

# Dinamika vodostaja rijeke Save i poplava na području Posavine

---

**Grgić, Luka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:802708>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-24**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI FAKULTET**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

**PREDIPLOMSKI STUDIJ**


**ŠUMARSTVO**

**LUKA GRGIĆ**

**DINAMIKA VODOSTAJA RIJEKE SAVE I POPLAVE NA  
PODRUČJU POSAVINE**

**ZAVRŠNI RAD**

**ZAGREB, SRPANJ 2020.**

	<b>IZJAVA</b> <b>O IZVORNOSTI RADA</b>	<b>OB ŠF 05 07</b>
		<b>Revizija: 1</b>
		<b>Datum:</b> <b>18.2.2019.</b>

„Izjavljujem da je moj *završni rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

*vlastoručni potpis*

---

*Luka Grgić*

*U Zagrebu, 10.07.2020.*

## PODACI O ZAVRŠNOM RADU

<b>Zavod:</b>	Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma
<b>Predmet:</b>	Ekologija šuma
<b>Mentor:</b>	Izv.prof. dr.sc. Damir Ugarković
<b>Asistent-znanstveni novak:</b>	/
<b>Student:</b>	Luka Grgić
<b>JMBAG:</b>	0068226908
<b>Akad. godina:</b>	2019/2020
<b>Mjesto, datum obrane:</b>	Šumarski fakultet Zagreb
<b>Sadržaj rada:</b>	Slika: 22 Tablica: 1 Navoda literature: 14
<b>Sažetak:</b>	Poplavna voda je neophodna za normalno funkcioniranje , odnosno rast i razvoj nizinskih šumskih ekosustava. Poplave rijeke Save i njezinih pritoka imaju specifičan ritam, a one mogu biti direktne i indirektne. Cilj završnog rada je analizirati trendove srednjih, minimalnih i maksimalnih vodostaja rijeke Sava, usporediti visine vodostaja vremenskog razdoblja 1991. do danas sa referentnim nizom. Za analize vodostaja rijeke Sava koristit će se podaci o maksimalnim, srednjim i minimalnim

vodostajima na mjernoj postaji Jasenovac. Daljnji cilj je analizirati trajanje poplava u gospodarskoj šumi gospodarske jedinice Lonja, Šumarija Sunja, UŠP Sisak, te pronaći korelaciju između visine vodostaja rijeke Sava i trajanja poplave u gospodarskim šumama.

# SADRŽAJ

<b>1. Uvod</b>	1
<b>1.1. Rijeka Sava</b>	1
<b>1.2. Vodostaji rijeke Save</b>	4
<b>1.3. Suvišne površinske vode</b>	6
<b>1.4. Poplava i šteta od poplava</b>	8
<b>1.5. Retencije na području Posavine</b>	9
<b>2. Metoda rada</b>	10
<b>3. Rezultati</b>	11
<b>3.1. Dinamika vodostaja rijeke Save</b>	11
<b>3.2. Trend vodostaja rijeke Save</b>	13
<b>3.3. Poplave rijeke Save</b>	23
<b>4. Zaključak</b>	26
<b>5. Literatura</b>	27



## 1. Uvod

### 1.1. Rijeka Sava

Sava je po svom izvorišnom dijelu alpska rijeka koja nastaje u Sloveniji, spajanjem Save Dolinke i Save Bohinjke kod mjesta Radovljic, odakle kreće na svoj daleki put. Sava Bohinjka se ruši iz izvora preko prekrasnih slapova u slikovito Bohinjsko jezero podno Triglava. Sava sve do ulaska u Hrvatsku, pa čak i nešto nizvodnije od Zagreba, ima obilježja velike rijeke visinskog i srednjeg toka – veliki uzdužni pad te brzi protok neznatne i vrlo promjenjive dubine. Sava duž cijelog svog toka prima vodu iz gotovo 250 pritoka (Šafarek i Šolić, 2011). Tijekom novije povijesti grada Zagreba stanovnici hrvatske metropole iskusili su i blago lice Save, ali i njezin bijes i gorčinu kada je zahvatila donje dijelove grada 1964. godine i nanijela goleme ljudske i materijalne štete. Od Rugvice nizvodno Sava poprima odlike velike nizinske rijeke (Šafarek i Šolić, 2011).

U Sisku Sava prima ogromne količine vode iz svoje pritoke Kupe. Zanimljivo je istaknuti i znati da se Kupom u Savu odvođe sve rijeke crno-morskog sliva iz planinskog dijela Hrvatske, osim Une koja se u Savu ulijeva kod Jasenovca. Plovne su rijeke zadnjih desetljeća doprinijele industrijskom razvoju i u samom gradu je izgrađena željezara, termoelektrana, rafinerija nafte i dakako, luka. Sava se u cijelosti preobražava nizvodno od Siska. Od rijeke što teče kroz industrijski kraj brzo postaje prava ruralna rijeka. Ono što se nekoć smatralo nerazvijenošću danas je zapravo vrlo značajan ekonomski resurs, kako za turizam tako i za buduću proizvodnju zdrave hrane (Šafarek i Šolić, 2011).

Suživot čovjeka i prirode vidi se već u tome što se cesta do sela Preloščice odvaja od Save zbog stare mrtvice, S jedne strane nasipa su oranice, a s druge mrtvice, močvara i divlje životinje a između se predivne drvene kuće. Priča se nastavlja desecima kilometrima što slijede, u današnjem Parku prirode Lonjsko polje na lijevoj obali, mada i desna strana izgleda slično. Sela Kratečko, Svinjičko, Gušće izmjenjuju se na obalima Save koja je središte života. Zahvaljujući svojim brojnim rodama po krovovima starih kuća Čigoć je naselje poznato u cijeloj Europi, a ujedno i turističko odredište. Mužilovčica je jedan od najboljih prilaza



poplavnoj nizini iza nasipa (Šafarek i Šolić, 2011). Jasenovac je manje urbano središte Lonjskog polja na križanju putova prema Bosni iako to mjesto za vrijeme Domovinskog rata nije stradalo ali trpi velike ekonomske posljedice. Tamo se Savi pridružuje Una. Do Stare Gradiške Sava gubi meander iako je u poljoprivrednom krajoliku, sela na obalama nisu česta, a veće je mjesto Davor. Tu počinje nisko poplavno područje Crnac polje a na Crnac polje se nastavlja Jelas polje, jedno od najvećih u Hrvatskoj. Ovdje su iskrčeni ribnjaci koji plitkom vodom i obiljem hrane privlače ptice močvarice. Ribnjaci su stoga proglašeni posebnim ornitološkim rezervatom. Slavonski Brod je drugi po veličini grad na Savi. Na bosanskoj-srpskoj granici rijeka prima Drinu i polako teče prema Beogradu, gdje se ulijeva u Dunav. U bivšoj državi Sava je sa svojih gotovo 1000 kilometara bila najduža rijeka koja je izvirala i uvirala administrativnih granica tadašnje države i Sava je u to vrijeme povezivala velike gradove i industrijska središta, što je za posljedicu imalo znatna onečišćenja ove rijeke. Mnoge otpadne vode primala je i preko svojih brojnih pritoka: Vrbasa, rijeke Bosne i ostalih. U poslijeratnom razdoblju kvaliteta vode rijeke Save znatno se popravlja (Šafarek i Šolić, 2011).

Slika 1. Na ušću Kupe u Savu smjestila se stara sisačka utvrda poznata pod nazivom Stari grad (Šafarek i Šolić, 2011.)



Slika 2. Mužilovčica je jedan od najboljih prilaza poplavnoj nizini iza nasipa (Šfarek i Šolić, 2011.)

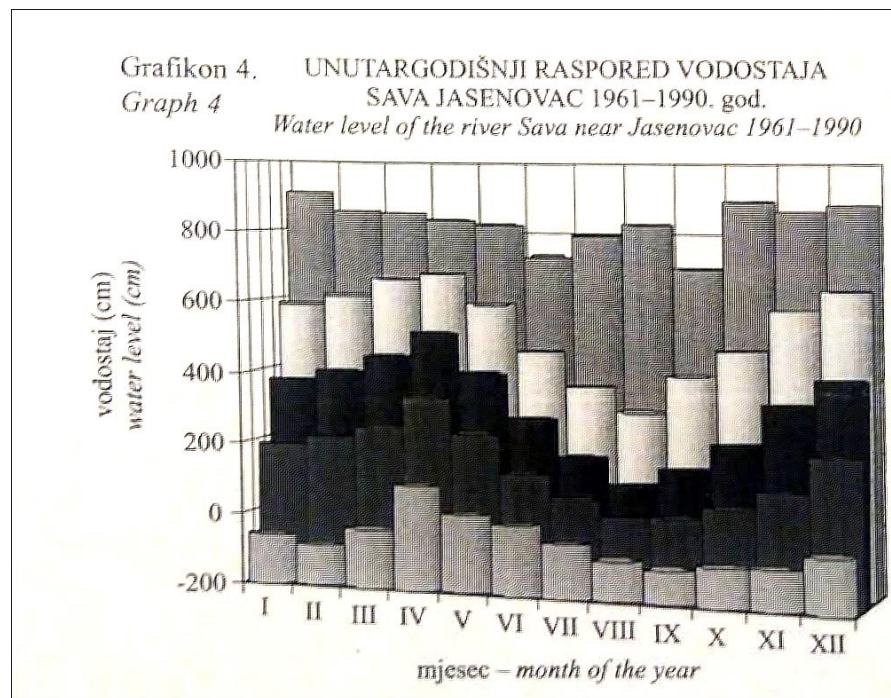


Slika 3. Ušće Kupe u Savu (Šfarek i Šolić, 2011.)



## 1.2. Vodostaji rijeke Save

Slika 4. Grafikon Sava Jasenovac – cjelogodišnji raspored vodostaja Sava Jasenovac 1961-1990. god. ( Prpić i dr., 2005.)



	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Min. – Minimum	-60	-85	-35	95	20	-2	-47	-86	-103	-89	-85	-45
Sr. min. – Mean minimum	191	216	246	338	240	134	66	24	28	61	112	212
Sred. – Mean	369	397	447	514	404	260	177	106	152	228	344	413
Sr. maks. – Mean maximum	585	614	665	682	599	467	373	303	410	482	598	654
Maks. – Maximum	907	856	852	835	821	734	794	827	707	895	870	885

Iz grafikona 4. je razvidno da su najniži vodostaji Save u Jasenovcu zabilježeni u kolovozu, rujnu i listopadu a visoki vodostaji u ožujku, travnju i svibnju (srednji minimalni) i u prosincu, ožujku i travnju (srednji maksimalni). Velike su razlike u snazi Rijeka Dunava, Drave i Save. Drava je brza i vrlo dinamična Rijeka s padom korita od 0,34 promila dok korito Save pada samo 0,073 promila ( Horvat I dr. 1974). Razlika se u padu korita odražava značajno na riječnu

dinamiku. Drava brzo pronosi kroz svoje korito velike količine čestica tla, pijeska i šljunka stvarajući stalno otoke i sprudove. Iz pada korita lako je zaključiti da je Sava mnogo sporija Rijeka te da su njezinu koritu i uz njega ne nalazi takvo obilje otoka i sprudova suvislo obraslim mekim listačama kao Dravi (Prpić i dr. 2005).

### 1.3. Suvišne površinske vode

Izraz suvišne površinske vode često se rabi kao sinonim za pojam suvišnih voda jer se lako uočavaju tj. stagniraju na samoj površini tla (slika 5 i 6). Prema podrijetlu površinske vode mogu biti oborinske i vanjske. Oborinske vode potječu od oborina koje padnu na određeni ekosustav (melioracijsko područje). Suvišne površinske oborinske vode nastaju kada intenzitet i količina oborina nadmašuju vrijednosti njihove moguće potrošnje (Ondrašek i dr. 2015.)



Slika 5. Suvišne površinske oborinske vode na obrađenom poljoprivrednom zemljištu (Petošić, 2011.)



Slika 6. Suvišne površinske oborinske vode na neobrađenom poljoprivrednom zemljištu (Petošić, 2011.)

Vanjske ili strane suvišne površinske vode dotječu u ekosustav izvana, sa šireg okolnog područja. Vanjske vode se u većini slučajeva razgraničavaju na slivne (koje dotječu s povišenih dijelova sliva) i poplavne (koje dotječu iz postojećih prirodnih i/ili umjetnih vodotoka područja (Ondrašek i dr. 2015). Suvišne vode u tlu podrazumijeva se stanje zasićenja tla vodom, koja uzrokuje prekomjerno vlaženje. Vode koje se infiltriraju, prema porijeklu dijele se na površinske i podzemne. S obzirom na mjesto pojavljivanja, suvišne vode mogu se podijeliti na: suvišne površinske vode, suvišne potpovršinske vode i suvišne podzemne vode. Suvišne površinske vode stagniraju odnosno zadržavaju se na površini zemljišta kraće ili dulje vrijeme tijekom godine. Stagniranje vode može prouzročiti više čimbenika kao što su hidrološke i klimatske značajke područja, posebno količina, intenzitet, trajanje i raspored oborina, reljef, fizikalne značajke tla kao što su tekstura, struktura, porozitet, dubina i debljina nepropusnog horizonta (Šimunić, 2013).

## 1.4. Poplava i šteta od poplava

Kad kiša pada u jakim pljuskovima koje redovno prate i olujni vjetrovi, ona kida nježno lišće sa stabala i zbija tlo. Kada velike količine oborina padnu u kratko vrijeme ili kada se velike količine snijega u planinama brzo otapaju, uzrokuju u nizinama poplave, a u brdima snijeg. Poplave koje nastaju prelijevanjem vode iz korita rijeke i potoka, ako se pojave u vegetacijskom period i dugo potraju, mogu nanijeti velike štete. One uzrokuju truljenje korijena i fiziološko slabljenje stabala, što onemogućuje napad raznih štetnika. Poplave često onemogućuje prirodno i umjetno pomlađivanje šuma. Dugotrajne poplave smetaju pravovremenom izvođenju šumskogospodarskih i eksploatacijskih radova. Stagniraju li dugo vremena poplavne vode po šumama i nastupi zamočvarivanje, stabla se počnu sušiti pa konačno čitava šuma propadne. Sve vrste nisu na višak vode jednako osjetljive. Najrazornije djelovanje poplavnih voda očituju se u eroziji tla. Erozijske koje uzrokuju poplave mogu potpuno uništiti šumu jer korijenje ostaje golo, a drveće bez hrane. Poplave se suzbijaju provedbom hidrotehničkih radova. Šume koje treba da zaustavljaju oborinske vode i tako spriječavaju poplave, moraju se uzgajati tako da upijaju što veće količine oborinskih voda. U šumskim poplavnim područjima uzgajaju se one vrste drveća koje su otporne prema poplavama (Vajda, 1974).

## 1.5. Retencije na području Posavine

Retencije su prostori u slivu vodotoka u koje se sakuplja voda iz vodotoka samo u vrijeme velikih voda. Retencije primaju velike količine vode, a nakon što je prošla opasnost od poplave, voda iz retencije se ispušta i vraća u vodotok. Retencije mogu biti prirodne i umjetne a najznačajniji prirodni retencijski prostori su močvare. Močvare su značajne zbog ekološke vrijednosti jer pozitivno utječu na vodni okoliš i staništa su različitih vrsta ptica, riba i bujne hidrofilne vegetacije. Prostor retencije i poplavna područja oko retencije mogu se koristiti i u gospodarske svrhe što ovisi o prirodnim svojstvima vodotoka i retencijskog prostora te planovima upravljanja retencijom (Šimunić, 2013). Grade se u nizinskom dijelu melioracijskoga područja u neposrednoj blizini glavnih vodotoka. Zauzimaju prostore veliki terenskih (prirodnih) depresija koje su se zbog dugotrajnog zamočvarivanja slabo iskorištavale u gospodarske a posebice poljoprivredne svrhe. Najčešće su to prostori šumskih površina, ekstenzivnih livada i/ili pašnjaka (Ondrašek i dr. 2015). Retencijski proctor za rijeku Savu i njezine pritoke je Park prirode Lonjsko polje koji je zbog svoje površine i prirodnih značajki najveće zaštićeno močvarno područje ne samo u Hrvatskoj već u cijelom Dunavskom porječju. Navedeni proctor koristi se u turističke svrhe ali i za različite poljoprivredne djelatnosti (Šimunić, 2013).



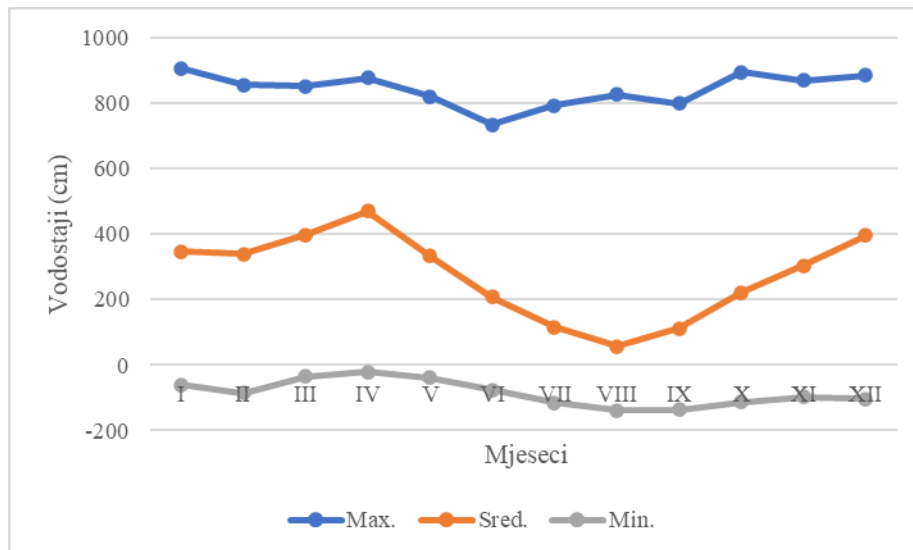
## 2. Metoda rada

Istraživanje dinamike vodostaja i dinamike poplava je analizirana za rijeku Savu. Iz Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske dobiveni su podaci o maksimalnim, srednjim i minimalnim vodostajima rijeke Save za vodomjerne postaje Jasenovac i Stara Gradiška. Podaci su prikupljeni za vremensko razdoblje od 1970. do 2012. godine. Podaci o oborinama (mm) su prikupljeni za meteorološku postaju Sisak. Iz šumarskih kronika gospodarskih jedinica Lonja (Šumarija Sunja) i Josip Kozarac (Šumarija Lipovljani) su prikupljeni podaci o broju dana s poplavom za vremensko razdoblje od 2004. do 2014. godine. Postoji nekoliko klasifikacija i definicija za poplave. Kron (2002) je poplavu definirao kao privremeno prekrivanje kopna vodom zbog površinskih voda koje su izlazile iz korita vodotoka ili kao rezultat obilnih oborina. Prema EC (CEC 2006), poplava znači privremeno prekrivanje vodom dijela zemlje ili kopna koje inače nije pokriveno vodom. Ovdje govorimo o riječnim poplavama rijeke Save u gospodarskim šumama.

Studentovim t testom nezavisnih uzoraka su uspoređivani maksimalni, srednji i minimalni vodostaji rijeke Save vremenskog perioda od 1970. – do 1990., sa vremenskim periodom 1991. – 2012. Man Kendall trend testom je utvrđena značajnost trenda maksimalnih, srednjim i minimalnih vodostaja rijeke Save te značajnost trenda broja dana s poplavom na području gospodarskih jedinica Lonja i Josip Kozarac. Neparаметarskom Spearman korelacijom (Zar 1999) utvrdili smo odnos između broja dana s poplavom te oborina (mm), maksimalnih (cm), srednjim (cm) i minimalnih vodostaja (cm) rijeke Save. Jačina korelacije je određena prema Roemer i Orphal tablici jačina korelacije (Vasilj 2000). Statistička analiza podataka je obrađena u programu Statistica 7.1. (StatSoft, Inc. 2003).

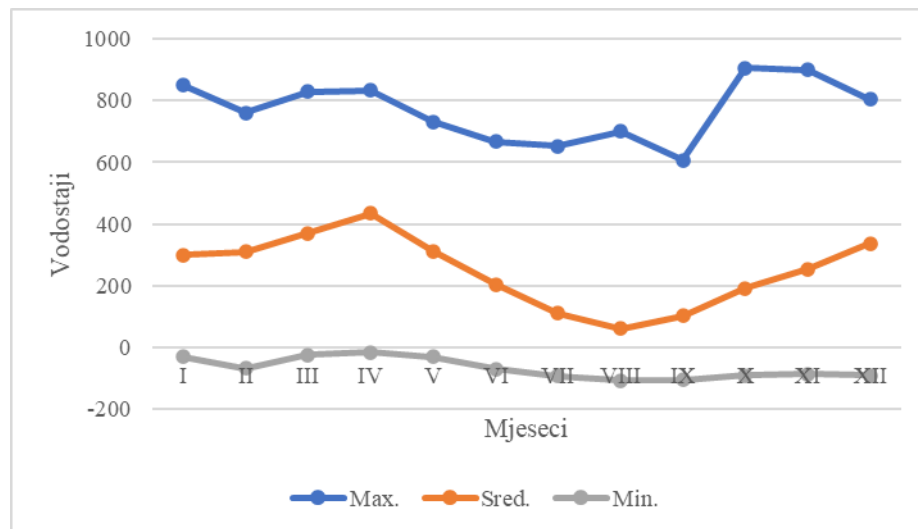
### 3. Rezultati

#### 3.1. Dinamika vodostaja rijeke Save



Slika 7. Dinamika vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Jasenovac

Na slici 7. je prikazana dinamika vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Jasenovac za period od 1970. do 2012. godine. U tom vremenskom razdoblju maksimalni vodostaji su se kretali od 734,00 u mjesecu lipnju do 907,00 cm u siječnju. Srednji vodostaji su bili u rasponu od 56,6 cm u kolovozu do 470,6 u travnju. Minimalni vodostaji su se kretali u rasponu od -139,00 cm u kolovozu do -22,00 cm u travnju.

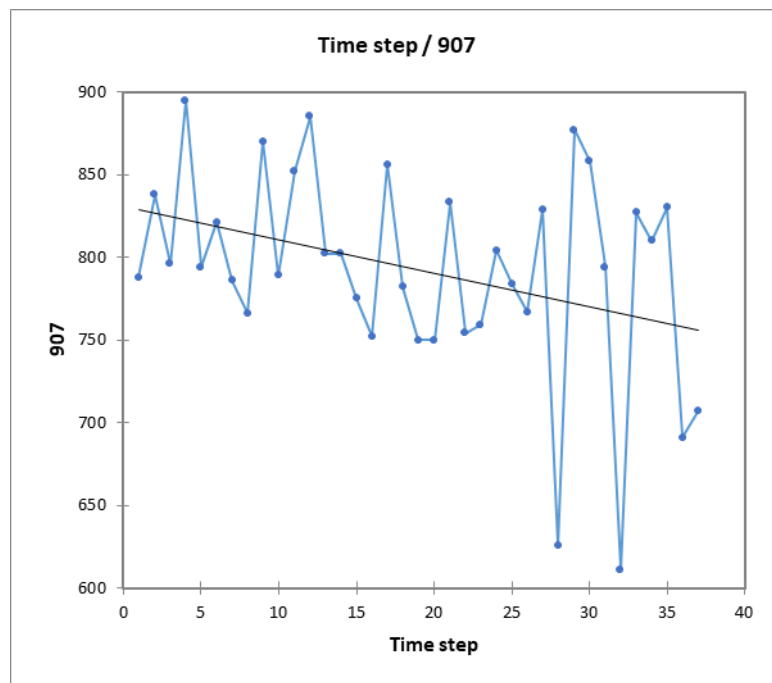


Slika 8. Dinamika vodostaja rijeke Sava na vodomjernoj postaji Stara Gradiška

Najmanji maksimalni vodostaj na vodomjernoj postaji Stara Gradiška je bio u mjesecu rujnu (606,00 cm), a najveći u studenom (900,00 cm). Amplituda ili raspon srednjih vodostaja rijeke je bila od 61,9 cm u kolovozu do 434,9 cm u travnju, dok je amplituda minimalnih vodostaja bila od -106,00 cm u kolovozu do -16,00 cm u travnju (slika 8).

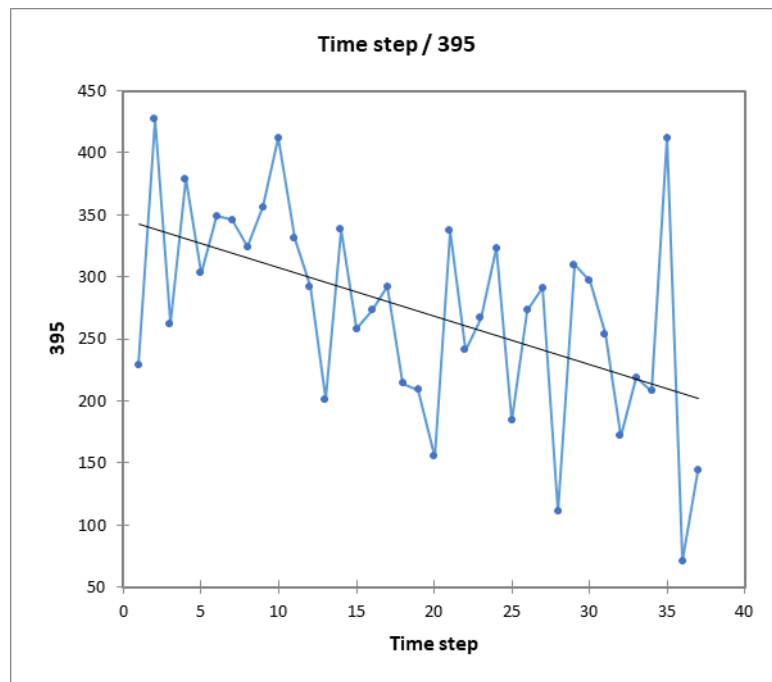
### 3.2. Trend vodostaja rijeke Save

Trend vodostaja rijeke Sava se odnosi za vremenski period od 1970. do 2012. godine, a analiziran je za vodomjerne postaje Jasenovac i Stara Gradiška.



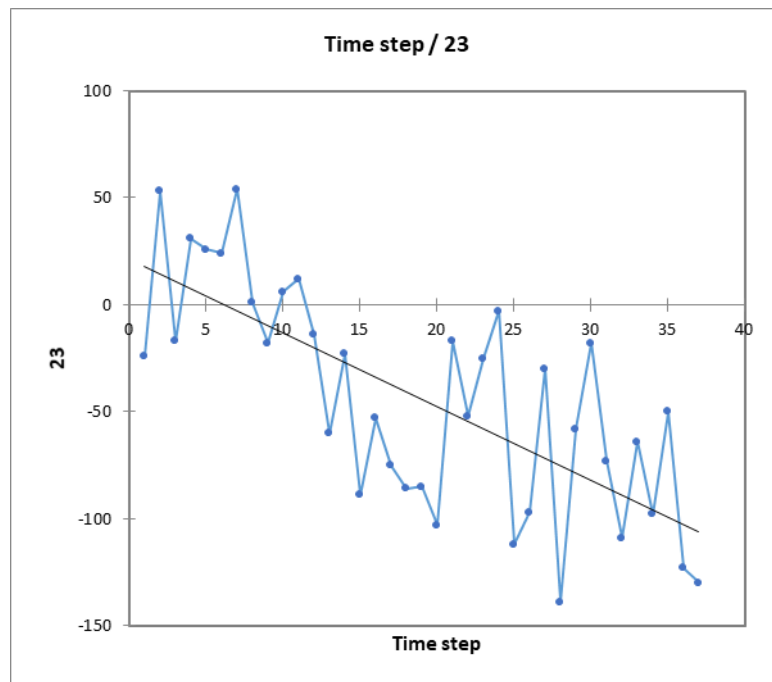
Slika 9. Trend maksimalnih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Jasenovac

Na slici 9. je prikazan trend maksimalnih vodostaja rijeke Sava na vodomjernoj postaji Jasenovac. Prema rezultatima Mann-Kendall trend test, trend je bio padajući (Kendall's  $-0,176$ , Sen's slope  $-1,528$ ), ali nije statistički značajan ( $p=0,129$ ).



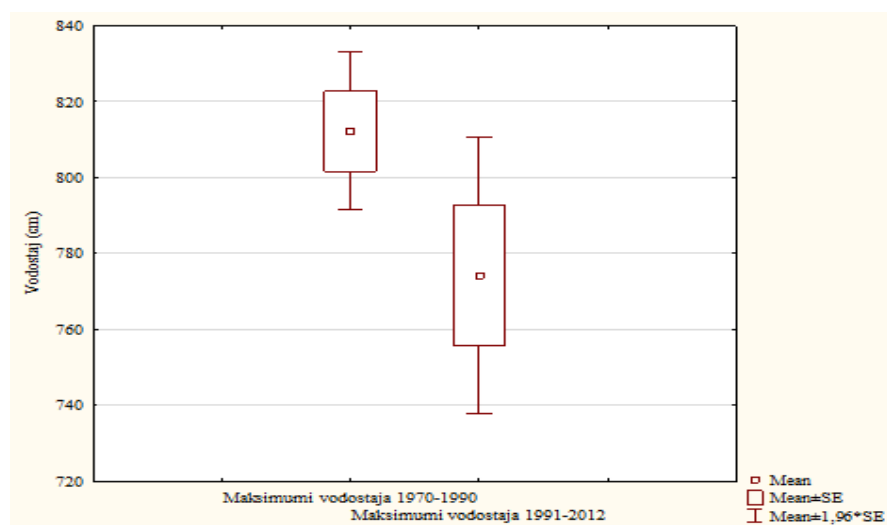
Slika 10. Trend srednjih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Jasenovac

Prema rezultatima prikazanim na slici 10., postojao je statistički značajan i padajući trend srednjih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Jasenovac (Kendall's  $-0,378$ , Sen's slope  $-4,407$ ,  $p=0,001$ ).



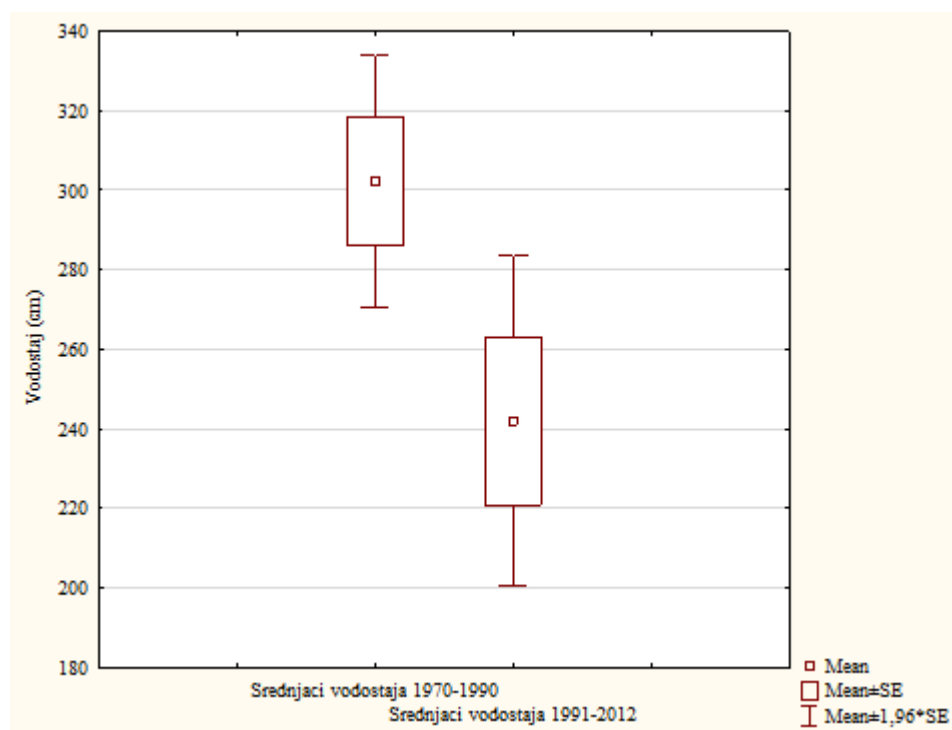
Slika 11. Trend minimalnih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Jasenovac

Minimalni vodostaji rijeke Sava na vodomjernoj postaji Jasenovac (slika 11.) imaju padajući trend (Kendall's  $-0,529$ , Sen's slope  $-3,675$ ) te je bio statistički značajan ( $p=0,0001$ ).



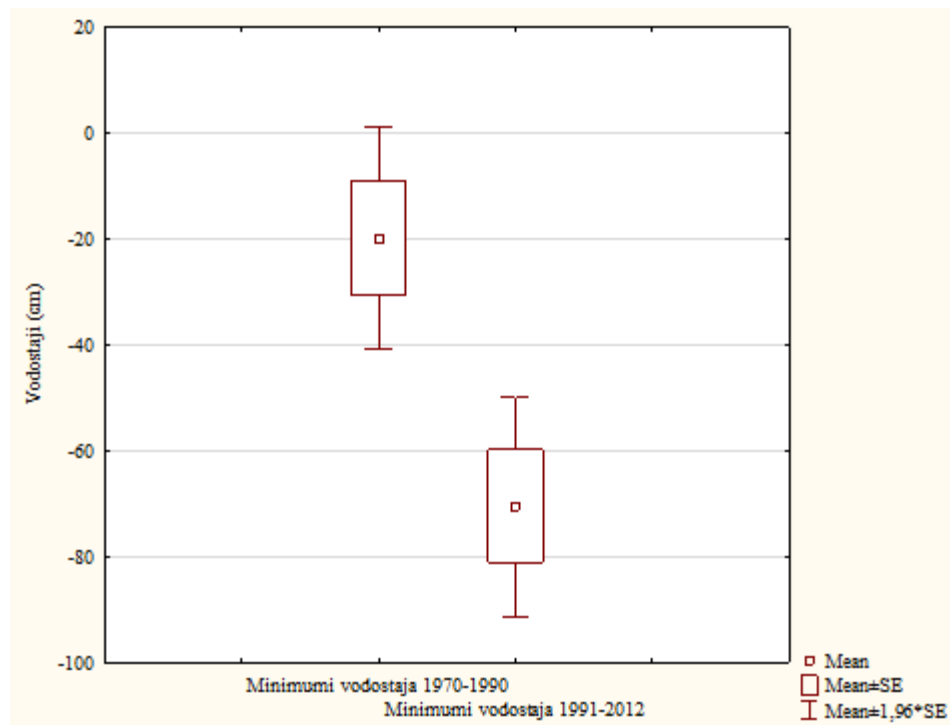
Slika 12. Usporedba maksimalnih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Jasenovac

Prosječni maksimalni vodostaj rijeke Sava za vremensko razdoblje od 1970. – 1990. je iznosio 812,19 cm, a u periodu 1991. – 2012. je iznosio 774,17 cm (slika 12.). Prema rezultatima t testa, nisu utvrđene statistički značajne razlike u maksimalnim vodostajima rijeke Save za dva analizirana vremenska razdoblja ( $p=0,07$ ).



Slika 13. Usporedba srednjih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Jasenovac

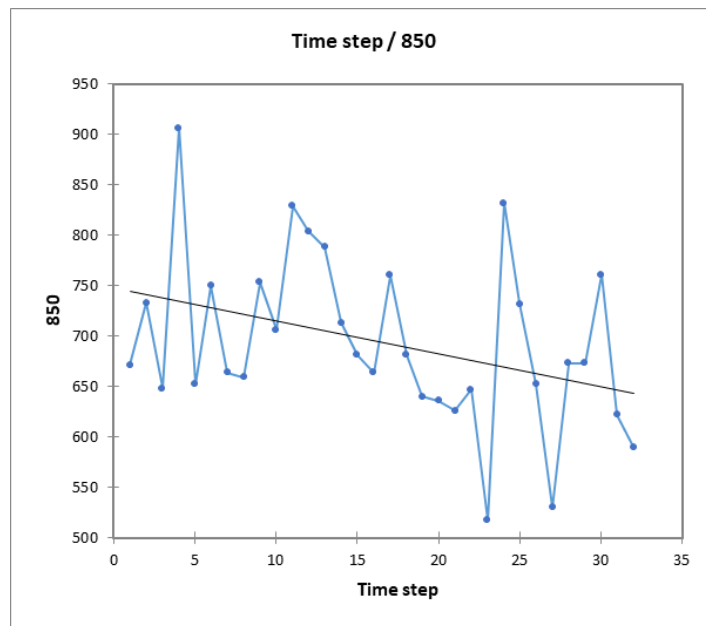
Srednji vodostaj rijeke Sava u periodu 1970. – 1990. je ima srednju vrijednost od 302,12 cm, a u periodu 1991. – 2012. je iznosio 242,00 cm (slika 13.). Utvrđeno je značajno smanjenje srednjih vodostaja rijeke Sava u periodu 1991. – 2012. ( $p=0,027$ ).



Slika 14. Usporedba minimalnih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Jasenovac

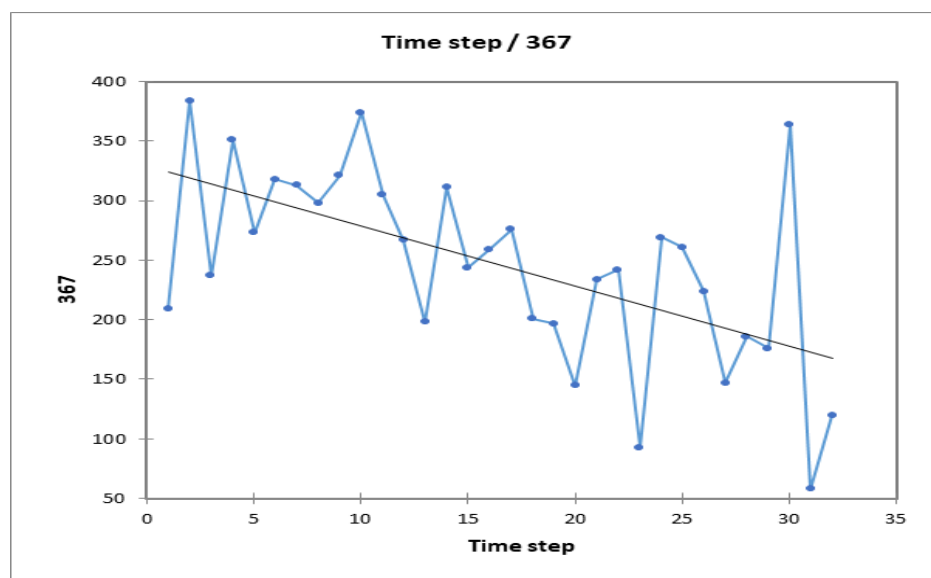
Prosječna vrijednost minimalnog vodostaja rijeke Save u periodu od 1991. – 2012. je iznosila -19,85 cm, dok je u periodu 1991.- 2012. iznosila -70,47 cm. Ova razlika u srednjim vrijednostima minimalnih vodostaja rijeke Save je bila statistički značajna ( $p=0,001$ ).





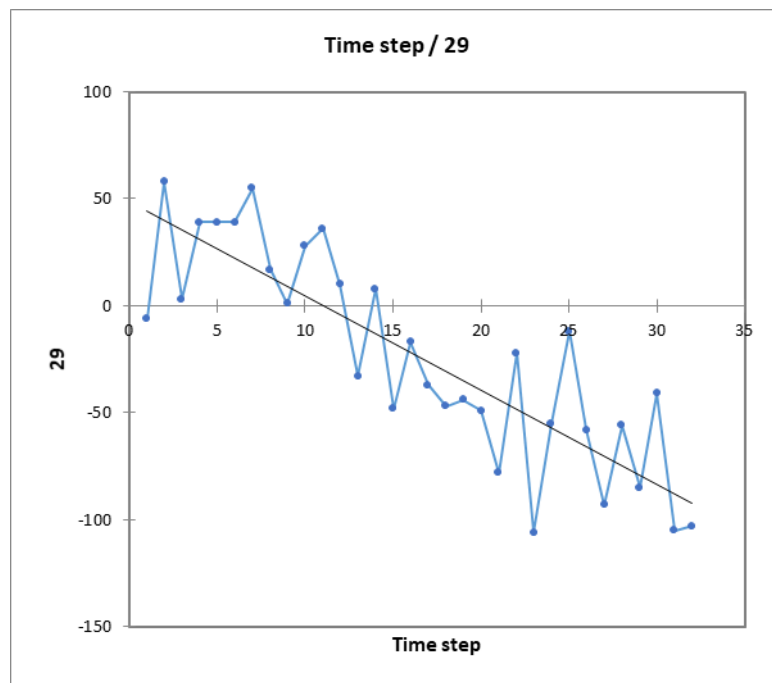
Slika 15. Trend maksimalnih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Stara Gradiška

Prema rezultatima Mann-Kendall trend test (slika 15.) postojao je statistički značajan trend smanjivanja maksimalnih vodostaja rijeke Sava na vodomjernoj postaji Stara Gradiška (Kendall's  $-0,247$ , Sen's slope  $-2,918$ ,  $p=0,05$ ).



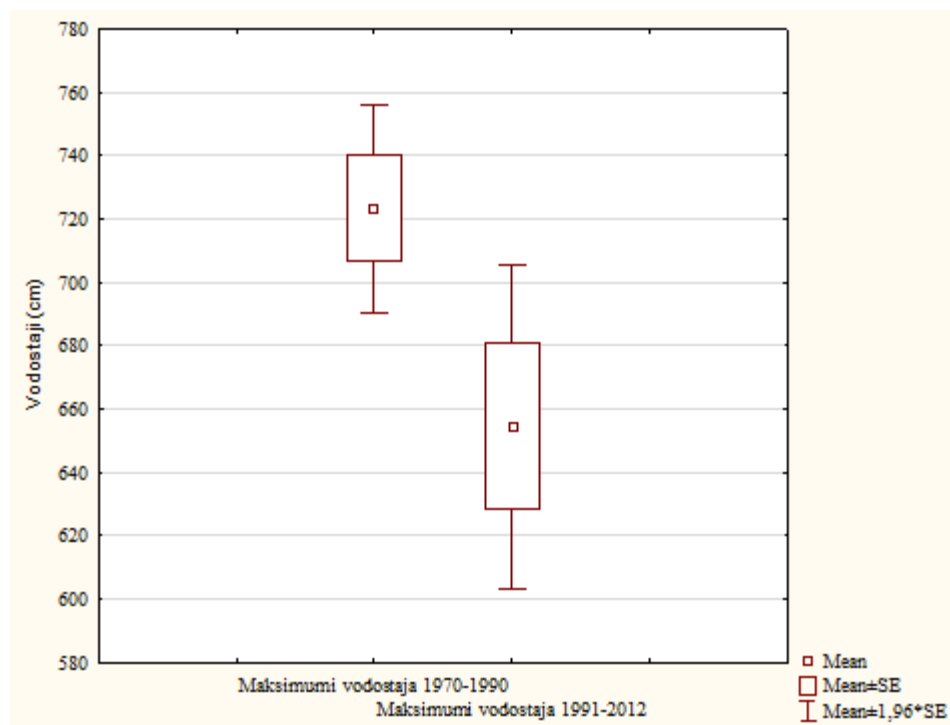
Slika 16. Trend srednjih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Stara Gradiška

Također na slici 16. vidimo da je prisutan i statistički značajan trend smanjivanja srednjih vodostaja rijeke Sava na vodomjernoj postaji Stara Gradiška (Kendall's -0,456, Sen's -5,775,  $p=0,000$ ).



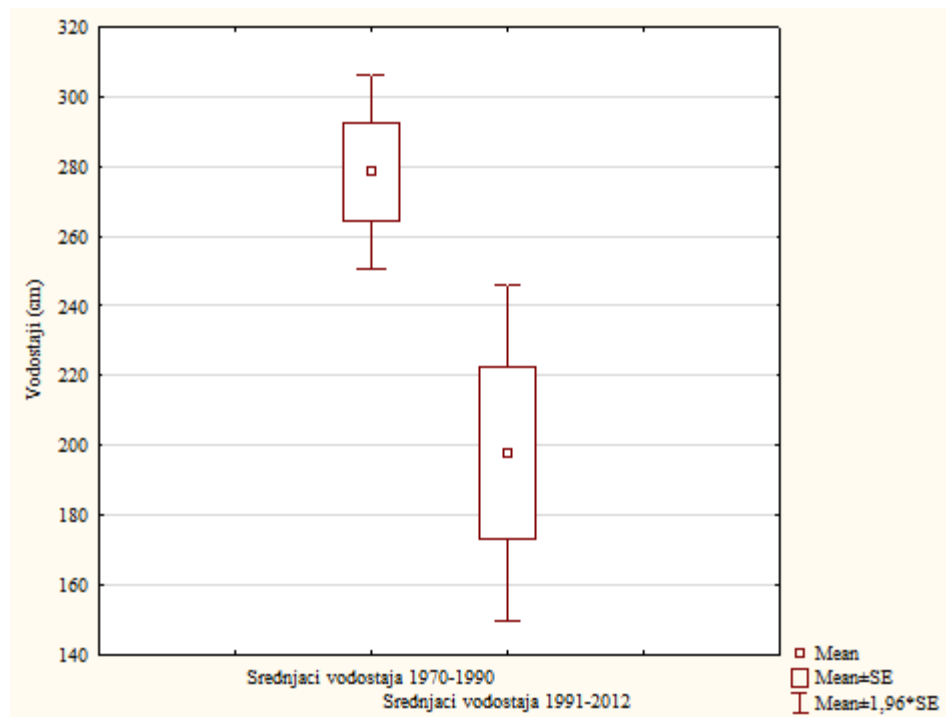
Slika 17. Trend minimalnih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Stara Gradiška

Trend minimalnih vodostaja (slika 17.) ima također značajno izražen padajući trend, odnosno smanjivanje razine vode u vodotoku (Kendall's -0,669, Sen's slope -4,595,  $p=0,0001$ ).



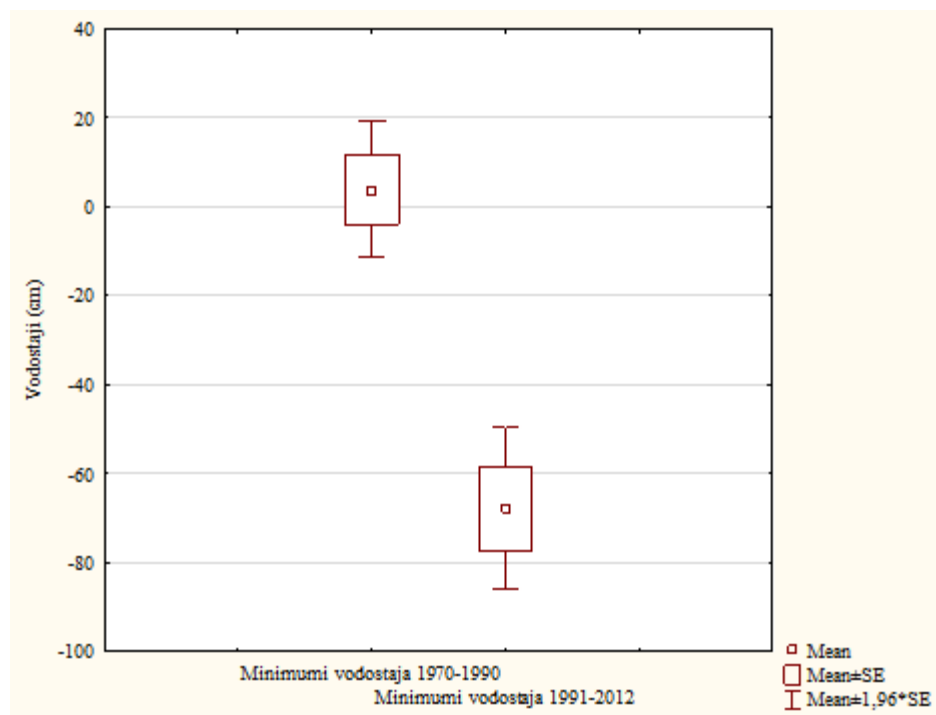
Slika 18. Usporedba maksimalnih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Stara Gradiška

Na slici 18. je prikazana usporedba srednjih vrijednosti maksimalnih vodostaja rijeke Sava na vodomjernoj postaji Stara Gradiška. Prosječna vrijednost maksimalnog vodostaja u periodu 1970. – 1990. je bila 723,23 cm, a u periodu 1991. – 2012. je iznosila 654,58 cm. Ove razlika bila je statistički značajna ( $p=0,027$ ).



Slika 19. Usporedba srednjih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Stara Gradiška

Prosječna vrijednost srednjeg vodostaja rijeke Sava na vodomjernoj postaji Stara Gradiška u periodu od 1970. – 1990. je bila 278,47 cm (slika 19.). U periodu 1991. – 2012. je smanjena na 197,83 cm, a smanjenje je bilo statistički značajno ( $p=0,004$ ).

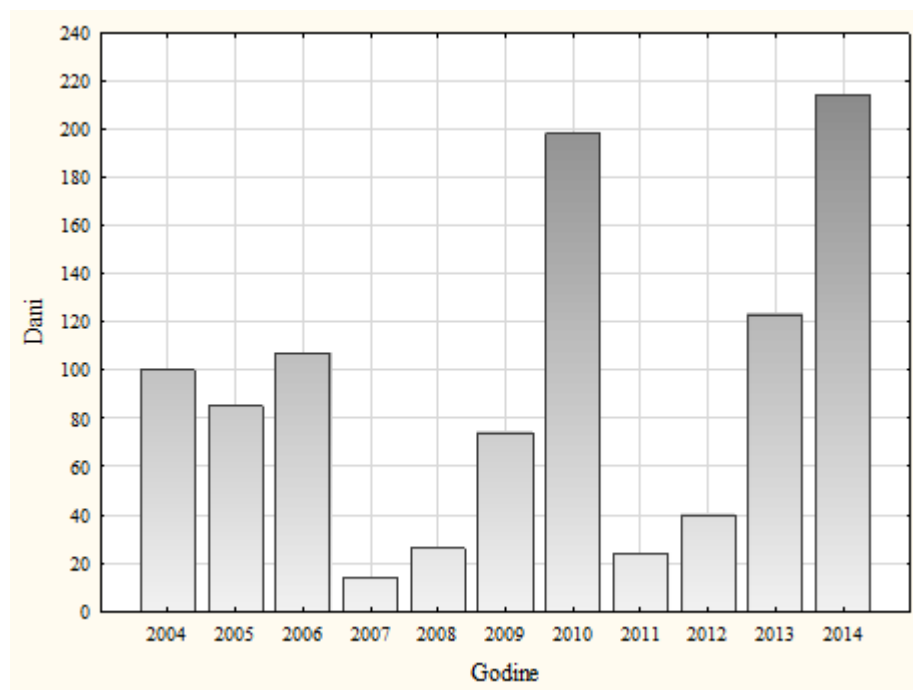


Slika 20. Usporedba minimalnih vodostaja rijeke Save na vodomjernoj postaji Stara Gradiška

Minimalni vodostaj u periodu 1970. – 1990. je iznosio 3,85 cm, a u periodu 1991. – 2012. je bio -67,83 cm (slika 20). Prema rezultatima t testa, razlike u prosječnim vrijednostima minimalnih vodostaja su bile statistički značajne ( $p=0,000$ ).

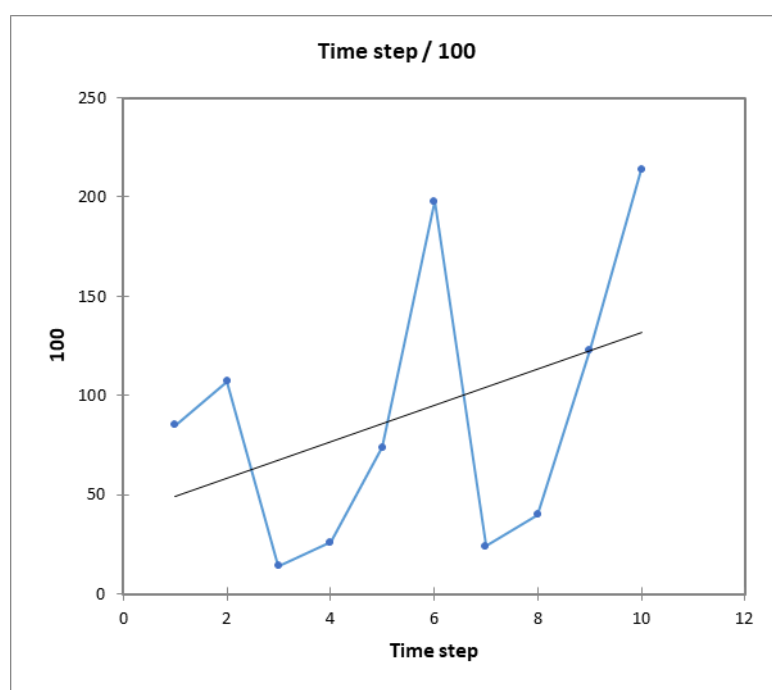
### 3.3. Poplave rijeke Save

Na slici 21. je prikazan broj dana s poplavama na području gospodarskih jedinica Lonja i Josip Kozarac. Ovdje govorimo o riječnim poplavama rijeke Save u gospodarskim šumama. Najmanji broj dana s poplavom je bio 2007 godine kada je ukupno bilo 14 dana s riječnom poplavom. Najveći broj dana s poplavom je bio 2014. godine, ukupno čak 214 dana je poplavna voda bila u gospodarskim šumama. Prema analizama (Katušin i dr. 2008), 2007. godina je prema oborinskim percentilima bila “normalna“ (25 – 75 percentila), ali je prema temperaturnim percentilima bila ekstremno topla (> 98 percentila). Povećane temperature zraka su uzrokovale veću evapotranspiraciju, što je uzrokovalo i manji broj dana s riječnim poplavama. Prema analizama Pandžića i dr. (2015), 2014. godina je prema oborinskim percentilima bila vrlo kišna (91 – 98 percentil) do ekstremno kišna (> 98 percentila). Velike količine oborina su uzrokovale veće maksimalne vodostaje rijeke Sava i veći broj dana s poplavama.



Slika 21. Broj dana s poplavama na području g. j. Lonja i Josip Kozarac

Na slici 22. je prikazan trend broja dana s poplavom u gospodarskim šumama u vremenskom razdoblju od 2004. do 2014. godine. Prema rezultatima Mann-Kendall trend testa, trend povećanja broja dana s poplavom nije bio statistički značajan (Kendall's 0,289, Sen's slpope 12,  $p=0,291$ ). Zbog čestih i naglih pljuskova, odnosno velike količine oborina u jedinici vremena može doći do naglih poplava u šumama. Ako su takvi događaji vrlo česti tijekom godine, imamo veći broj dana s poplavom. Prema nekim autorima (Olsen 2006) broj dana s manjim poplavama će se manjiti u poplavnim šumama.



Slika 22. Rezultati Man Kendall trend testa broja dana s poplavom u gospodarskim šumama

Tablica 1. Spearman korelacija dana s poplavom, oborine te vodostaja rijeke Sava

Varijabla	Poplava (dani)	Oborina (mm)	Max vodostaj (cm)	Sred vodostaj (cm)	Min vodostaj (cm)
Poplava (dani)	1,00				
Oborina (mm)	0,75*	1,00			
Max vodostaj (cm)	0,68*	0,75*	1,00		
Sred vodostaj (cm)	0,83*	0,80*	0,85*	1,00	
Min vodostaj (cm)	0,65	0,71*	0,86*	0,91*	1,00

U tablici 1. su prikazani rezultati neparametarske Spearman korelacije. Utvrđena je pozitivna i statistički značajna korelacija između broja dana s poplavom u gospodarskim šumama s količinom oborina ( $r=0,75$ ), maksimalnim vodostajima rijeke Sava ( $r=0,68$ ) i sa srednjim vodostajima ( $r=0,83$ ). Ove korelacije prema jačini su bile jake i vrlo jake. Utvrđena je vrlo jaka i pozitivna korelacija između količine oborina i vodostaja rijeke Sava. Rezultati ove korelacije u skladu su s istraživanjem Ugarkovića i dr. (2017).



## 4. Zaključak

Na osnovu provedenih analiza možemo zaključiti da su vodostaji rijeke Sava najveći tijekom jeseni i zime, a najmanji su tijekom ljeta. Na rijeci Sava je prisutan statistički značajan trend smanjivanja srednjih i minimalnih vodostaja. Maksimalni vodostaji rijeke Sava na vodomjernoj postaji Jasenovac ne pokazuju značajniji trend niti promjene, dok na području vodomjerne postaje Stara Gradiška je postajao trend smanjivanja i promjena maksimalnih vodostaja. Broj dana s riječnim poplavama u gospodarskim šumama se kretao od 14 do 214 dana. Broj minimalnih i maksimalnih dana s poplavama je ovisio o oborinskim i temperaturnim percentilima dotičnih godina. Nije utvrđen statistički značajan trend povećanja broja dana s poplavama. Na broj dana s riječnim poplavama značajno je utjecala količina oborina te maksimalni i srednji vodostaji rijeke Sava. Povećanjem količine oborina, te povećanjem maksimalnih i srednjih vodostaja rijeke Sava, povećavao se i broj dana s poplavama u gospodarskim šumama.

## 5. Literatura

1. CEC 2006: Proposal for a Directive on the assessment and management of floods, Commissions of the European Communities, COM (2006) 15 final, Brussels 18.01.2006
2. Katušin, Z., Mileta, M., Hercigonja, D., 2008: Praćenje i promjena klime u 2007. godini. Prikazi br. 18, Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, str. 72, Zagreb.
3. Kron W 2002: Flood risk=hazard x exposure x vulnerability. IN: Wu B, Wang ZY, Wang G, Huang GGH, fang H, Huang J (eds) Flood defence. Science Press, New York.
4. Olsen, J.R. (2006) Climate change and floodplain management in the United States. Climatic Change 76: 407-426.
5. Ondrašek. G., D. Petošić., F. Tomić., I. Mustać., V. Filipović., M. Petek., B. Lazarević., M. Bubalo, 2015: Voda u agroekosustavima. Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet. Zagreb. 343 str.
6. Pandžić, K., Likso, T., Hercigonja D., 2015: Praćenje i ocjena klime u 2014. godini. Prikazi br. 26, Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, str. 38, Zagreb.
7. Prpić, B., P. Vratarić, Z. Seletković, 2005: Utjecaj snage rijeke na postanak i opstanak poplavnih šuma. U: Poplavne šume u Hrvatskoj. Vukelić, J., Matić, S., Gračanin, J., (ur.), Zagreb : Akademija šumarskih znanosti, str. 168-173.
8. StatSoft, Inc, 2003, STATISTICA for Windows, Tulsa: StatSoft, Inc.

9. Šafarek G., Šolić T., 2011: Rijeke Hrvatske. Izdavačka kuća Veda. Str. 326
10. Šimunić I., 2013: Uređenje voda. Sveučilište u Zagrebu. Hrvatska Sveučilišna Naklada. Str. 260.
11. Ugarković, D., Balta, D., Tikvić, I., Vucelja, M., Stankić, I. 2017: Dynamics, hydrological relations and pollution of precipitation and flood waters in a forest ecosystem. South-East-European-Forestry, SEEFOR 8(1): 51-58.
12. Vajda Z., 1974: Nauka o zaštiti šuma. Školska knjiga, Zagreb. Str. 482
13. Vasilj, Đ., 2000: Biometrika i eksperimentiranje u bilinogojstvu. Hrvatsko agronomsko društvo, str. 320
14. Zar, J.H., 1999: Biostatistical Analysis. 4th edition. Prentice Hall, New Jersey, 123 pp.