010. Ujma 25: 28-31.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2011/028.pdf>

(Pridobljeno 30. 05. 2015.)

Polajnar, J. 2012. Visoke vode v Sloveniji 2011. Ujma 26: 33-35.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2013/033.pdf>

(Pridobljeno 30. 05. 2015.)

Smolej, V. 1987. Sava na Slovenskem. Celje, Mohorjeva družba: 19 str.

Starec, M., Kavčič, I., Ajdič, M., Mazi, T., Gosar, L., Burja, D., Kobold, M., Lalić, B., Ulaga, F., Sušnik, M., Frantar, P., Bat, M., Šupek, M., Jerovšek, J., Miklavčič, J. 2011. Sava. Hidrološka študija srednje Save. Ljubljana, Holding slovenske elektrarne: str. 28, 29, 37, 38.

Šipec, S. 1999. Poplave in zemeljski plazovi leta 1998. Ujma 13: 160-167.

http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2000/u_clanek20.pdf

(Pridobljeno 30. 05. 2015.)

Vertačnik, G. 2013. Obilne padavine od 26. oktobra do 5. novembra. Ujma 27: 36-43.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2013/036.pdf>

(Pridobljeno 30. 05. 2015.)

Zorko, M. 2007. Dvodimenzijski račun poplavnih valov na območju predvidenih akumulacij HE Brežice in HE Mokrice. Diplomaska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Zorko): 1 str.

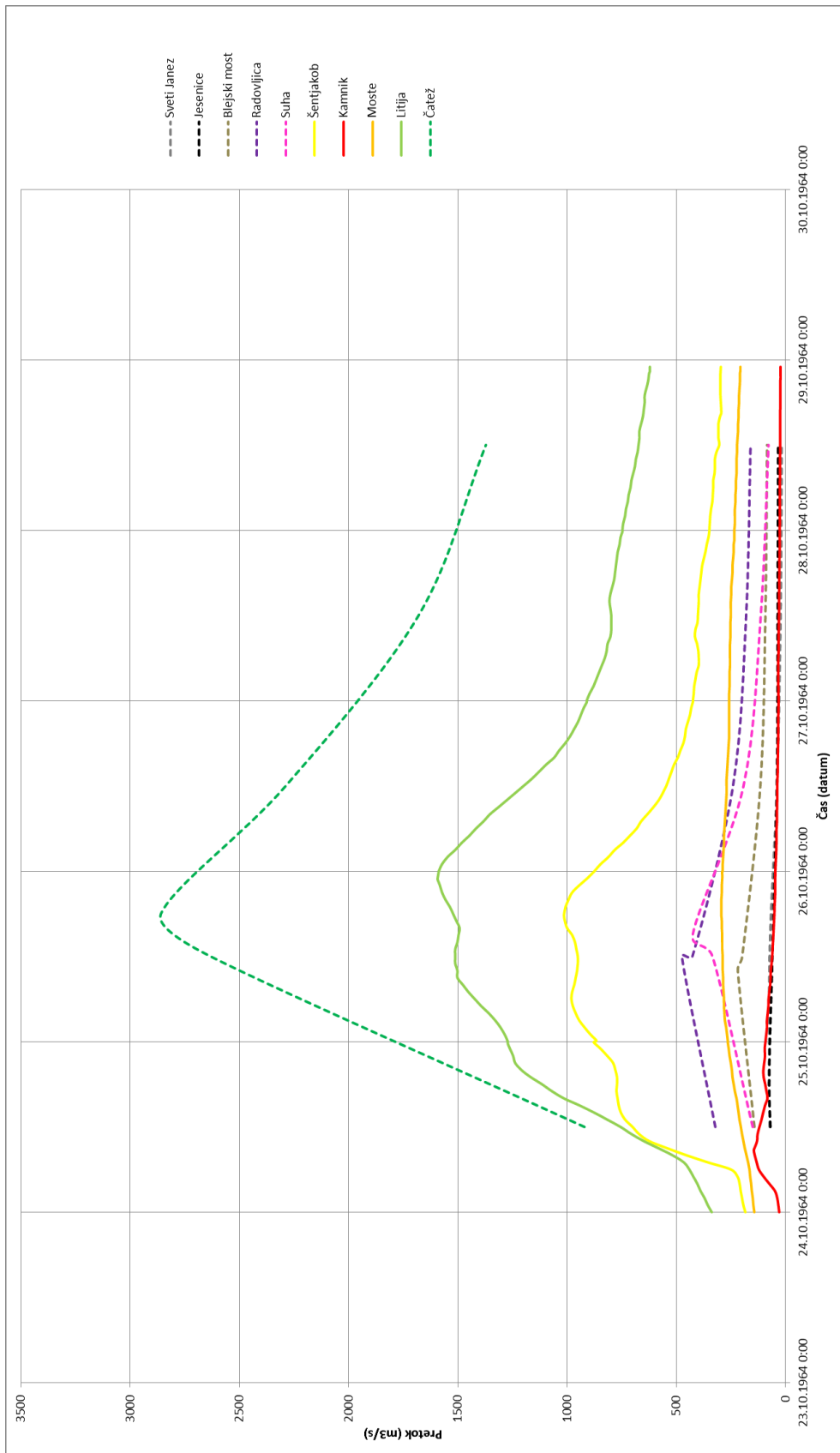
KAZALO PRILOG

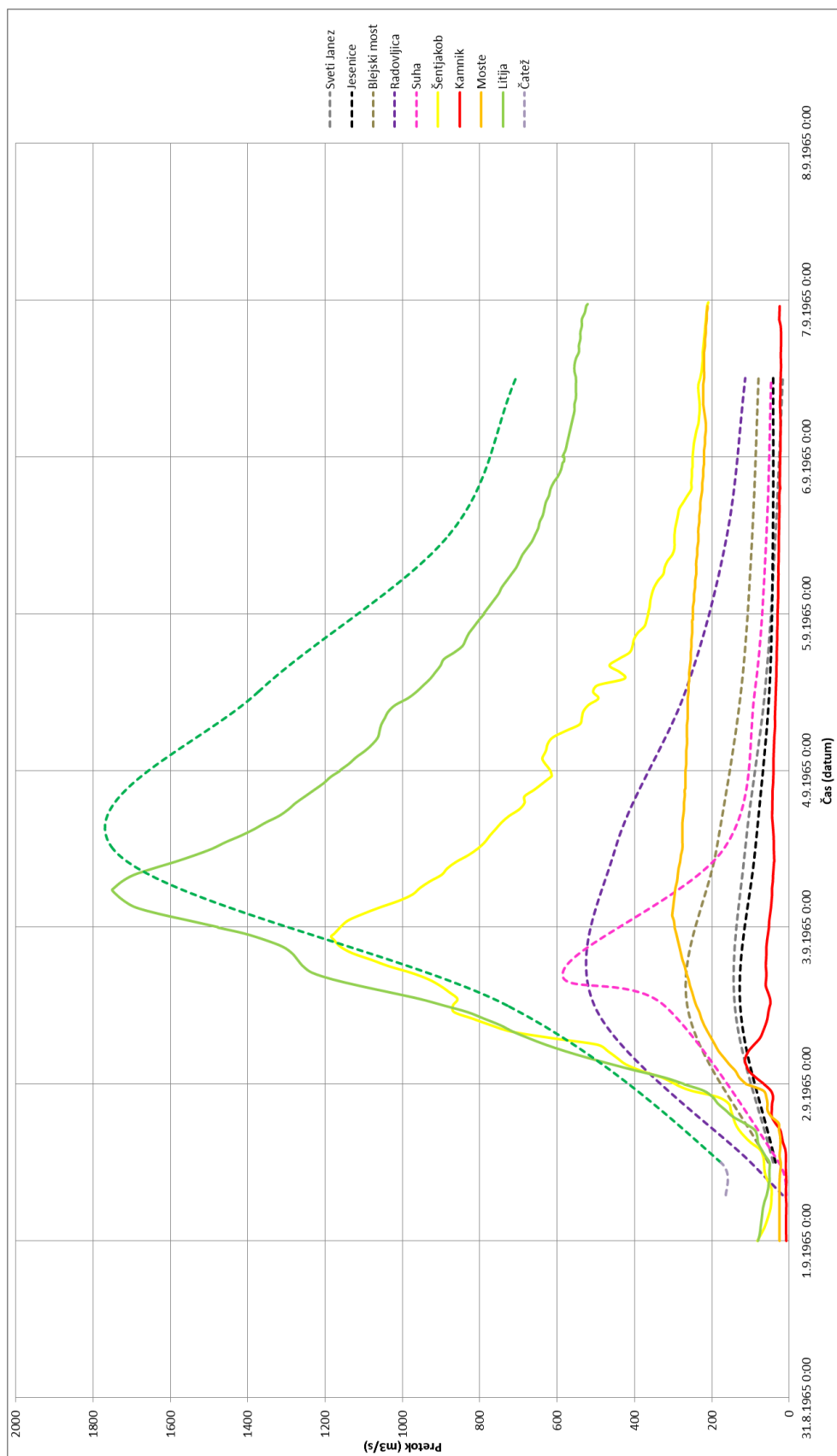
Priloga A: Visokovodni valovi vzdolž reke Save in njenih pritokov za posamezna obravnavana leta.....	A1
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

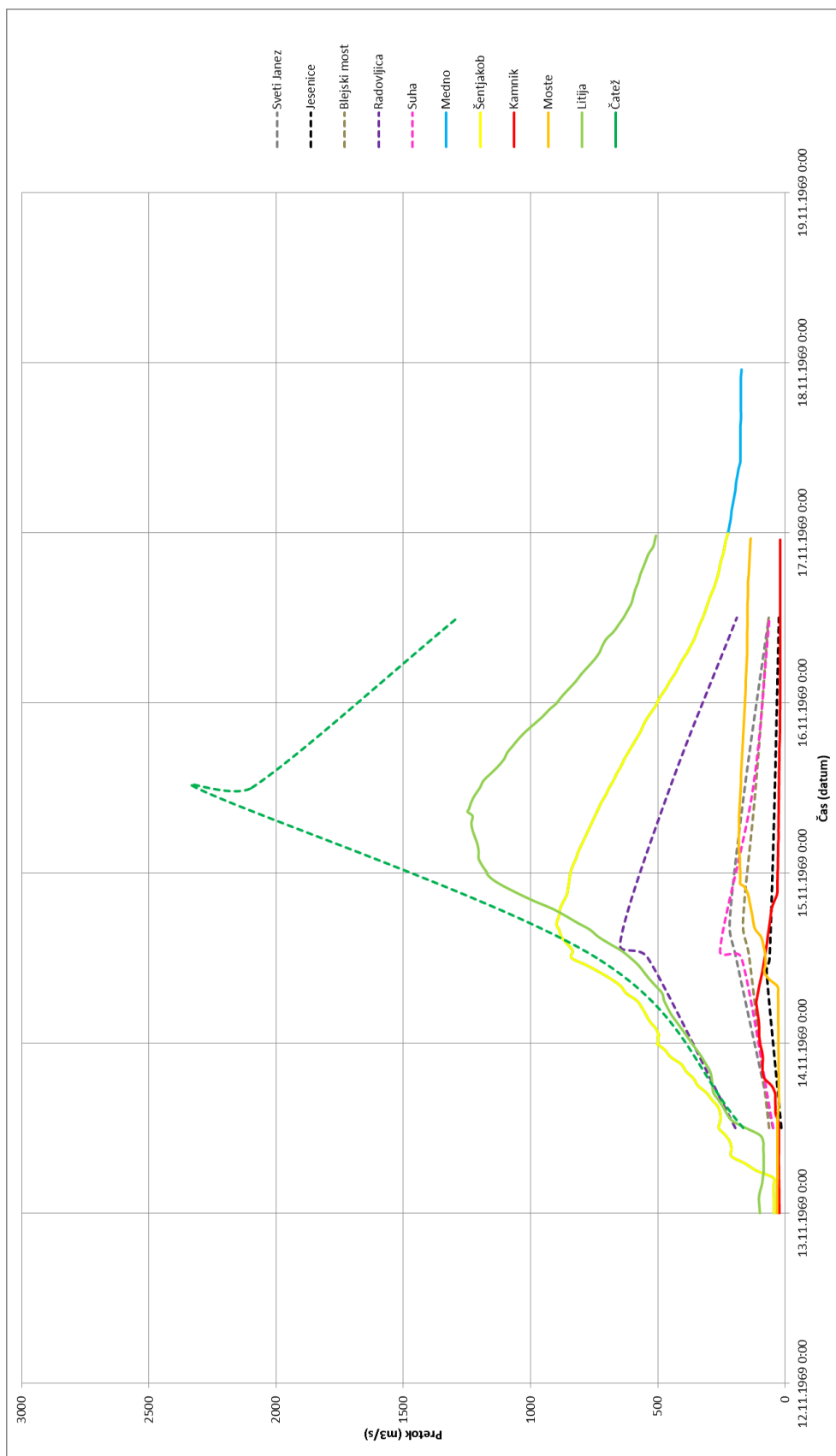
Ta stran je namenoma prazna.

Priloge

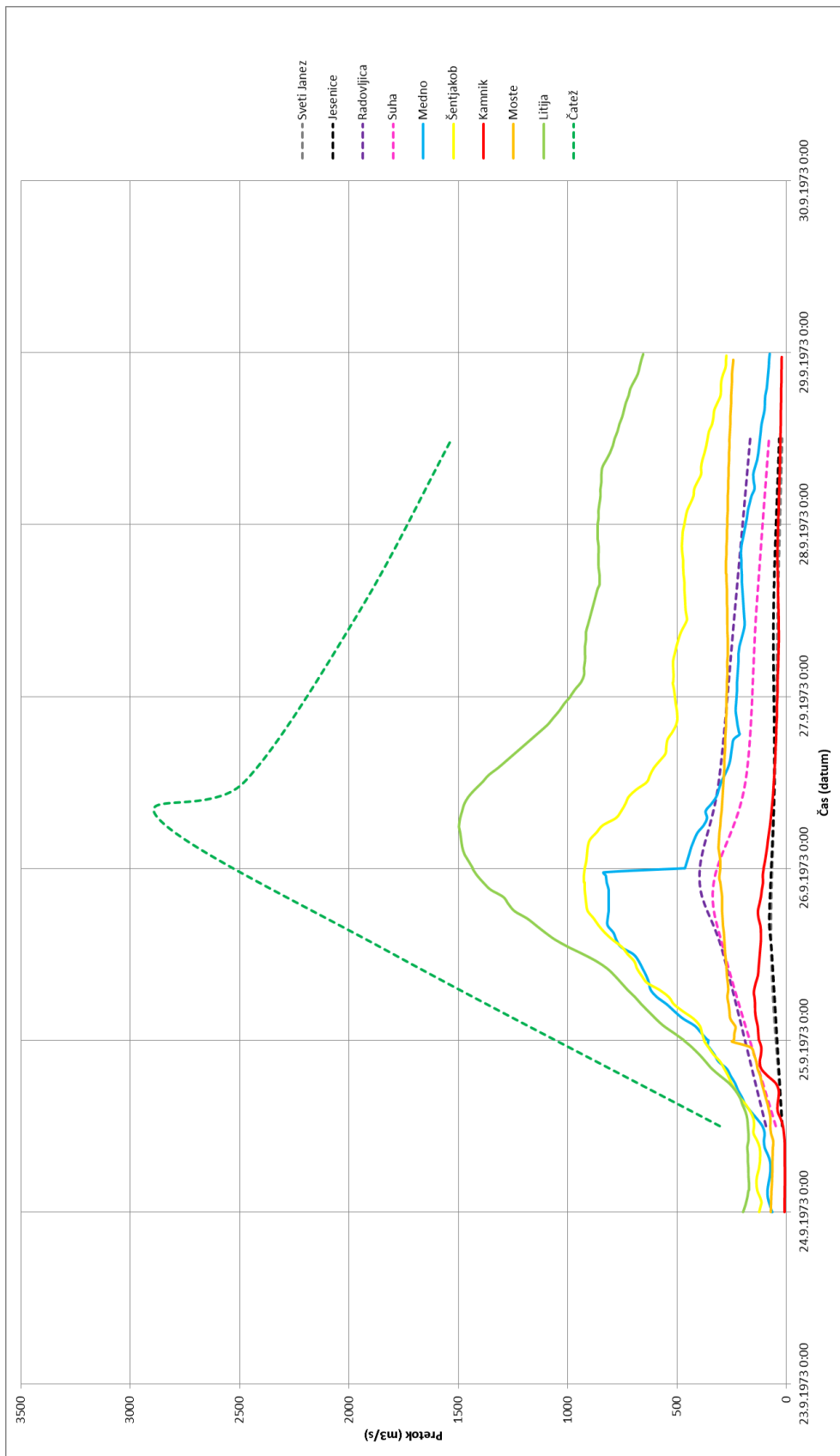
Priloga A. 1: Visokovodni valovi leta 1964 na vodomernih postajah Save in pritokov.



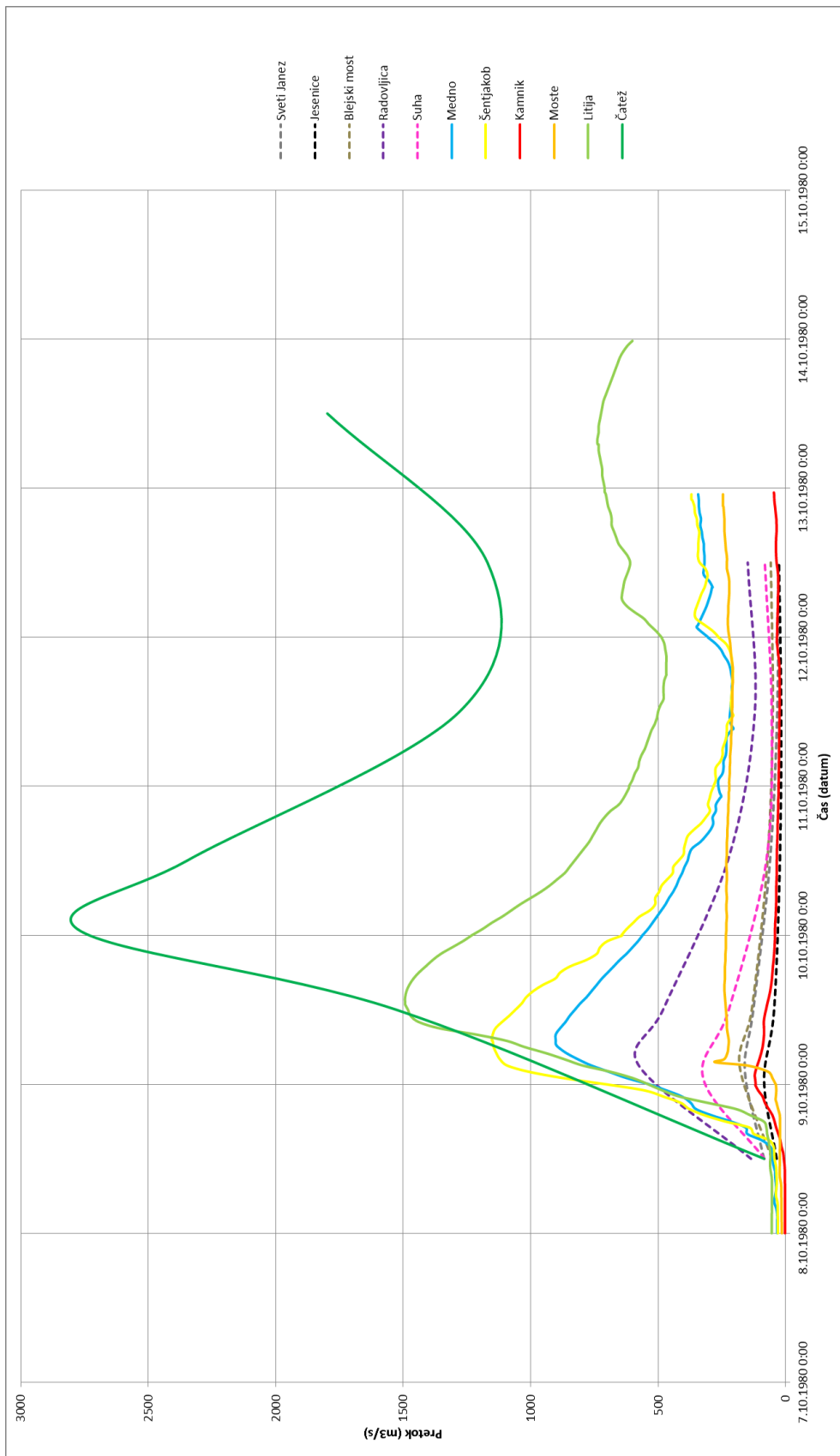
Priloga A. 2: Visokovodni valovi leta 1965 na vodomernih postajah Save in pritokov.

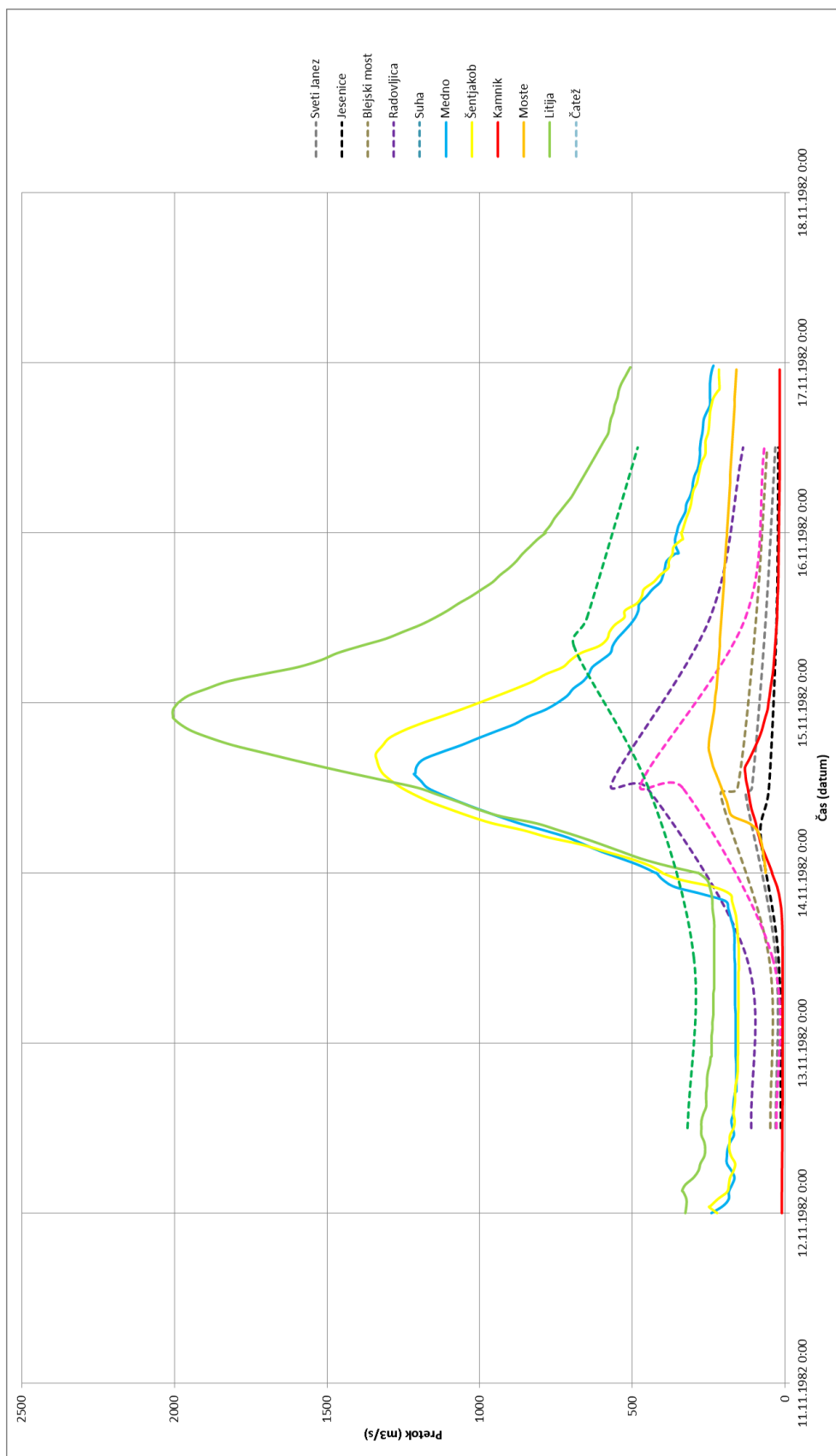
Priloga A. 4: Visokovodni valovi leta 1969 na vodomernih postajah Save in pritokov.

Priloga A. 5: Visokovodni valovi leta 1973 na vodomernih postajah Save in pritokov.

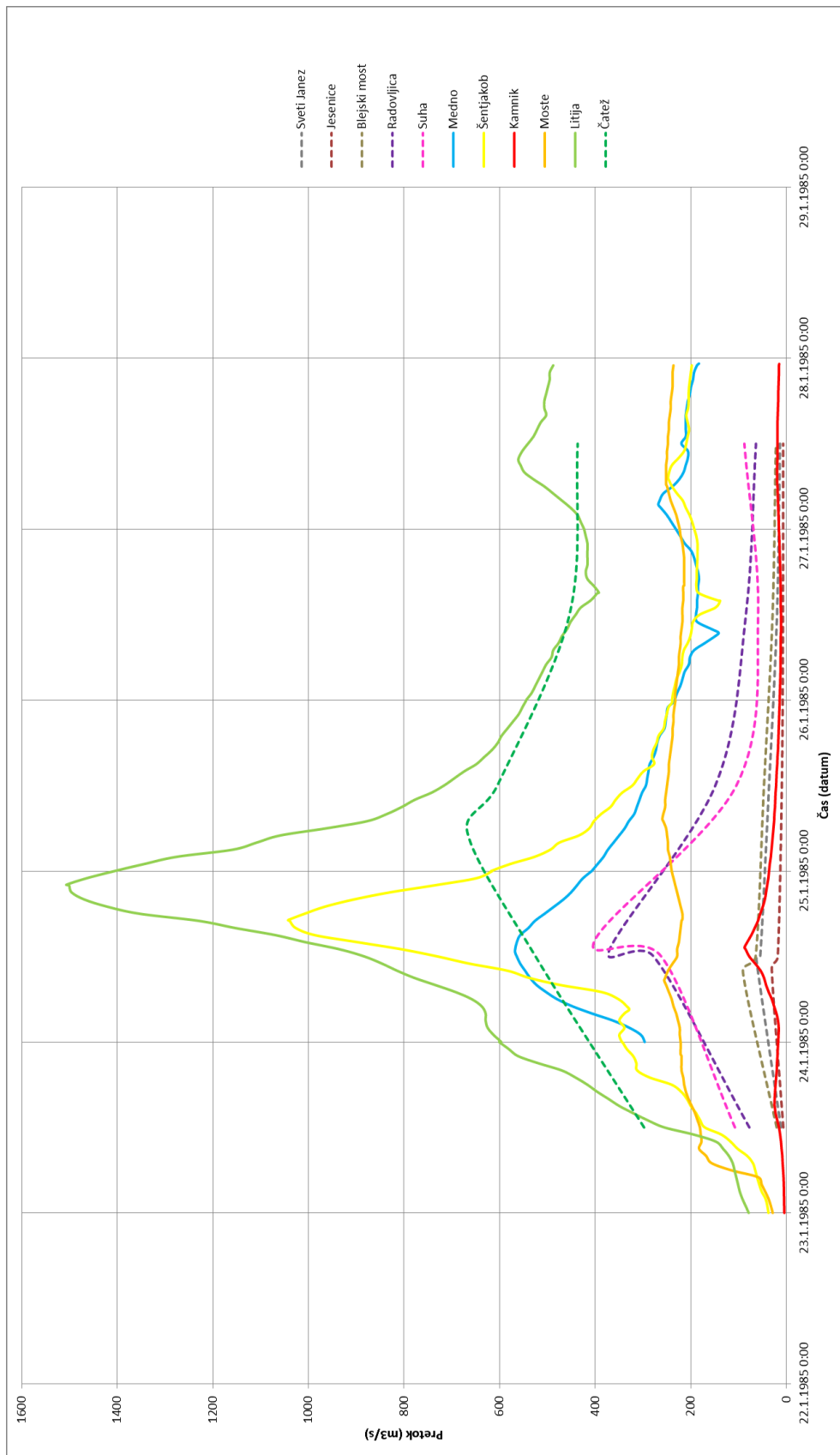


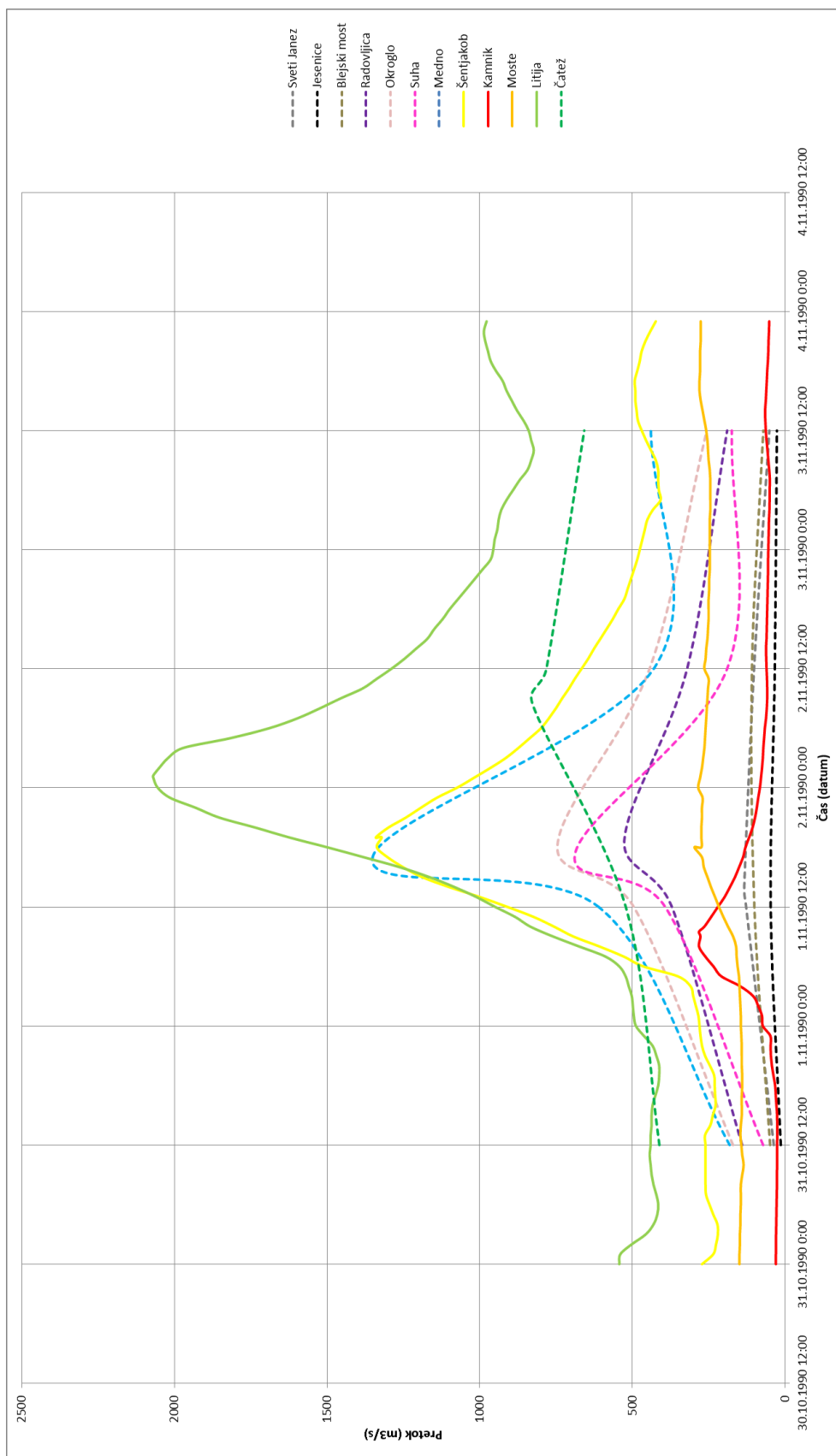
Priloga A. 7: Visokovodni valovi leta 1980 na vodomernih postajah Save in pritokov.



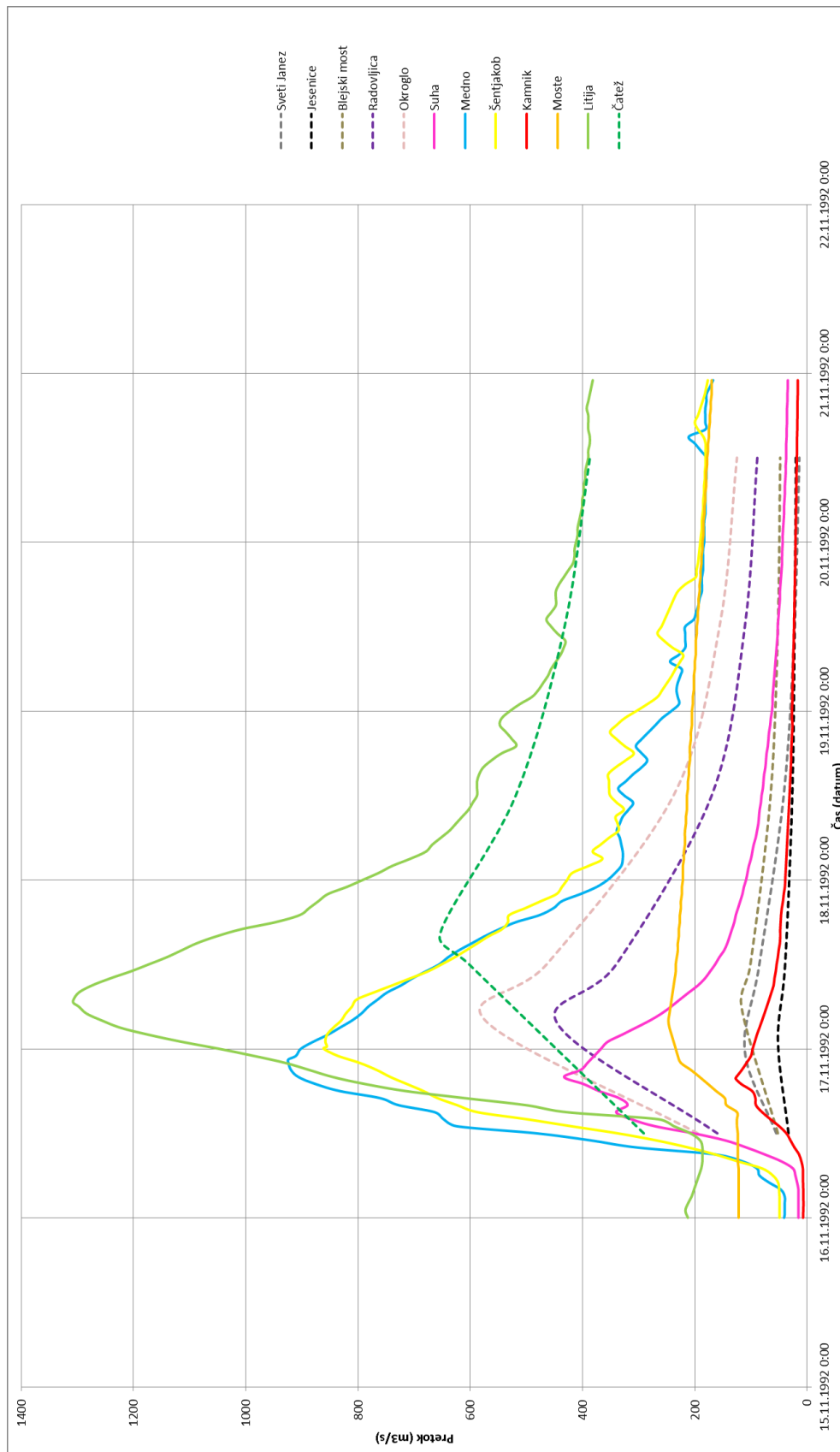
Priloga A. 8: Visokovodni valovi leta 1982 na vodomernih postajah Save in pritokov.

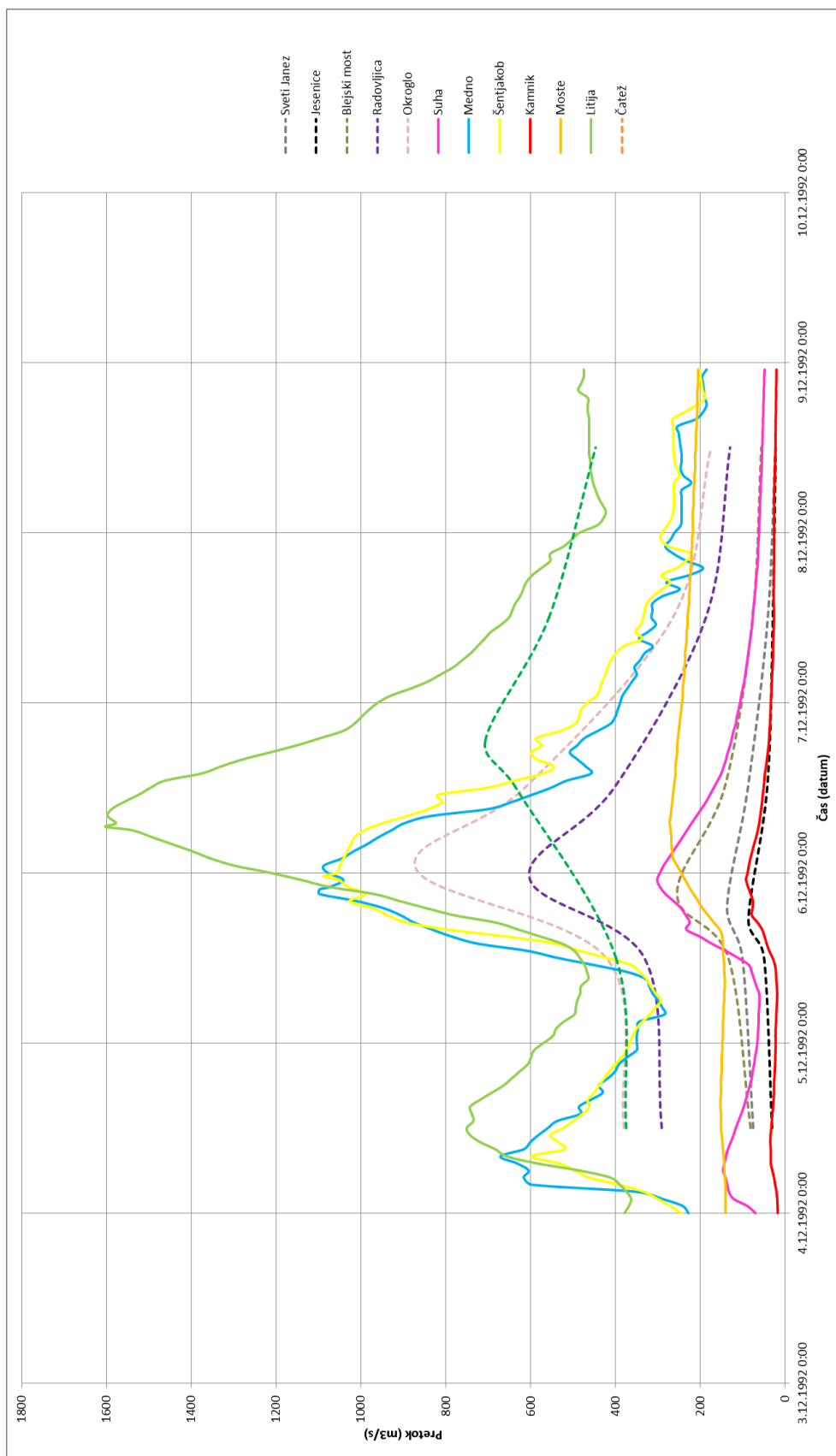
Priloga A. 9: Visokovodni valovi leta 1985 na vodomernih postajah Save in pritokov.



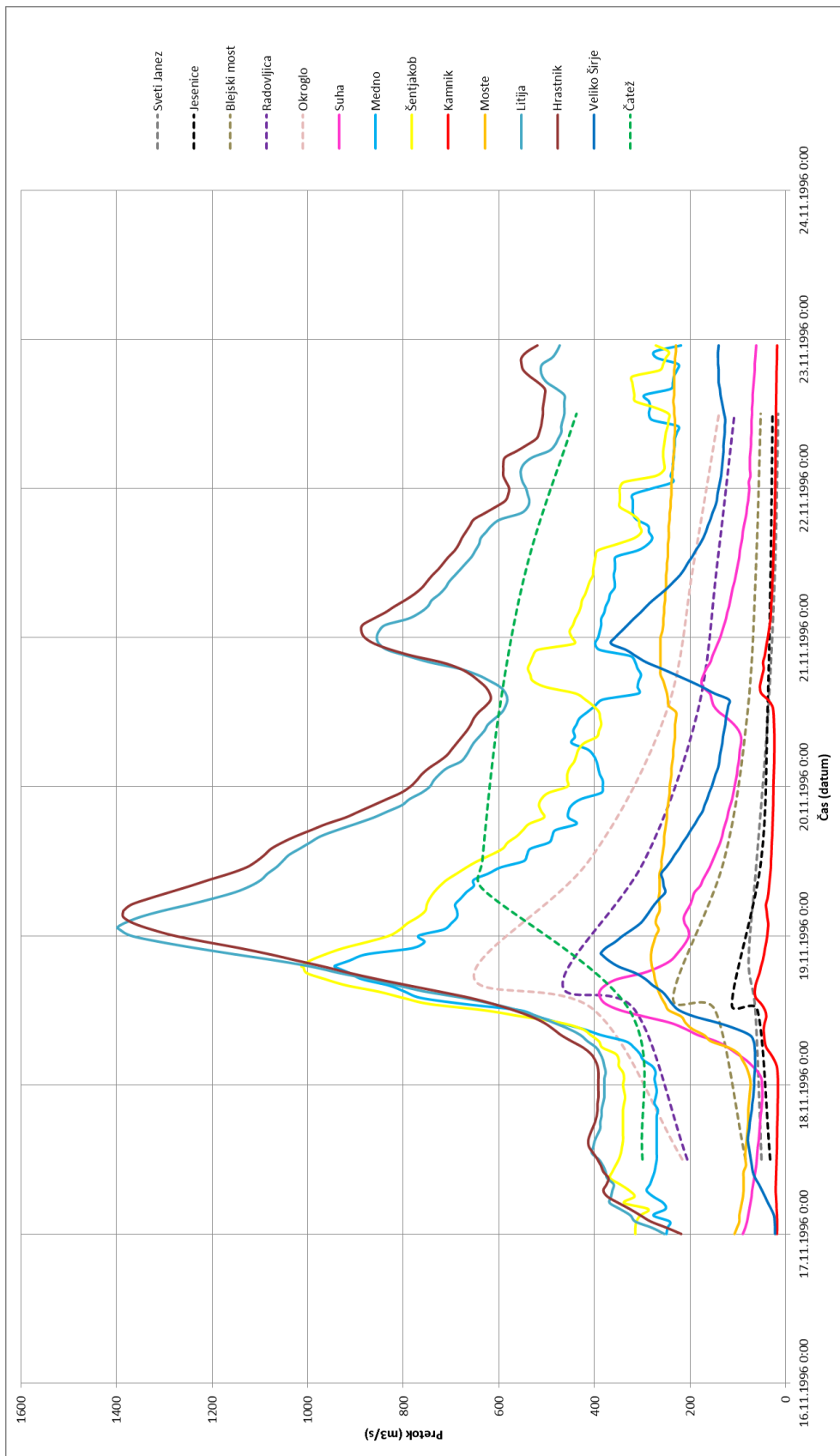
Priloga A. 10: Visokovodni valovi leta 1990 na vodomernih postajah Save in pritokov.

Priloga A. 11: Visokovodni valovi leta 1992 - 1 na vodomernih postajah Save in pritokov.

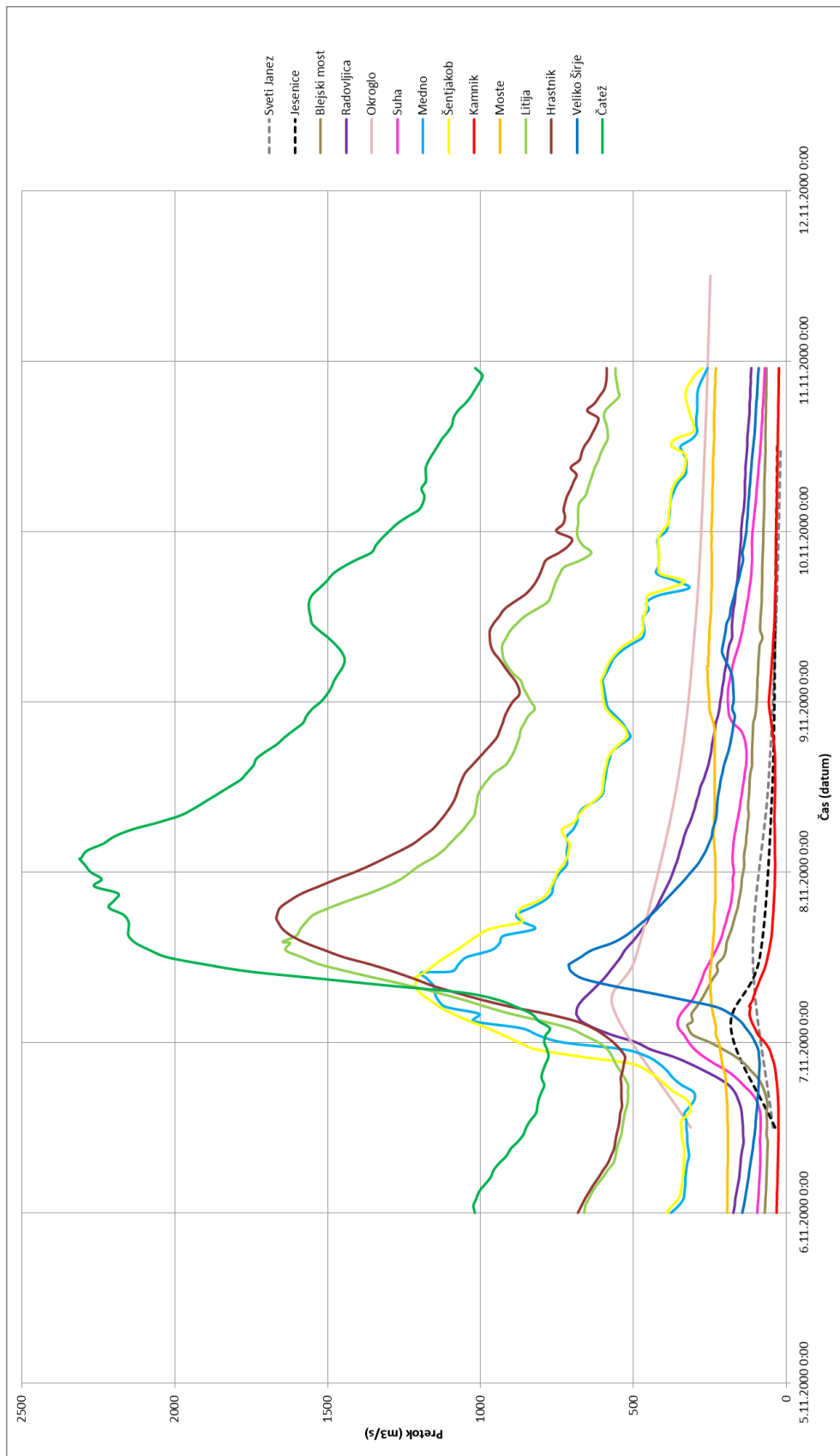


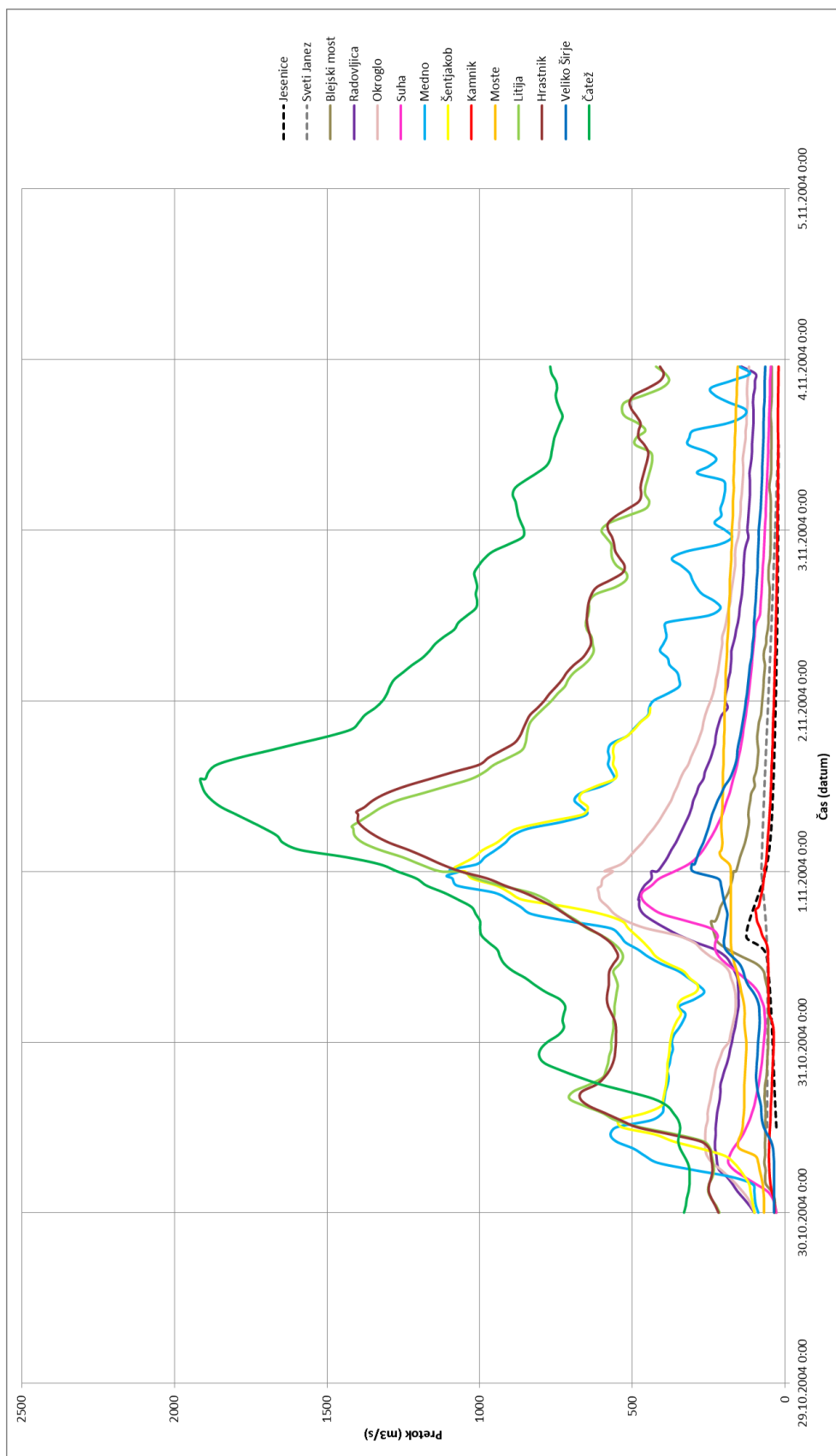
Priloga A. 12: Visokovodni valovi leta 1992 - 2 na vodomernih postajah Save in pritokov.

Priloga A. 13: Visokovodni valovi leta 1996 na vodomernih postajah Save in pritokov.

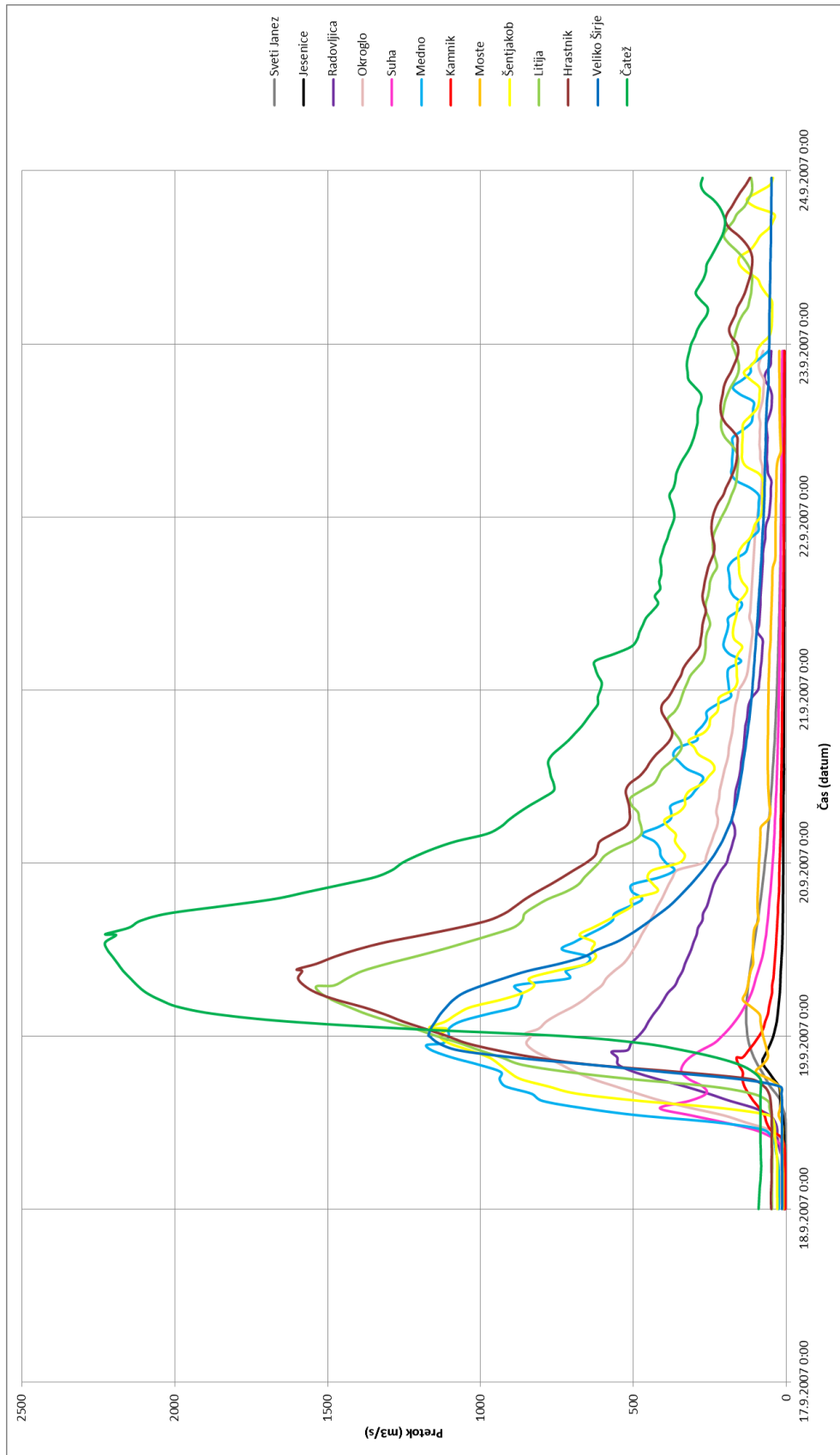


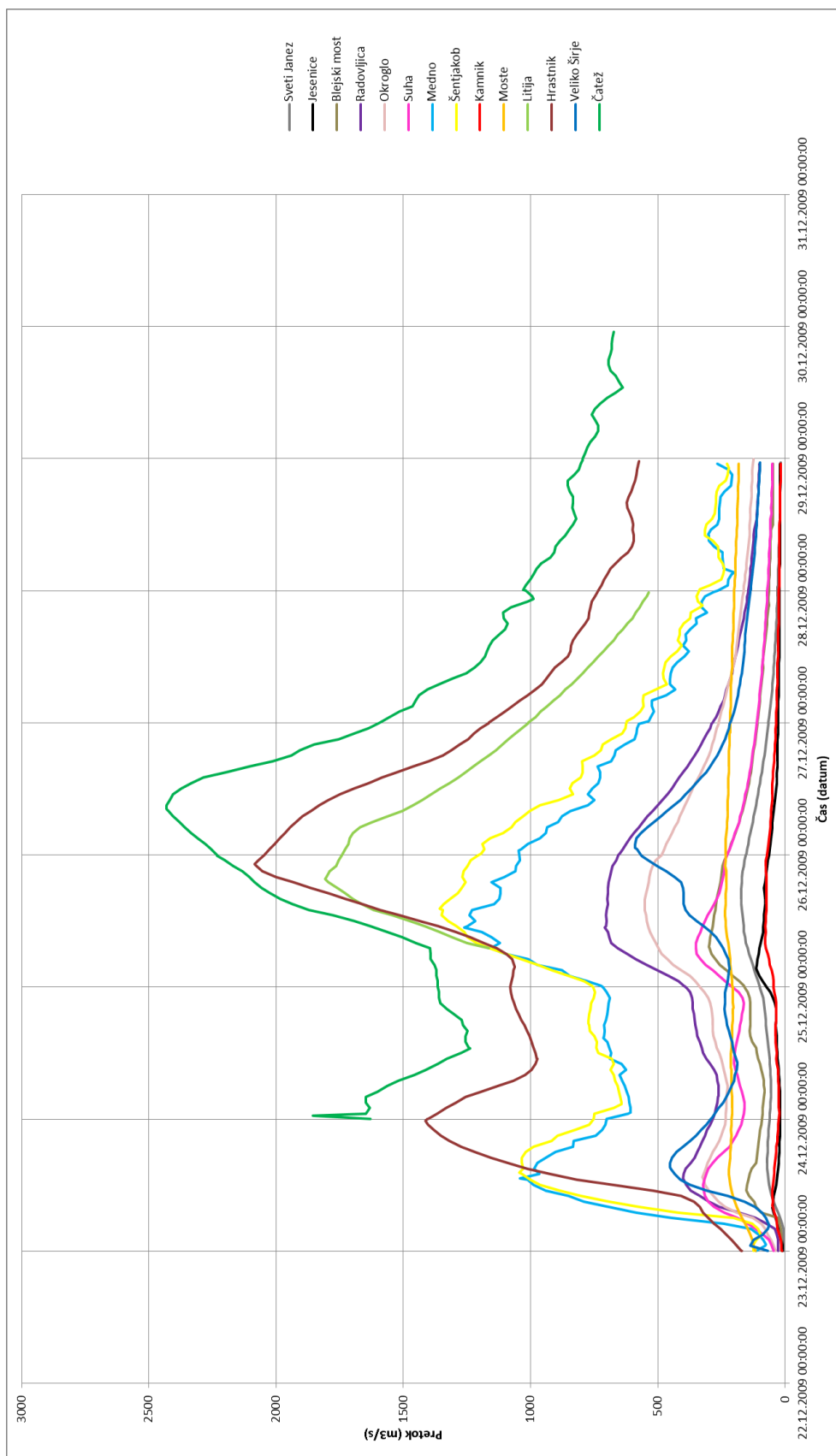
Priloga A. 15: Visokovodni valovi leta 2000 na vodomernih postajah Save in pritokov.



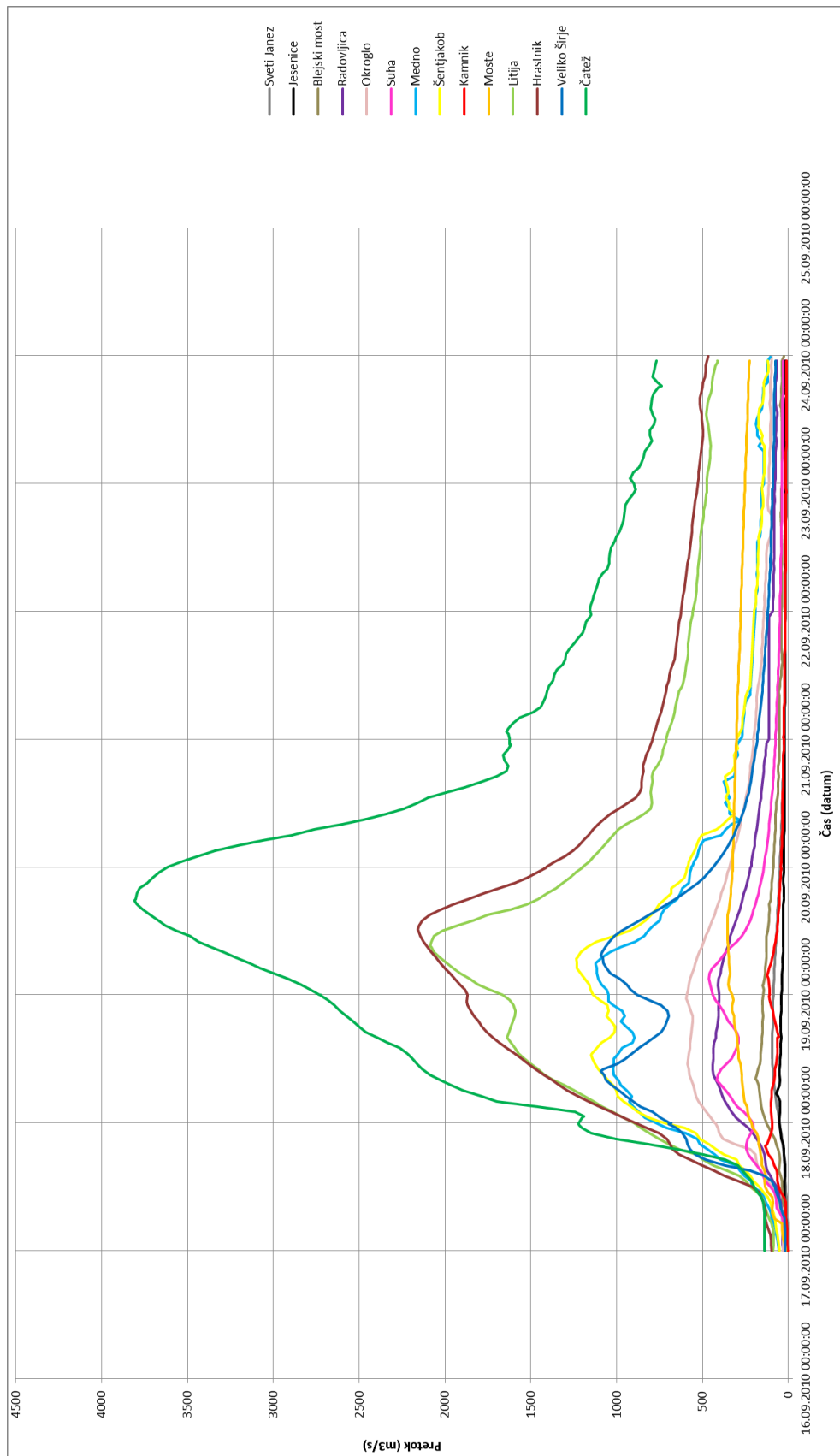
Priloga A. 16: Visokovodni valovi leta 2004 na vodomernih postajah Save in pritokov.

Priloga A. 17: Visokovodni valovi leta 2007 na vodomernih postajah Save in pritokov.



Priloga A. 18: Visokovodni valovi leta 2009 na vodomernih postajah Save in pritokov.

Priloga A. 19: Visokovodni valovi leta 2010 - 1 na vodomernih postajah Save in pritokov.



Priloga A. 21: Visokovodni valovi leta 2012 na vodomernih postajah Save in pritokov.

