Izrada krivulje učestalosti i trajanja vodostaja i protoka na hidrološkoj postaji Zagreb

Šošić, Petar

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:698784

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

IZRADA KRIVULJE UČESTALOSTI I TRAJANJA VODOSTAJA I PROTOKA NA HIDROLOŠKOJ POSTAJI ZAGREB

ZAVRŠNI RAD

Petar Šošić

GI-2098

Zagreb, 2020.

Sveučilište u Zagrebu Završni rad

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

IZRADA KRIVULJE UČESTALOSTI I TRAJANJA VODOSTAJA I PROTOKA NA HIDROLOŠKOJ POSTAJI ZAGREB

Petar Šošić

Završni rad je izrađen u: Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

U ovom završnom radu izvršena je hidrološka analiza odnosno izrada krivulje učestalosti i krivulje trajanja na temelju izmjerenih vrijednosti dnevnih protoka i vodostaja rijeke Save na hidrološkoj postaji Zagreb u vremenskom razdoblju od 2008. do 2017. god. Prije svih proračuna, teoretski su obrađeni i prikazani glavni pojmovi. Podaci vodostaja i protoka interpretirani su regresijskom analizom, a statistička značajnost testirana je Studentovim testom (t-test).

Ključne riječi: protok, vodostaj, krivulja učestalosti, krivulja trajanja, Sava

Završni rad sadrži: 29 stranica, 39 slika, 6 tablica i 11 referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Doc. dr. sc. Zoran Kovač

Ocjenjivači: Doc. dr. sc. Zoran Kovač

Izvr. prof. dr. sc. Jelena Parlov

Doc. dr. Krešimir Pavlić

Datum obrane: 23. rujna 2020.

Sadržaj

1. Uvod 1

2. Značajke istraživanog područja 2

2.1. Geološke značajke 2

2.2. Hidrogeološke značajke 3

3. Korišteni podaci i metodologija 4

3.1. Podaci 4

3.2. Metodologija 5

3.2.1. Regresijska analiza 5

3.2.2. Studentov test (t-test) 6

4. Rezultati 8

4.1. Vodostaji 8

4.1.1. Srednji vodostaji 8

4.1.2. Učestalost i trajanje vodostaja 12

4.2. Protoci 16

4.2.1. Srednji protoci 16

4.2.2. Učestalost i trajanje protoka 20

5. Zaključak 27

6. Literatura 28

Popis slika

Slika 2.1. Geološka karta zagrebačkog vodonosnog sustava (EGPV, 2000) 2
Slika 2.2. 3D prikaz zagrebačkog vodonosnika (Posavec, 2006)..... 3
Slika 3.1. Lokacija hidrološke postaje „Zagreb“ (DHMZ) 4
Slika 4.1. Grafički prikaz srednjih godišnjih vodostaja..... 8
Slika 4.2. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za siječanj i veljaču.... 9
Slika 4.3. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za ožujak i travanj..... 9
Slika 4.4. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za svibanj i lipanj..... 9
Slika 4.5. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za srpanj i kolovoz... 10
Slika 4.6. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za rujan i listopad..... 10
Slika 4.7. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za studeni i prosinac. 10
Slika 4.8. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2008. god..... 12
Slika 4.9. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2009. god..... 12
Slika 4.10. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2010. god..... 13
Slika 4.11. Učestalost i trajanje vodostaja rijeke Save za 2011. god. 13
Slika 4.12. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2012. god..... 13
Slika 4.13. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2013. god..... 14
Slika 4.14. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2014. god..... 14
Slika 4.15. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2015. god..... 14
Slika 4.16. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2016. god..... 15
Slika 4.17. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2017. god..... 15
Slika 4.18. Grafički prikaz srednjih godišnjih protoka..... 16
Slika 4.19. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za siječanj i veljaču..... 17
Slika 4.20. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za ožujak i travanj..... 17
Slika 4.21. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za svibanj i lipanj..... 17
Slika 4.22. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za srpanj i kolovoz..... 18
Slika 4.23. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za rujan i listopad..... 18
Slika 4.24. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za studeni i prosinac..... 18
Slika 4.25. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2008. god..... 20
Slika 4.26. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2009. god..... 20
Slika 4.27. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2010. god..... 21
Slika 4.28. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2011. god..... 21

Slika 4.29. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2012. god. 21
Slika 4.30. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2013. god. 22
Slika 4.31. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2014. god. 22
Slika 4.32. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2015. god. 22
Slika 4.33. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2016. god. 23
Slika 4.34. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2017. god. 23
Slika 4.35. Grafički prikaz krivulja trajanja vodostaja na postaji Zagreb u razdoblju od 2008. do 2017. god. 26
Slika 4.36. Grafički prikaz krivulja trajanja protoka na postaji Zagreb u razdoblju od 2008. do 2017. god. 26

Popis tablica

Tablica 4.1. Srednji godišnji vodostaj 11
Tablica 4.2. Srednji mjesečni vodostaj u m n. m. 11
Tablica 4.3. Srednji godišnji protok 19
Tablica 4.4. Srednji mjesečni protok 19
Tablica 4.5. P-vrijednosti za srednje mjesečne vodostaje 25
Tablica 4.6. P-vrijednosti za srednje mjesečne protoke 25

1. Uvod

U završnom radu obrađeni su podaci vodostaja i protoka u razdoblju od 1. mjeseca 2008. godine do 12. mjeseca 2017. godine. Podatke s hidrološke postaje Zagreb dostavio je Državni Hidrometeorološki Zavod (DHMZ).

Zagrebački vodonosnik osnovni je izvor plitke vode šireg zagrebačkog područja što upućuje na važnost prirodnog napajanja vodonosnika i mogućnost obnavljanja podzemne vode iz rijeke Save. Vodonosnik je otvorenog tipa i napajanje se velikim dijelom odvija infiltracijom iz rijeke Save koja je u kontaktu s vodonosnikom. Postojanje izravne hidrauličke veze između Save i podzemne vode upućuje na činjenicu da prihranjivanje podzemnih voda ovisi o vodostaju Save. Učestalost nekog vodostaja je broj koji prikazuje koliko puta se taj vodostaj pojavio u nekom određenom razdoblju opažanja, dok je trajanje nekog vodostaja broj koji pokazuje koliko puta se pojavio taj i od njega viši vodostaj.

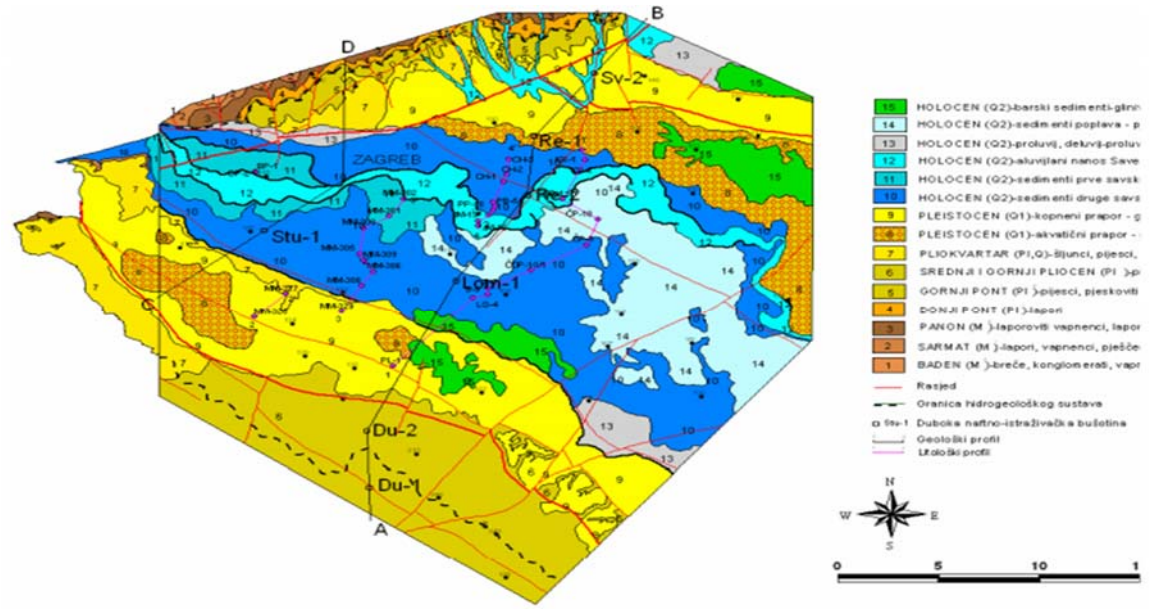
Osnovni cilj rada je na temelju dnevnih vodostaja i protoka analizirati učestalost i trajanje vodostaja i protoka. Za sve analize i konstrukcije krivulja korišten je program Microsoft Excel.

2. Značajke istraživanog područja

2.1. Geološke značajke

Zagrebački vodonosnik nalazi se na području grada Zagreba, na površini od oko 350 km^2. Proteže se od Podsuseda na zapadu pa do Rugvice na istoku, te od Medvednice na sjeveru do Vukomeričkih Gorica na jugu.

Zagrebački vodonosnik čine kvartarni sedimenti taloženi tijekom srednjeg i gornjeg pleistocena te holocena. Tijekom pleistocena na tom su području prevladavala jezera i močvare, a okolno gorje (Medvednica, Marijagorička Brda i Žumberačko gorje) bilo je kopno podložno intenzivnoj eroziji i denudaciji. Trošeni materijal nošen je potocima i taložen u jezerima i močvarama (Velić i Saftić, 1991). Početkom holocena, klimatski i tektonski procesi omogućili su prodor rijeke Save čime je započeo transport materijala s područja Alpa (Velić i Durn, 1993). Transport materijala bio je intenzivan za vrijeme toplih i vlažnih razdoblja, dok se za vrijeme hladnih i suhih razdoblja intenzitet smanjivao. Osim klimatskih promjena, tektonski pokreti također su utjecali na procese taloženja (Velić i dr., 1999). Zbog takvih uvjeta taloženja, vodonosnik prikazan na slici 2.1. heterogen je i anizotropan s naslagama različitih debljina.



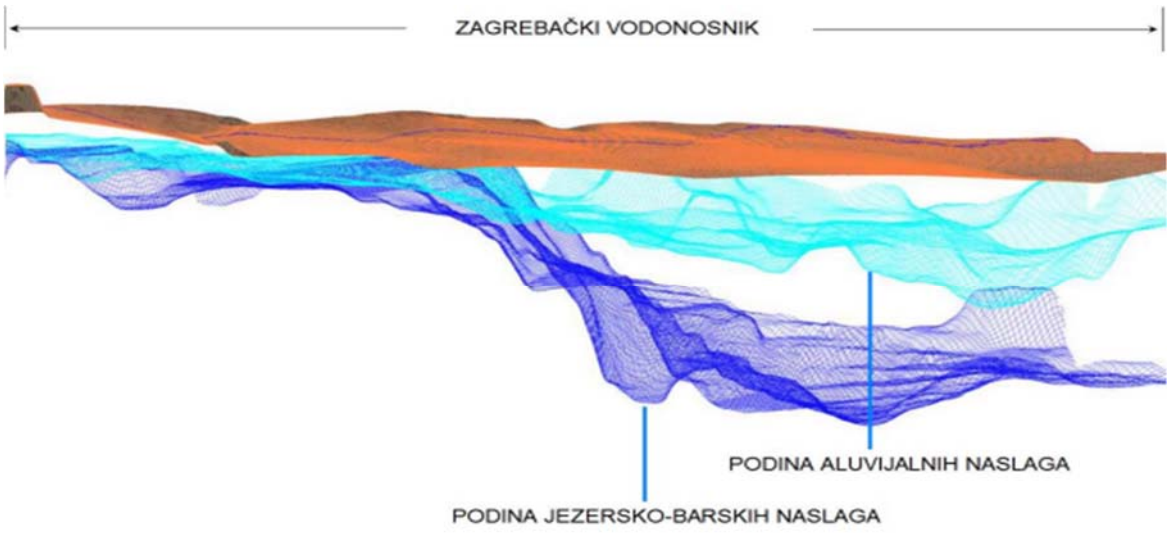
Slika 2.1. Geološka karta zagrebačkog vodonosnog sustava (EGPV, 2000)

2.2. Hidrogeološke značajke

Zagrebački vodonosnik, prikazan na slici 2.2., otvoreni je vodonosnik, što znači da je predstavljen saturiranim dijelom propusnog sloja koji se proteže od nepropusne podine do vodne plohe pod atmosferskim tlakom. Krovinu vodonosnika čine slabo propusne naslage koje su ili vrlo male debljine, svega nekoliko metara, ili su potpuno odsutne. Tek se u jugoistočnom dijelu ili u rubnim područjima vodonosnika povećava debljina slabo propusne krovine i do petnaestak metara. Podinu vodonosnog sustava izgrađuju slabopropusne naslage (Posavec, 2006).

Rubne granice vodonosnika čine nepropusna granica na sjeveru, granica dotjecanja na zapadu, granica dotjecanja na jugu te granica otjecanja na istoku. Generalni smjer toka podzemne vode je od zapada prema istoku/jugoistoku (Posavec, 2006).

Napajanje vodonosnika se u najvećoj mjeri ostvaruje: infiltracijom iz rijeke Save, infiltracijom oborina, infiltracijom iz propusne vodoopskrbne i kanalizacijske mreže, dotjecanjem po zapadnoj granici iz susjednog samoborskog vodonosnika te dotjecanjem po južnoj granici vodonosnika s područja Vukomeričkih Gorica (Miletić i Bačani, 1999).

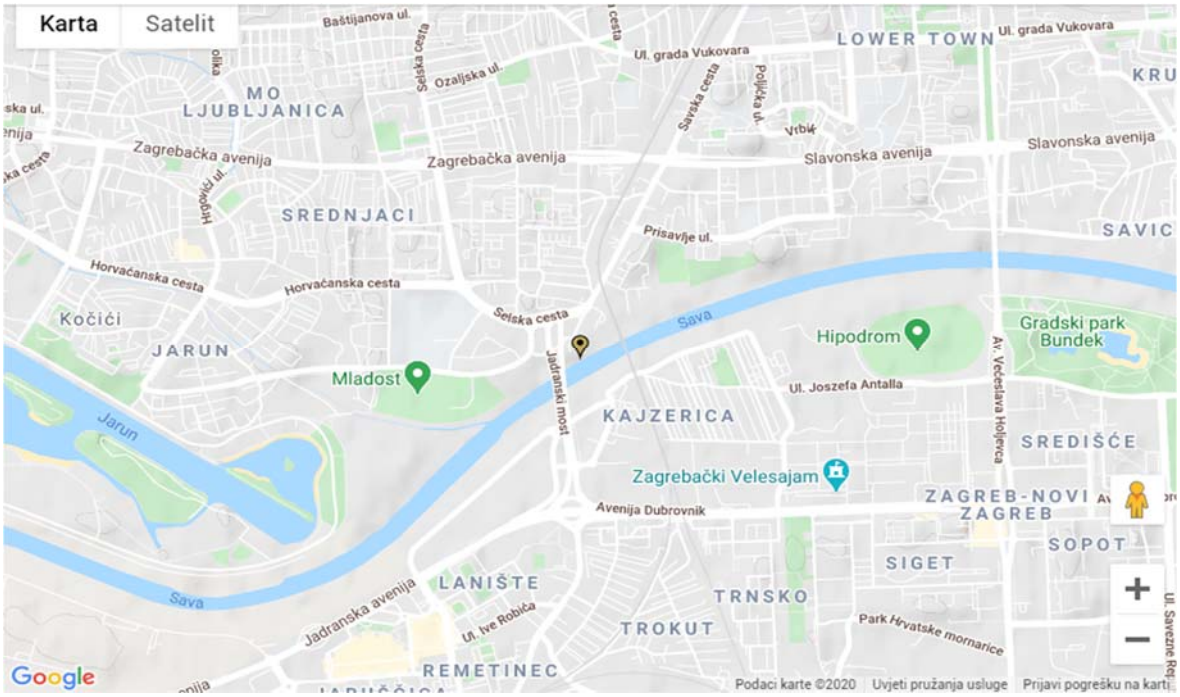


Slika 2.2. 3D prikaz zagrebačkog vodonosnika (Posavec, 2006)

3. Korišteni podaci i metodologija

3.1. Podaci

Sve podatke o dnevnim vodostajima i protocima rijeke Save na hidrološkoj postaji Zagreb dostavio je Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ). Hidrološka postaja „Zagreb“ počela je s radom 1. 1. 1849. godine. Kota nule vodokaza postaje iznosi 112,26 m n. m. Postaja mjeri dnevne razine vodostaja, protoka i temperature za rijeku Savu (Slika 3.1.)



Slika 3.1. Lokacija hidrološke postaje „Zagreb“ (DHMZ)

U analizi protoka i vodostaja rijeke Save na postaji „Zagreb“ korišteni su podaci od 2008. do 2017. godine. U radu se za svaku godinu određuju srednji godišnji protok i vodostaj te prosječne mjesečne vrijednosti.

Protok je hidrološka veličina koja se kontinuirano mijenja, ovisno o kolebanju razine vode u rijeci, odnosno vodostaju, koji se očitava izravno na uspostavljenoj vodokaznoj letvi. Učestalost nekog vodostaja (ili protoka) je broj koji prikazuje koliko puta se pojavio taj vodostaj (ili protok) u nekom određenom razdoblju opažanja, a trajanje nekog vodostaja (ili protoka) je broj koji pokazuje koliko se pojavio taj i od njega viši vodostaj (ili protok) (Bačani, 2006).

3.2. Metodologija

3.2.1. Regresijska analiza

Regresijska analiza je statistički postupak za procjenu odnosa među varijablama. Cilj istraživanja odnosa među varijablama je utvrditi statističku ovisnost i pokazatelje jakosti takve ovisnosti. Odnosi među pojavama mogu biti funkcionalni (deterministički) i statistički (stohastički).

Funkcionalni ili deterministički odnosi su postojani, izražavaju zakonitosti koje se iskazuju analitički (formulom, jednadžbom). Svakoj vrijednosti jedne pojave odgovara točno određena vrijednost druge pojave.

$$Y = f(X) \tag{3.1}$$

Statistički ili stohastički odnosi su slabiji od funkcionalnih. Jednoj vrijednosti jedne pojave odgovara više različitih vrijednosti druge pojave. Takva odstupanja su u praksi češća.

$$Y = f(X) + e \tag{3.2}$$

gdje je:

f(X) - funkcionalna (deterministička) komponenta;

e - stohastička varijabla koja predočuje nesistematske utjecaje na zavisnu varijablu.

Regresijska analiza uključuje mnoge tehnike za modeliranje i analizu varijabli, gdje se fokus stavlja na odnos između zavisne varijable i jedne ili više nezavisnih varijabli. Konkretnije, regresijska analiza pomaže razumjeti kako se mijenja vrijednost zavisne varijable kada bilo koja nezavisna varijabla varira, dok su ostale nezavisne varijable fiksne. Najčešće, regresijska analiza procjenjuje uvjetno očekivanje zavisne varijable s obzirom na nezavisne varijable – to jest, prosječnu vrijednost zavisne varijable kada su nezavisne varijable fiksne. Ciljana procjena je funkcija nezavisnih varijabli odnosno regresijska funkcija. U regresijskoj analizi važno je karakterizirati varijacije zavisne varijable oko regresijske funkcije, a to se može opisati pomoću distribucije vjerojatnosti (Štambuk i Biljan August, 2013).

3.2.2. Studentov test (t-test)

Hipoteza je pretpostavka o problemu (tj. pitanju) koji se promatra te iz kojeg se želi nešto zaključiti. Cilj općenito hipoteze je na osnovi statističke analize prikupljenih podataka donijeti zaključak o obilježju u cjelini. Metode kojima se ispituje istinitost hipoteza zovu se statistički testovi. Postoje dvije vrste hipoteza, a to su sljedeće.

Znanstvena hipoteza predstavlja nagađanje, naslućivanje i pretpostavke koje motiviraju istraživanje. Iz znanstvene hipoteze, odnosno hipoteze istraživača (koja je u pravilu afirmativna) izvodi se statistička hipoteza.

Statistička hipoteza iskazuje tako da može biti vrednovana statističko-analitičkim postupcima. Statistička hipoteza matematički je izraz koji predstavlja polaznu osnovu na kojoj se temelji izračun statističkog testa. Testiranje hipoteze je statistički postupak kojim se određuje da li i koliko pouzdano raspoloživi podaci podupiru postavljenu pretpostavku. Testiranje hipoteza, odnosno testiranje značajnosti u osnovi je postupak kvantifikacije impresija o specifičnoj hipotezi.

Slijed radnji u provjeravanju (testiranju) hipoteza:

• postavljanje nul i alternativne hipoteze;

• izbor razine značajnosti (α);

• prikupljanje primjerenih podataka na odgovarajućem uzorku ispitanika;

• računanje vrijednosti rezultata statističkog testa specifičnog za nul – hipotezu (H_0);

• usporedba rezultata statističkog testa s vrijednostima iz poznate distribucije vjerojatnosti specifične za dani test.

Nul-hipoteza je pretpostavka o izostanku efekta, tj. da ne postoji razlika među uzorcima nema razlike u aritmetičkim sredinama. To je hipoteza koja se testira, hipoteza da nema razlike. Postavlja se u svrhu odbacivanja. Odbacuje se ili prihvaća.

Alternativna hipoteza, H_1 vrijedi ako nul-hipoteza nije istinita. Najčešće se direktno odnosi na teorijsku pretpostavku koja se želi istražiti, tj. često je alternativna hipoteza upravo hipoteza istraživača.

Studentovim testom (t-test) provjeravamo hipotezu o očekivanju slučajne varijable, ovisno o postavljenoj nultoj i alternativnoj hipotezi prikazanoj formulom 3.3.

$$t = -\frac{\overline{x_1}+\overline{x_2}}{\sqrt{\frac{s1^2}{n1}}+\sqrt{\frac{s2^2}{n2}}} \qquad 3.3$$

T-test je primjenjiv isključivo s dva uzorka. Međutim često u istraživanjima se ima više uzoraka. Analiza varijance je test koji se primjenjuje u takvim slučajevima. Primjena analize varijance bit će moguća ako je mjerena varijabla normalno distribuirana i ako su varijance svih promatranih uzoraka jednake. Ideja analize varijance sastoji se u razdvajanju varijabilnosti mjerenog varijancom na dva dijela: varijabilnost među ispitanicima koji pripadaju različitim grupama odnosno uzorcima i varijabilnost među ispitanicima unutar svake pojedine grupe odnosno uzorka. Ovaj drugi dio varijabilnosti često se naziva neobjašnjenom ili rezidualnom varijabilnošću. Test se temelji na omjeru tih dviju varijabilnosti (Ivanković, 1989).

Iz rezultata Studentovog testa kod testiranja statističke značajnosti protoka i vodostaja dobije se P-vrijednost. Ako je P-vrijednost veća od (α=0,05) rezultati nisu statistički značajni i ne postoji silazni niti uzlazni trend.

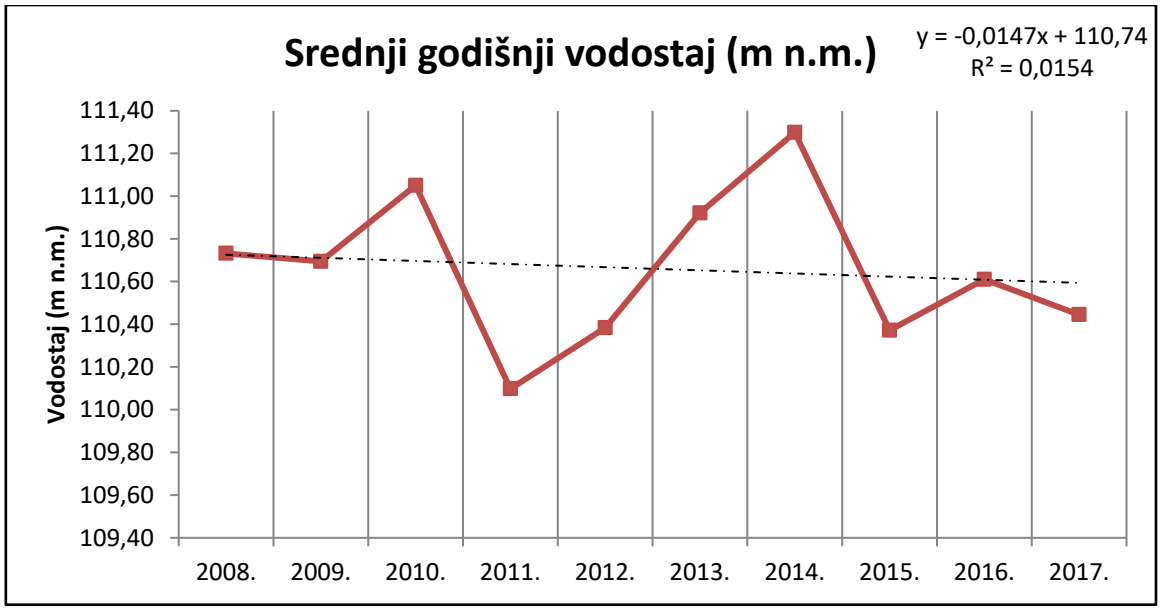
4. Rezultati

4.1. Vodostaji

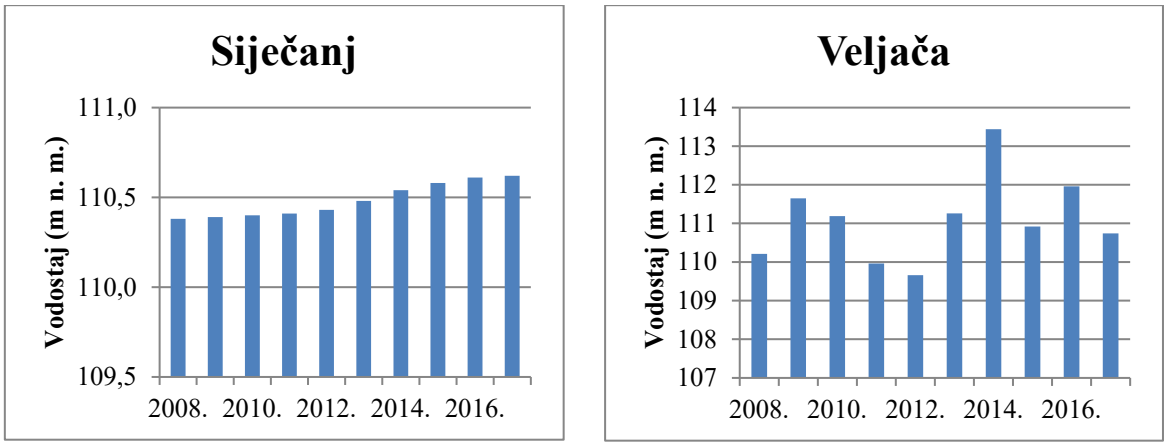
4.1.1. Srednji vodostaji

Srednji godišnji vodostaj rijeke Save prikazan je aritmetičkom sredinom srednjih dnevnih vodostaja za svaku godinu (Slika 4.1.). Srednje godišnje vrijednosti u razdoblju od 2008. do 2017. godine prikazane su u tablici 4.1. i na temelju njih je konstruiran graf srednjih godišnjih vodostaja s linearnim pravcem trenda.

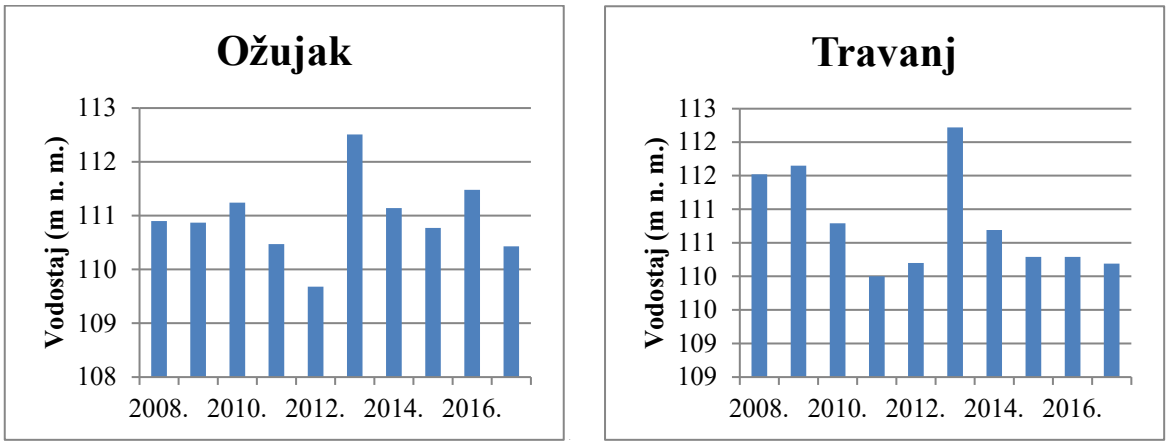
Srednji mjesečni vodostaji rijeke Save prikazani su aritmetičkom sredinom srednjih dnevnih vodostaja za svaki mjesec (Slika 4.2. do 4.7.). Srednje mjesečne vrijednosti u razdoblju od 2008. do 2017. godine prikazane su u tablici 4.2.



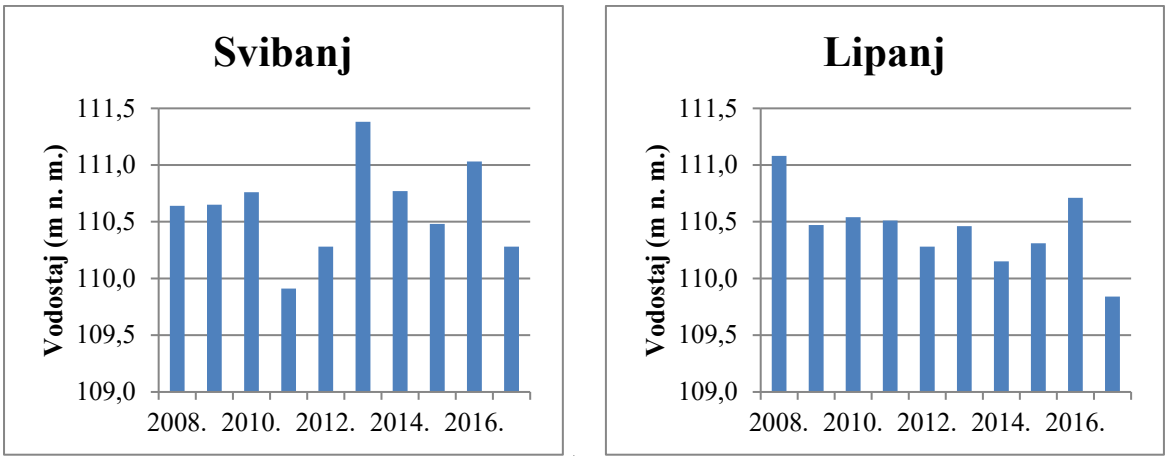
Slika 4.1. Grafički prikaz srednjih godišnjih vodostaja



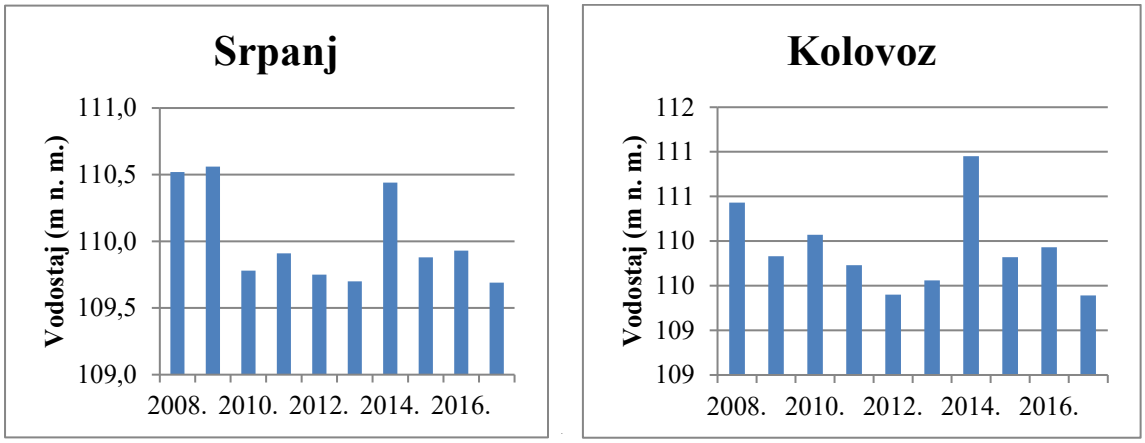
Slika 4.2. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za siječanj i veljaču



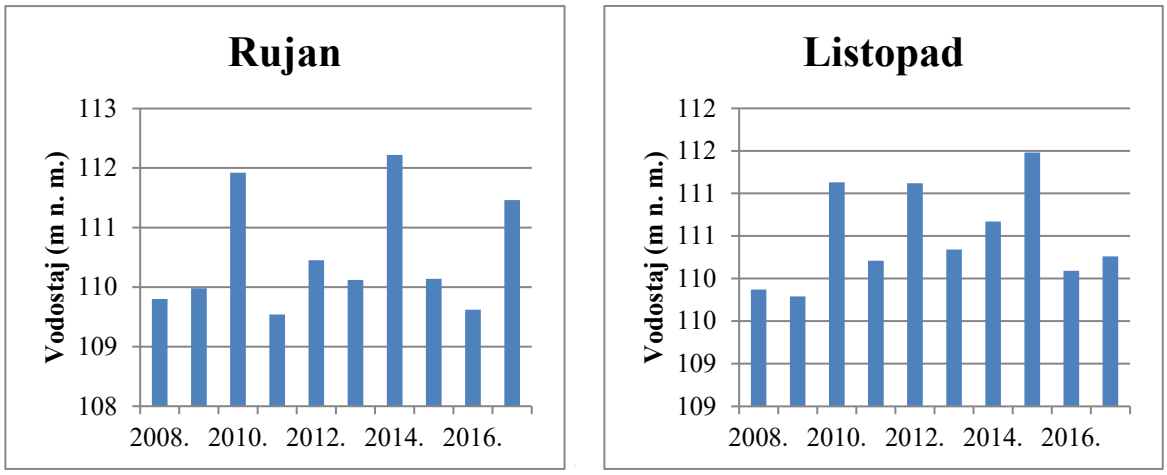
Slika 4.3. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za ožujak i travanj



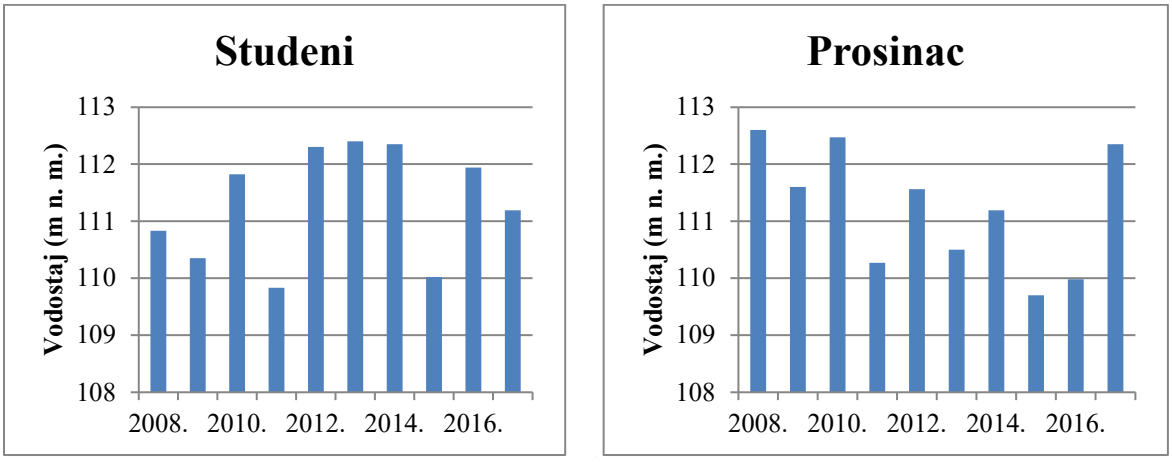
Slika 4.4. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za svibanj i lipanj



Slika 4.5. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za srpanj i kolovoz



Slika 4.6. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za rujan i listopad



Slika 4.7. Grafički prikaz srednjih mjesečnih vodostaja rijeke Save za studeni i prosinac

Tablica 4.1. Srednji godišnji vodostaj

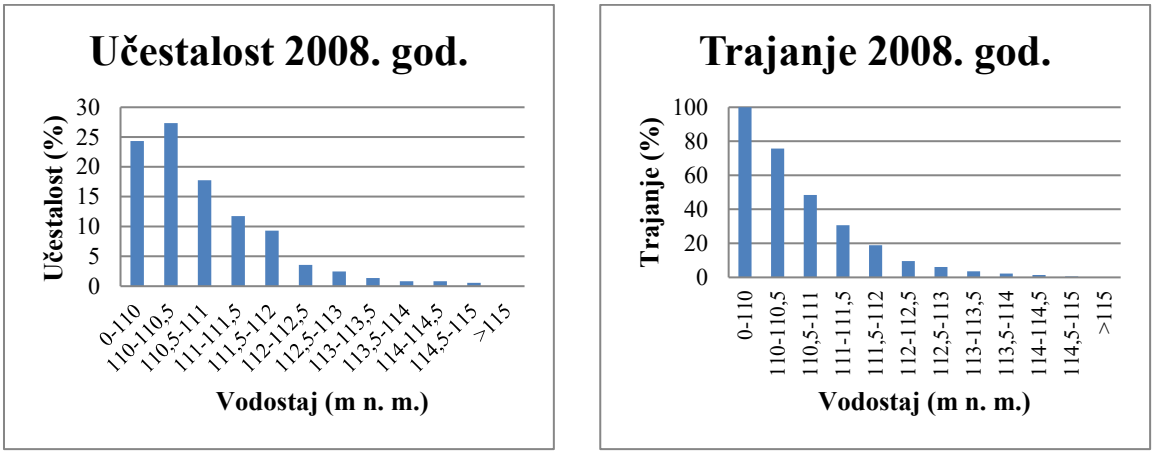
Godina	Srednji godišnji vodostaj (m n. m.)
2008.	110,73
2009.	110,69
2010.	111,05
2011.	110,10
2012.	110,38
2013.	110,92
2014.	111,30
2015.	110,37
2016.	110,61
2017.	110,44

Tablica 4.2. Srednji mjesečni vodostaj u m n. m.

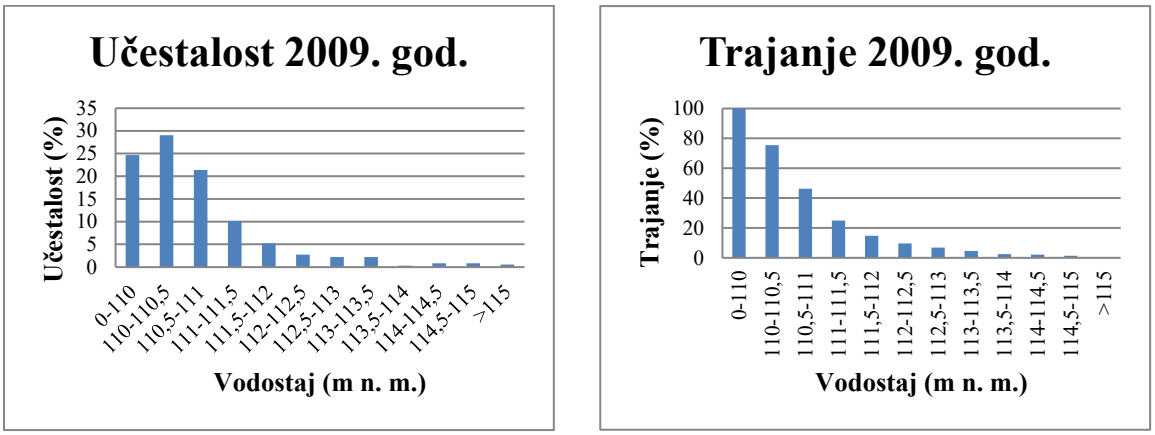
Mje-sec/Godina	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Siječanj	110,38	110,39	110,40	110,41	110,43	110,48	110,54	110,58	110,61	110,62
Veljača	110,21	111,65	111,19	109,96	109,66	111,26	113,44	110,92	111,96	110,74
Ožujak	110,90	110,87	111,24	110,47	109,68	112,51	111,14	110,77	111,48	110,43
Travanj	111,52	111,65	110,79	110,00	110,20	112,22	110,69	110,29	110,29	110,19
Svibanj	110,64	110,65	110,76	109,91	110,28	111,38	110,77	110,48	111,03	110,28
Lipanj	111,08	110,47	110,54	110,51	110,28	110,46	110,15	110,31	110,71	109,84
Srpanj	110,52	110,56	109,78	109,91	109,75	109,70	110,44	109,88	109,93	109,69
Kolovoz	110,43	109,83	110,07	109,73	109,40	109,56	110,95	109,82	109,93	109,39
Rujan	109,80	109,98	111,92	109,54	110,45	110,12	112,22	110,14	109,62	111,46
Listopad	109,87	109,79	111,13	110,21	111,12	110,34	110,67	111,48	110,09	110,26
Studeni	110,83	110,35	111,82	109,83	112,30	112,40	112,35	110,02	111,94	111,19
Prosinac	112,60	111,60	112,47	110,27	111,56	110,50	111,19	109,70	109,98	112,35

4.1.2. Učestalost i trajanje vodostaja

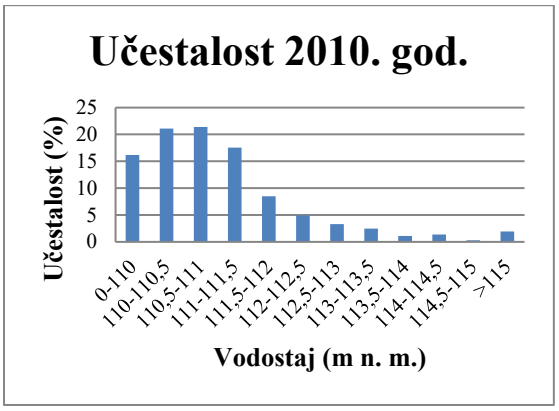
Učestalost i trajanje vodostaja u radu prikazani su praćenjem srednjih dnevnih vodostaja na godišnjoj razini. Rezultati relativne učestalosti i trajanja za razdoblje od 2008. do 2017. godine prikazani su na slikama od 4.8. do 4.17.

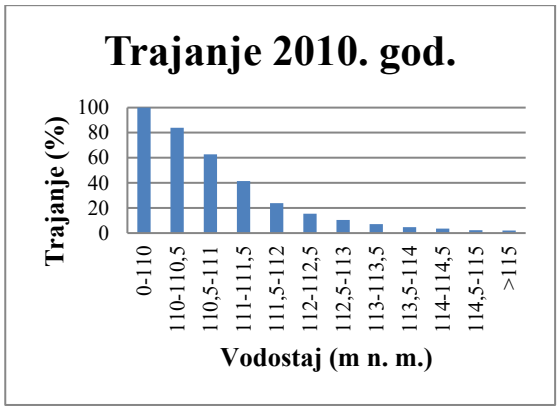


Slika 4.8. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2008. god.

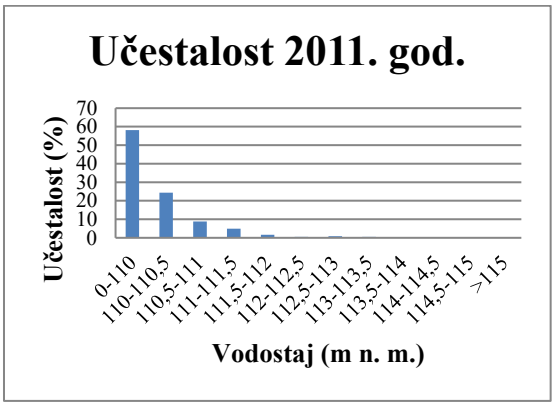


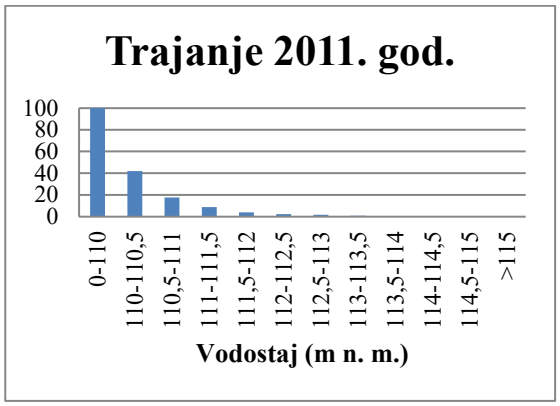
Slika 4.9. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2009. god.



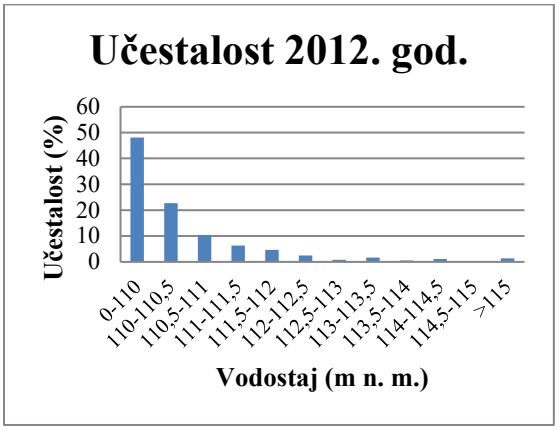


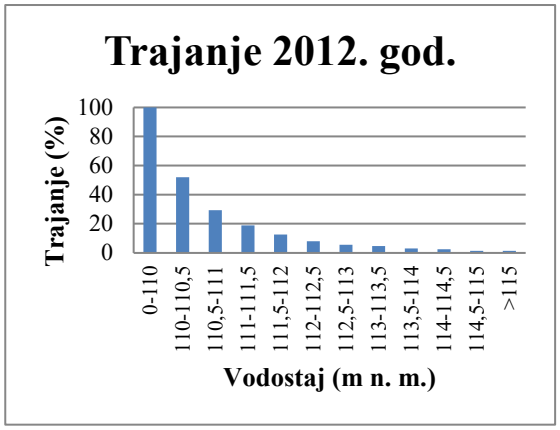
Slika 4.10. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2010. god.



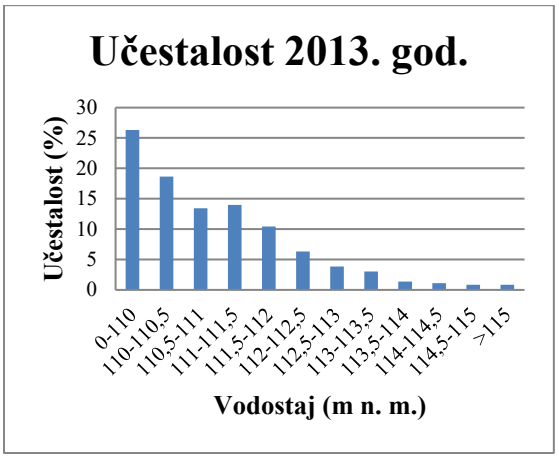


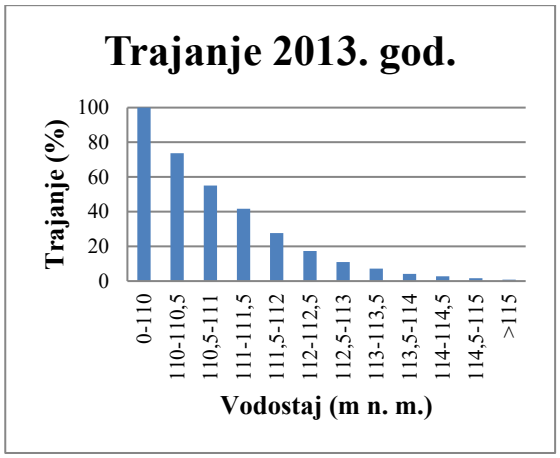
Slika 4.11. Učestalost i trajanje vodostaja rijeke Save za 2011. god.



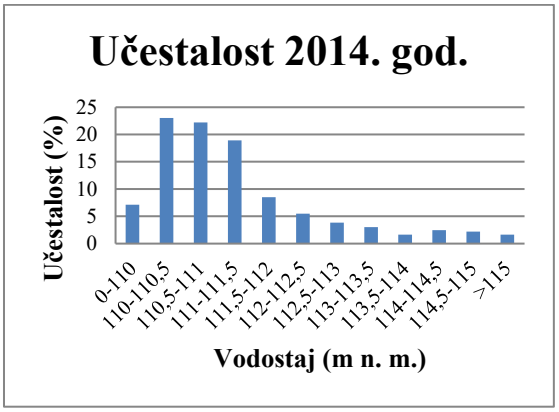


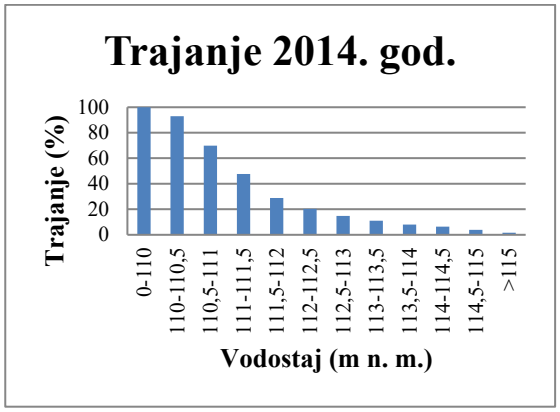
Slika 4.12. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2012. god.



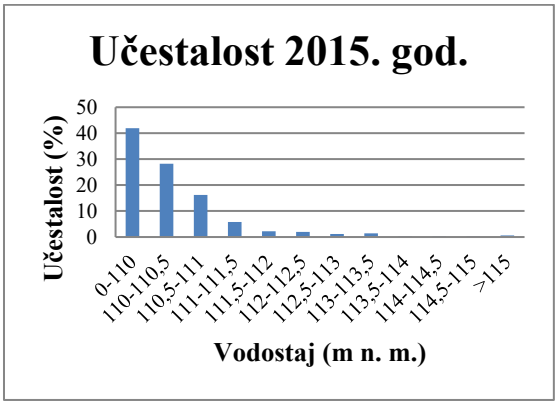


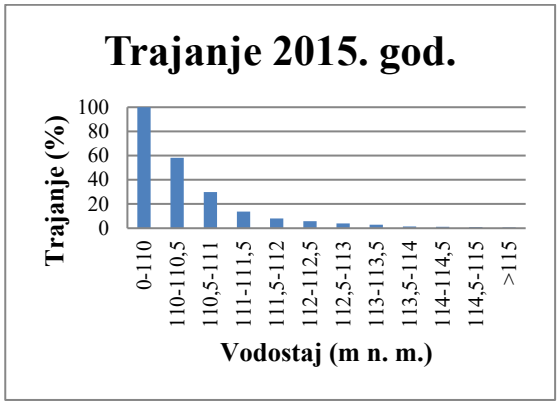
Slika 4.13. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2013. god.



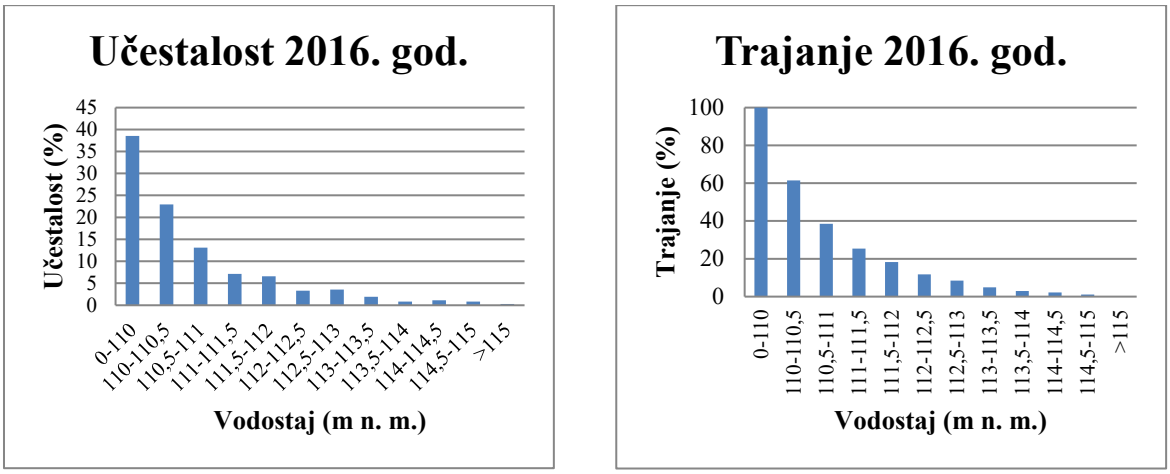


Slika 4.14. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2014. god.

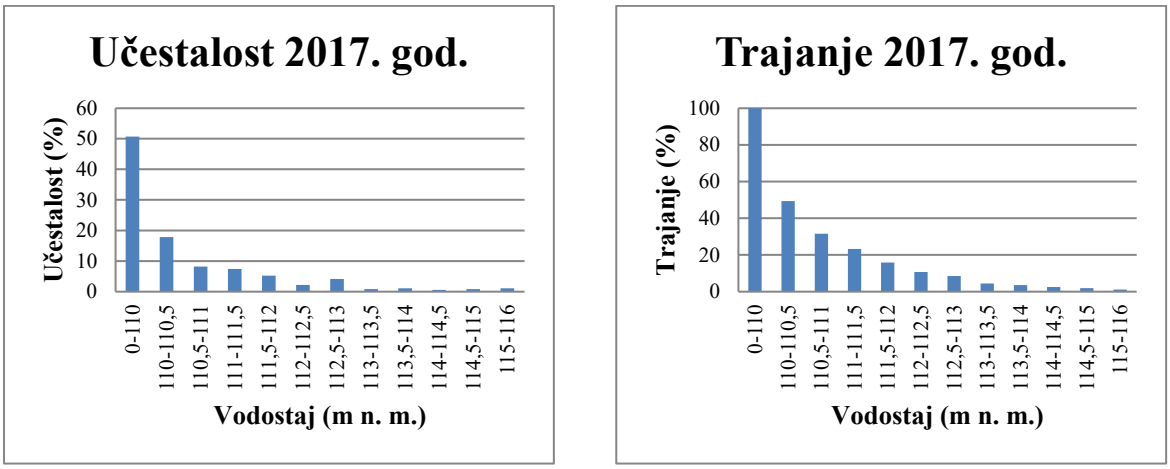




Slika 4.15. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2015. god.



Slika 4.16. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2016. god.



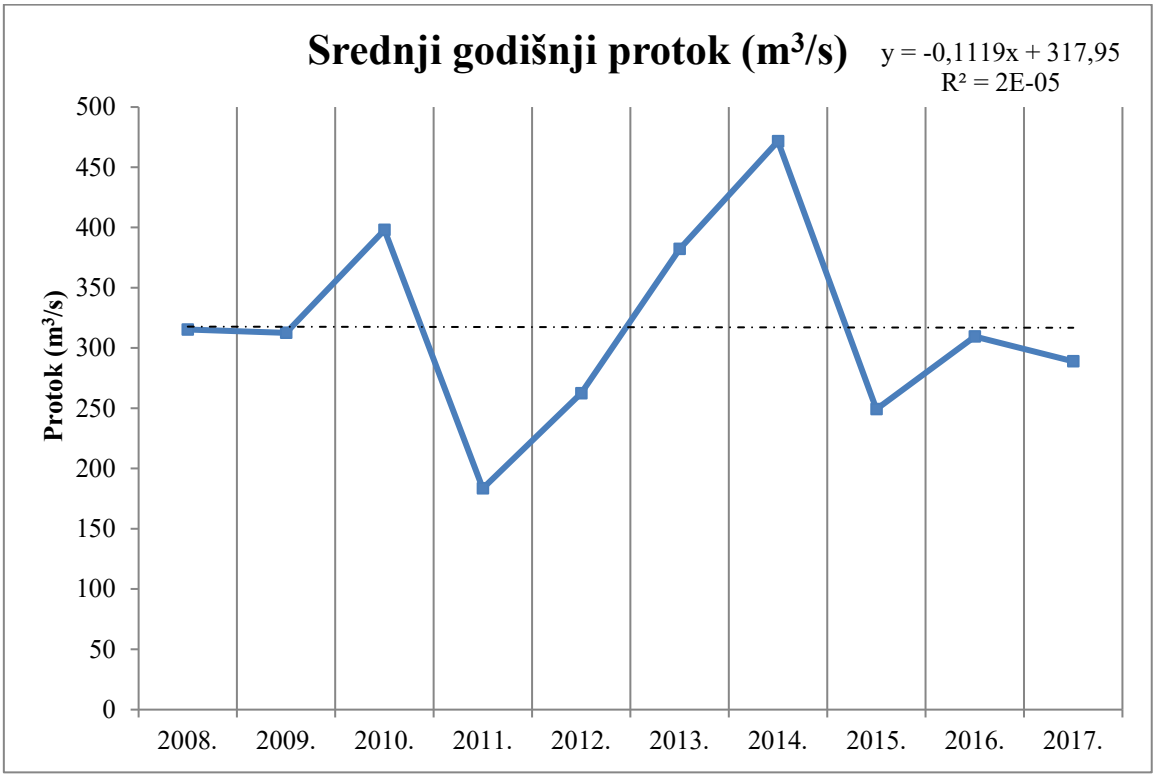
Slika 4.17. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih vodostaja rijeke Save za 2017. god.

4.2. Protoci

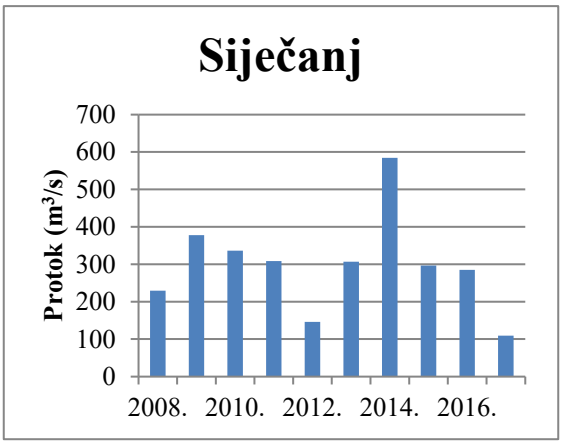
4.2.1. Srednji protoci

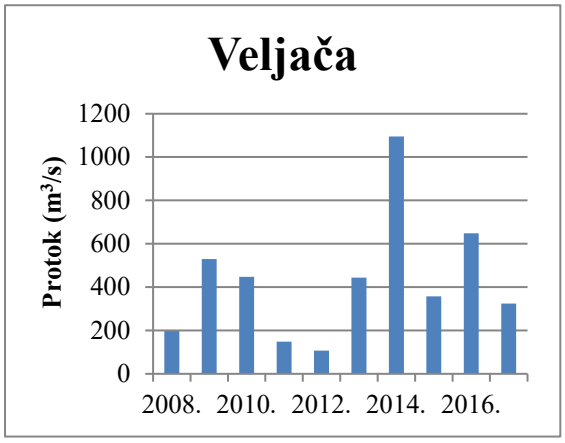
Srednji godišnji protok rijeke Save na postaji Zagreb prikazan je aritmetičkom sredinom srednjih dnevnih protoka za svaku godinu. Srednje godišnje vrijednosti u razdoblju od 2008. do 2017. godine prikazane su u tablici 4.3. i na temelju njih je konstruiran graf srednjih godišnjih protoka s linearnim pravcem trenda (Slika 4.18.).

Srednji mjesečni protoci rijeke Save prikazani su aritmetičkom sredinom srednjih dnevnih protoka za svaki mjesec (Slika 4.19. do 4.24.). Srednje mjesečne vrijednosti u razdoblju od 2008. do 2017. godine prikazane su u tablici 4.4.

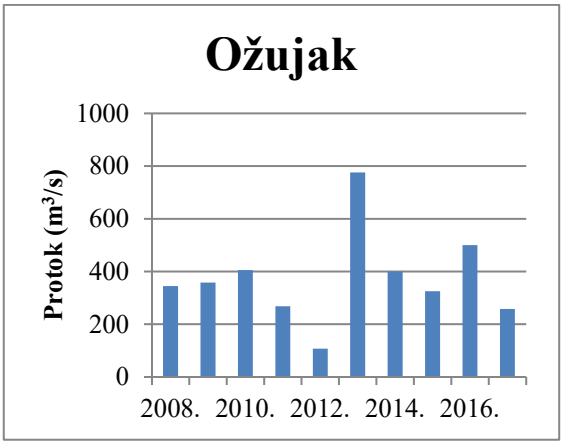


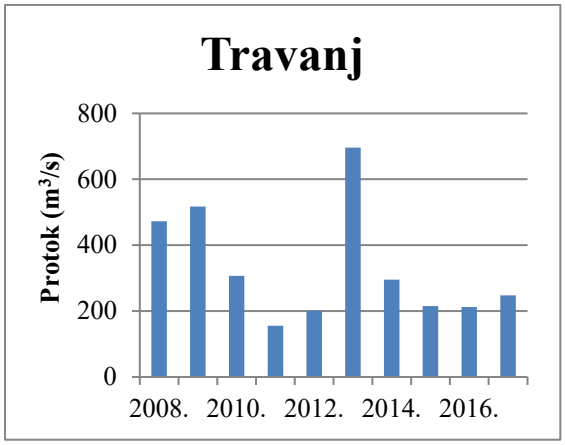
Slika 4.18. Grafički prikaz srednjih godišnjih protoka



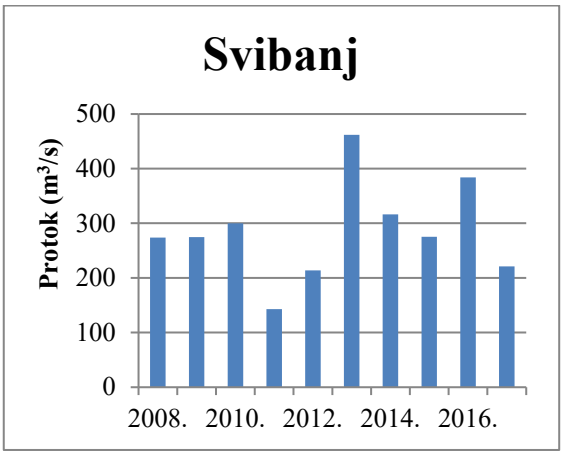


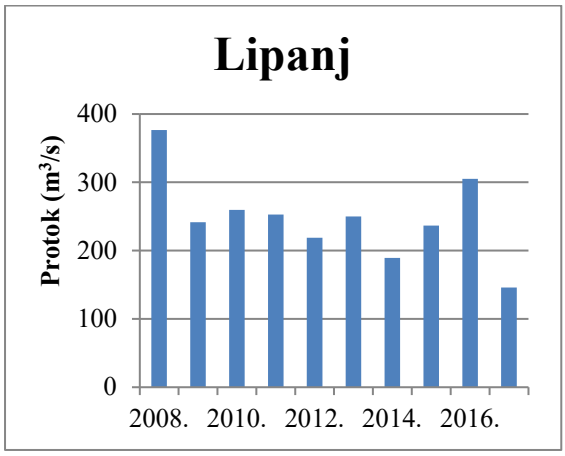
Slika 4.19. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za siječanj i veljaču



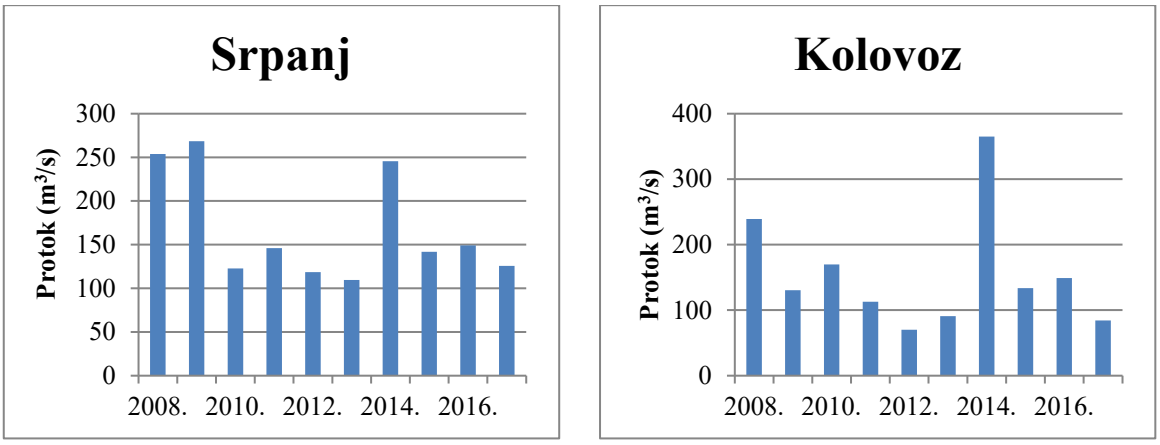


Slika 4.20. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za ožujak i travanj

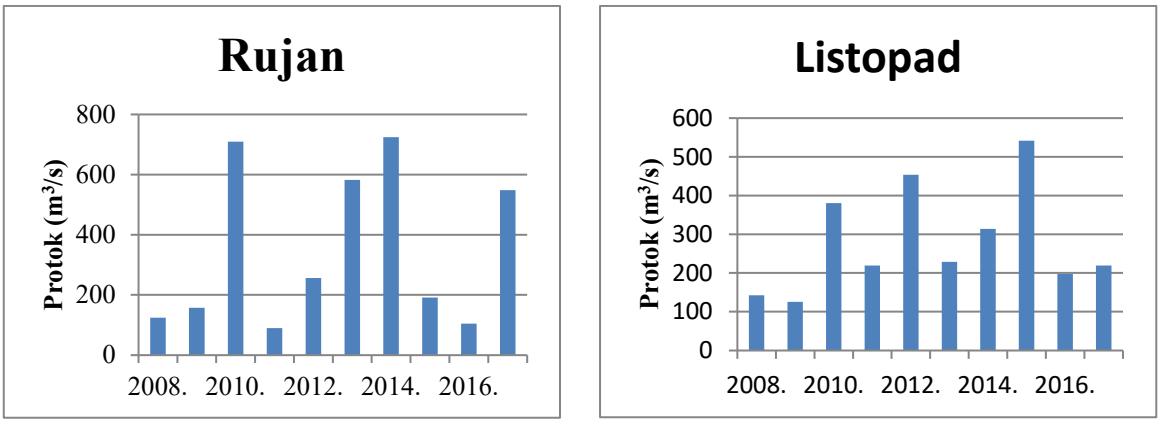




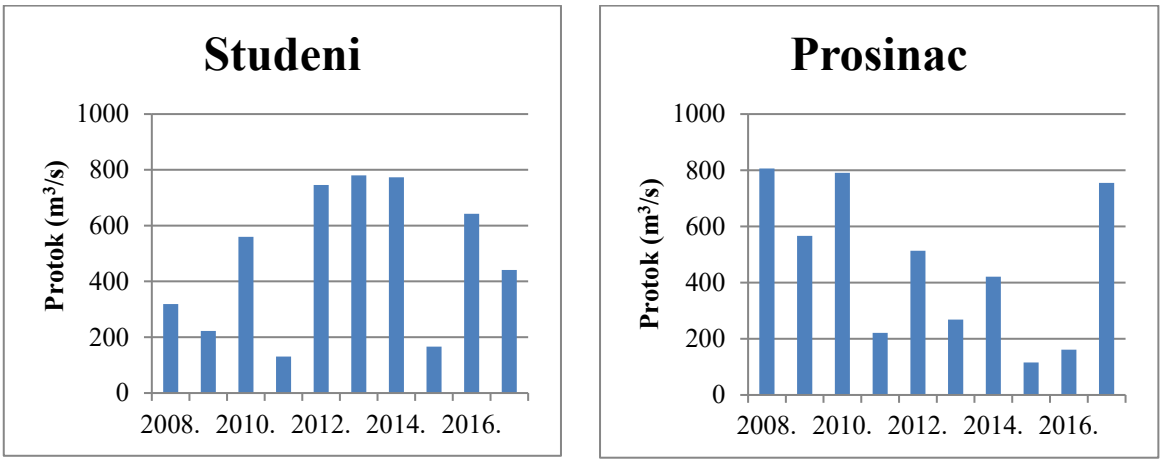
Slika 4.21. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za svibanj i lipanj



Slika 4.22. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za srpanj i kolovoz



Slika 4.23. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za rujan i listopad



Slika 4.24. Grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka za studeni i prosinac

Tablica 4.3. Srednji godišnji protok

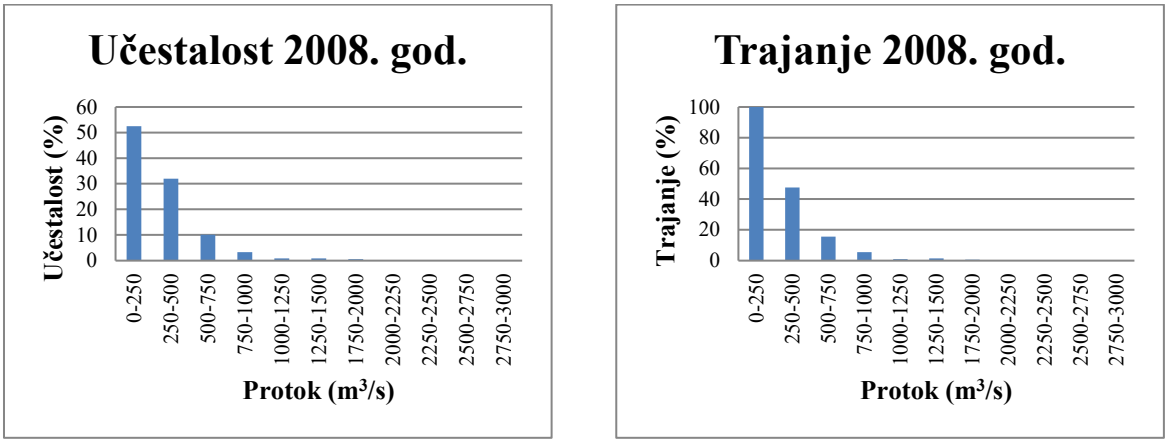
Godina	Srednji godišnji protok (m^3/s)
2008.	315,33
2009.	312,56
2010.	397,97
2011.	183,55
2012.	262,42
2013.	382,16
2014.	471,62
2015.	249,21
2016.	309,54
2017.	288,94

Tablica 4.4. Srednji mjesečni protok

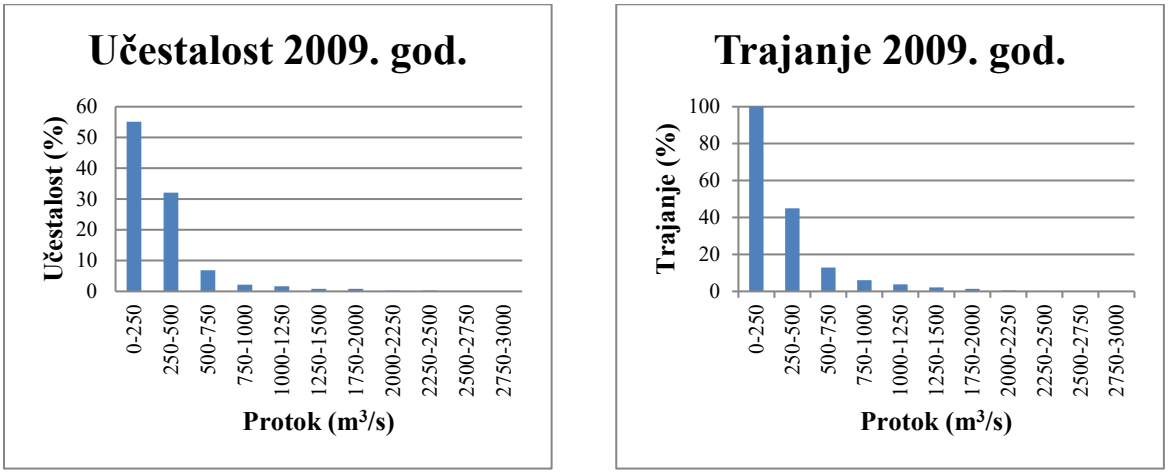
Mjesec/Godina	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Siječanj	229,23	377,94	336,32	308,48	145,85	306,90	584,39	296,42	284,95	108,97
Veljača	196,55	529,14	447,46	147,96	106,74	443,61	1094,61	356,75	648,00	323,54
Ožujak	344,65	358,29	405,58	267,94	107,57	775,58	400,19	325,42	499,97	257,71
Travanj	472,70	517,03	306,93	155,23	201,18	695,67	295,03	215,07	212,30	247,70
Svibanj	273,87	274,65	299,81	142,87	213,65	461,97	316,26	275,26	383,97	221,00
Lipanj	376,50	241,50	259,43	252,83	218,87	249,93	189,23	236,57	305,07	145,88
Srpanj	253,87	268,39	122,64	146,01	118,45	109,51	245,61	141,79	149,06	125,74
Kolovoz	239,13	130,29	169,68	112,81	70,04	90,67	364,94	133,63	149,06	84,21
Rujan	123,86	157,25	709,33	89,26	256,13	582,45	724,17	191,11	104,47	548,48
Listopad	142,27	125,40	380,58	219,19	453,48	228,71	313,81	541,48	197,13	219,19
Studeni	318,47	222,10	559,70	130,26	745,77	779,90	773,53	166,03	642,27	440,97
Prosinac	806,13	566,13	790,84	220,96	513,23	267,94	421,03	115,33	160,83	754,61

4.2.2. Učestalost i trajanje protoka

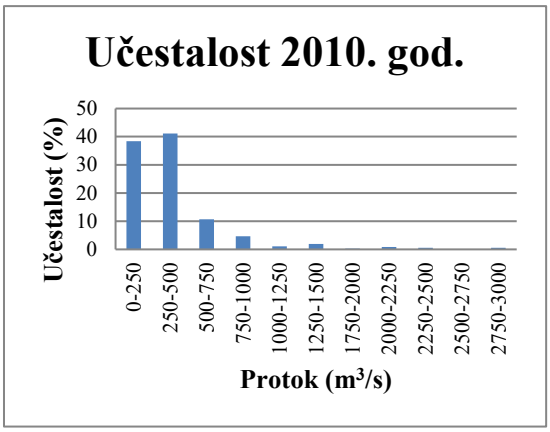
Učestalost i trajanje protoka prikazani su praćenjem srednjih dnevnih protoka na godišnjoj razini. Rezultati relativne učestalosti i trajanja protoka u razdoblju od 2008. do 2017. god prikazani su na slikama 4.25. do 4.34.

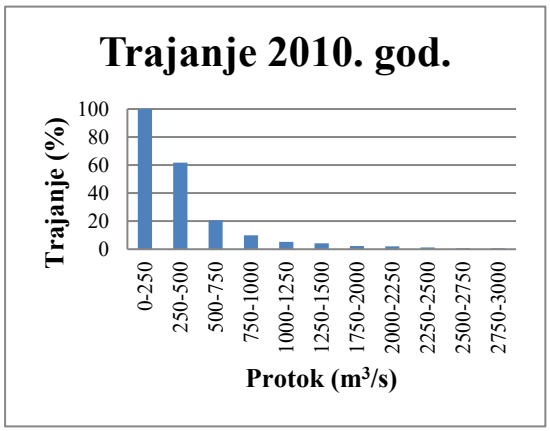


Slika 4.25. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2008. god.

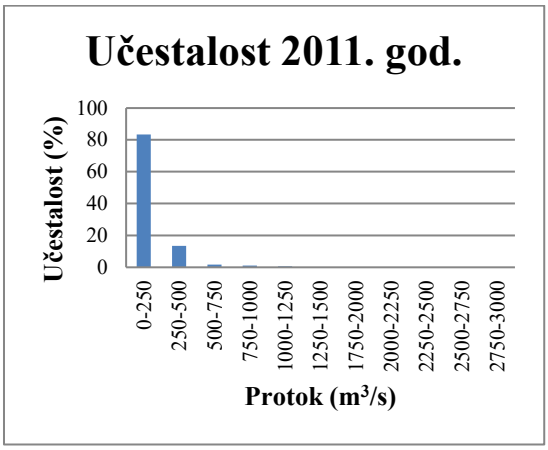


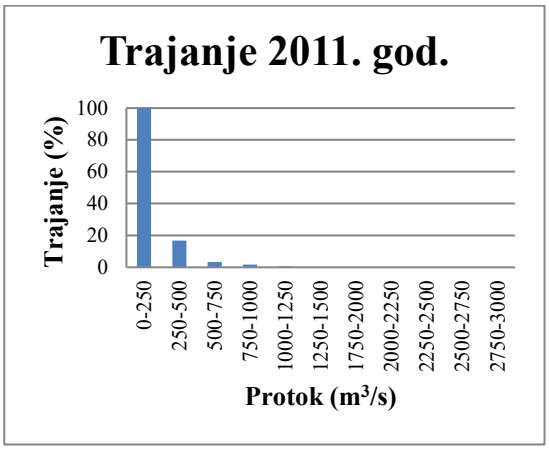
Slika 4.26. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2009. god.



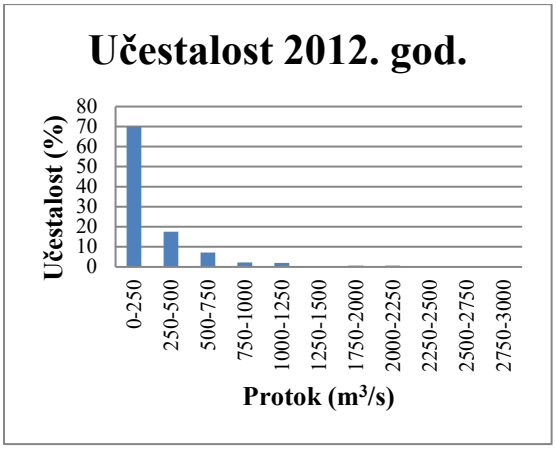


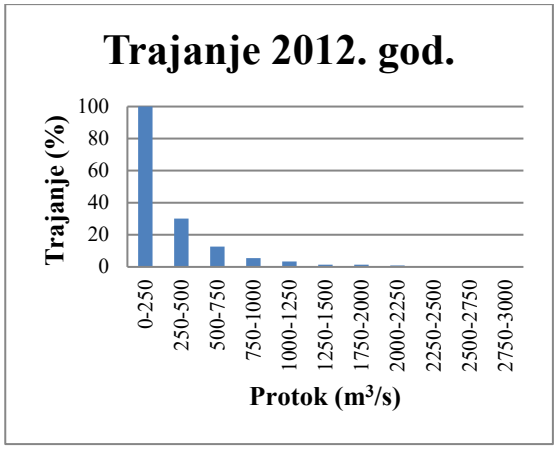
Slika 4.27. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2010. god.



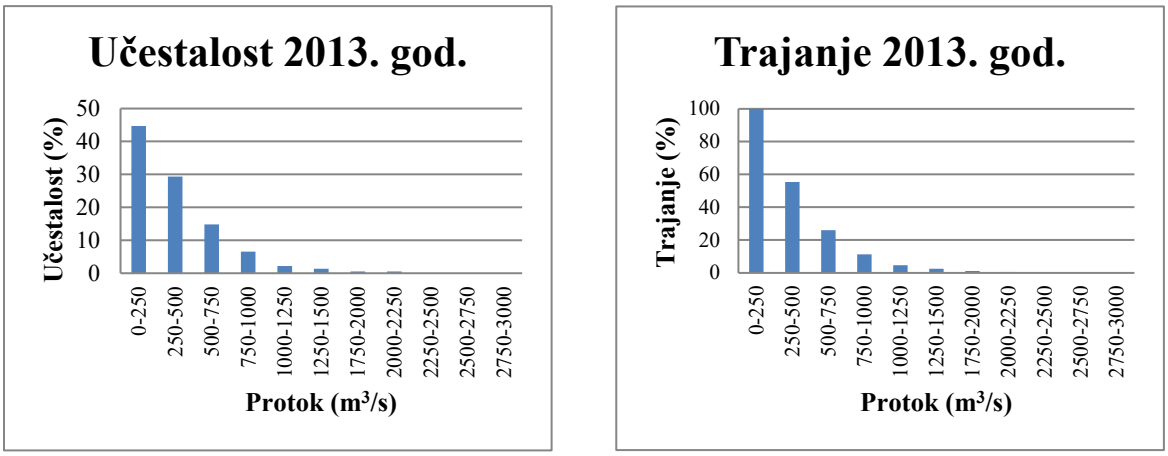


Slika 4.28. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2011. god.

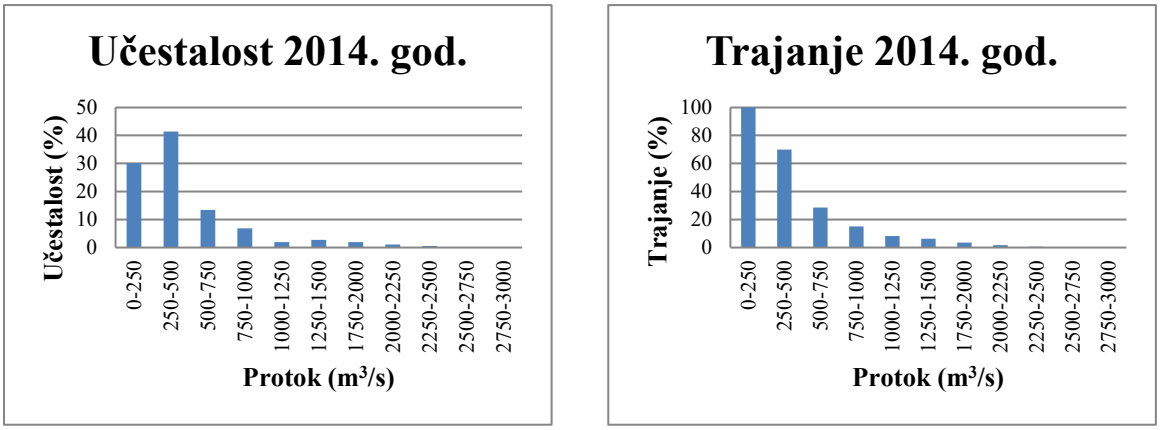




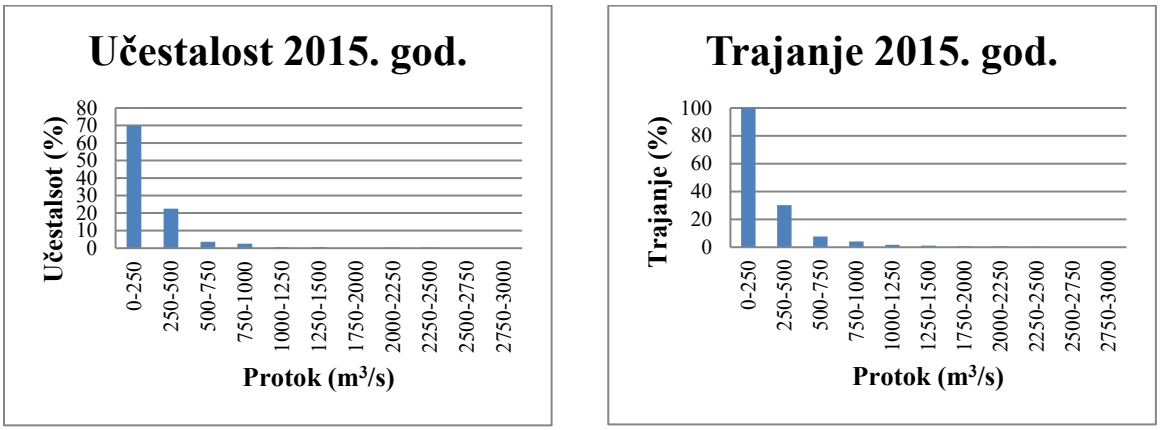
Slika 4.29. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2012. god.



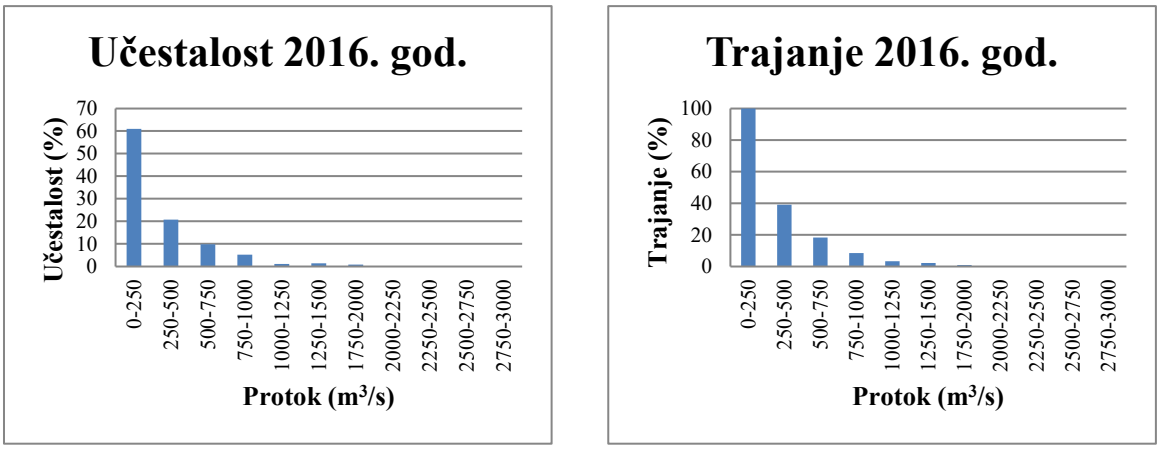
Slika 4.30. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2013. god.



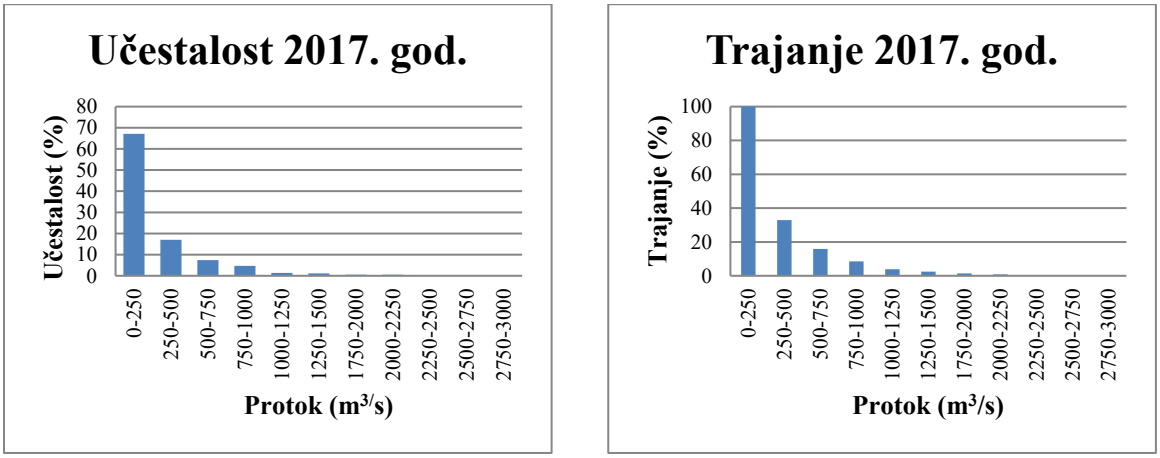
Slika 4.31. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2014. god.



Slika 4.32. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2015. god.



Slika 4.33. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2016. god.



Slika 4.34. Učestalost i trajanje srednjih dnevnih protoka za 2017. god.

Krivulje trajanja vodostaja i protoka za duži vremenski period moguće je međusobno usporediti na osnovi njihovog zajedničkog grafičkog prikaza. Na taj način mogu se vidjeti pojedine ekstremne godine u kojima su protok i vodostaj bili znatno veći u odnosu na ostale godine što je osobito važno u aspektu prihranjivanja podzemnih voda (Slika 4.35. i 4.36.). Višednevno trajanje visokih vodostaja i protoka uzrokuje dizanje razine podzemne vode te može rezultirati i izlijevanjem rijeke iz svoga korita te plavljenjem okolnog područja.

Rezultatima je utvrđeno da su srednji godišnji vodostaji i protoci imali najnižu vrijednost 2011. godine zbog čega su imali negativan utjecaj na podzemne vode, dok su najviše vrijednosti zabilježene 2013. i 2014. godine što je omogućilo prihranjivanje podzemne vode.

Najniži srednji dnevni vodostaj i protok zabilježeni su u kolovozu 2017. te 2012. godine. Maksimalni ekstrem srednjih dnevnih vodostaja i protoka bio je u rujnu 2010. godine.

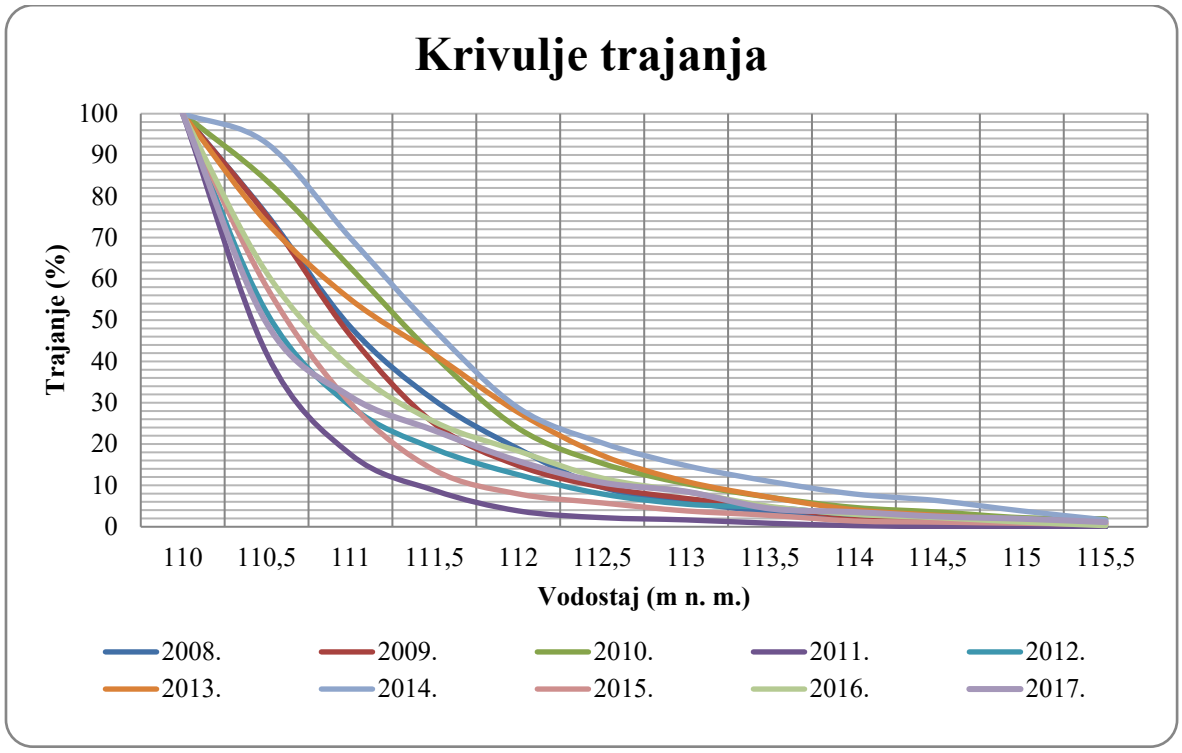
Statistička značajnost trendova srednjih mjesečnih vodostaja i protoka testirana je pomoću Studentovog t-testa (α=0,05). Rezultati su prikazani u tablicama 4.5. i 4.6.

Tablica 4.5. P-vrijednosti za srednje mjesečne vodostaje

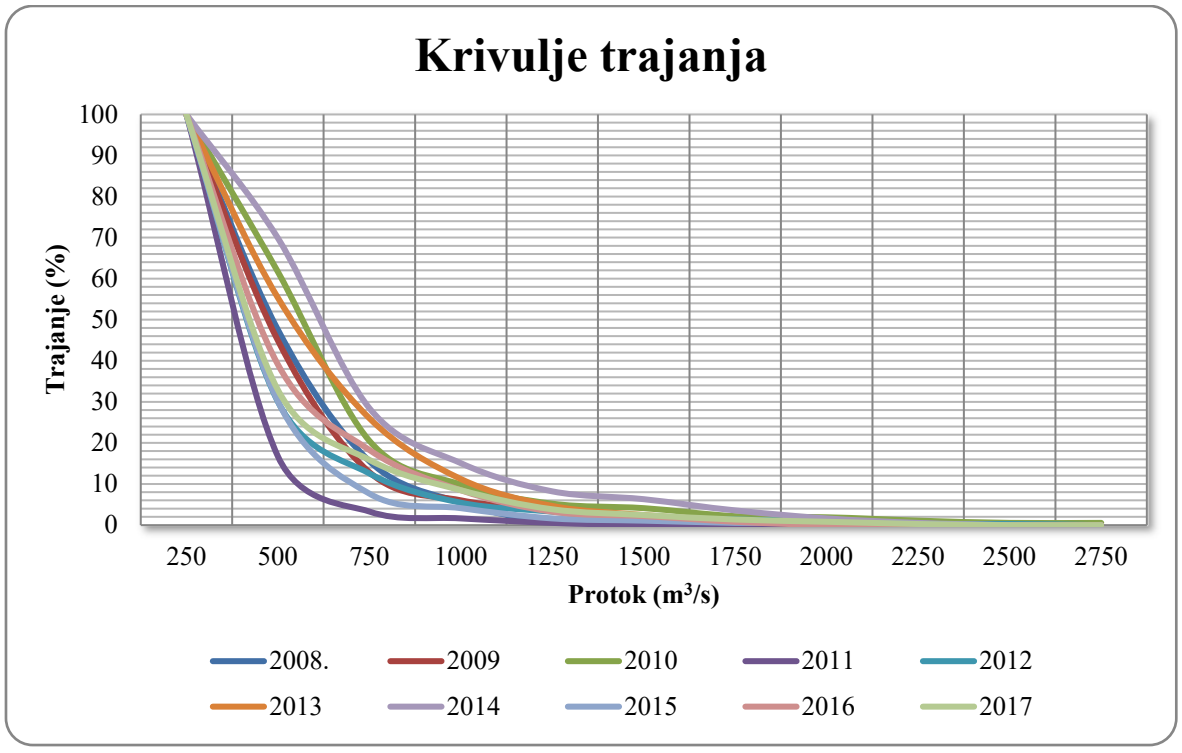
Mjesec	P-vrijednost	Statistička značajnost
Siječanj	0,89078146	–
Veljača	0,264342009	–
Ožujak	0,744142217	–
Travanj	0,114540032	–
Svibanj	0,114540032	–
Lipanj	0,864573131	–
Srpanj	0,313577076	–
Kolovoz	0,031445338	+
Rujan	0,053157772	–
Listopad	0,96984391	–
Studeni	0,054169599	–
Prosinac	0,373367812	–

Tablica 4.6. P-vrijednosti za srednje mjesečne protoke

Mjesec	P-vrijednost	Statistička značajnost
Siječanj	0,055342314	–
Veljača	0,008210718	+
Ožujak	0,126622711	–
Travanj	0,201591054	–
Svibanj	0,049644456	+
Lipanj	0,808699535	–
Srpanj	0,441267159	–
Kolovoz	0,038593708	+
Rujan	0,008134097	+
Listopad	0,875199316	–
Studeni	0,036789116	+
Prosinac	0,446700822	–



Slika 4.35. Grafički prikaz krivulja trajanja vodostaja na postaji Zagreb u razdoblju od 2008. do 2017. god.



Slika 4.36. Grafički prikaz krivulja trajanja protoka na postaji Zagreb u razdoblju od 2008. do 2017. god.

5. Zaključak

U ovom radu napravljena je regresijska analiza i testirana je statistička značajnost pomoću Studentovog (t-testa) u Microsoft Office Excelu.

Analiza je napravljena na temelju podataka o vodostajima i protocima u razdoblju od 2008. godine do 2017. Za vodostaje (Tablica 4.5.), statistički je značajan samo kolovoz, kod kojega je P-vrijednost manja od (α=0,05). U ostalim mjesecima P-vrijednost je bila veća od (α=0,05) iz čega proizlazi da rezultati nisu bili statistički značajni. Za protoke (Tablica 4.6.) je P-vrijednost manja od (α=0,05) u mjesecima: veljači, svibnju, kolovozu, rujnu i studenom dok su kod ostalih mjeseci P-vrijednosti veće od (α=0,05) i rezultati nisu statistički značajni.

Na području zagrebačkog vodonosnog sustava postoji izravna hidraulička veza između Save i podzemne vode što sugerira da prihranjivanje podzemnih voda ovisi o vodostaju Save. Posavec (2006) je utvrdio da rijeka Sava za vrijeme visokih vodostaja napaja vodonosnik duž cijelog toka na području zagrebačkog vodonosnika, dok za vrijeme srednjih i niskih vodostaja na pojedinim dijelovima toka dolazi do dreniranja vodonosnika što nepovoljno utječe na razine podzemne vode, a time i na raspoložive količine za vrijeme dužih sušnih razdoblja. Visok vodostaj rijeke Save prihranjuje podzemlje, a niski, obrnuto, drenira podzemlje. U slučaju da je visok vodostaj Save kratkotrajan, utjecaj na podzemne vode bit će minimalan i zanemariv dok dugotrajno visok vodostaj Save rezultira prihranom podzemne vode, odnosno porastom razine podzemne vode. Na temelju podataka o trajanju vodostaja i protoka zaključeno je da su 2013. i 2014. godina hidrološki izrazito povoljne što je dovelo do povećanja zaliha sezonske vode.

Razmatrajući grafove srednjih mjesečnih vodostaja i protoka može se zamijetiti da su najveće vrijednosti zabilježene u studenom, prosincu i veljači dok su najmanje vrijednosti zabilježene u ljetnim mjesecima, tj. u srpnju i kolovozu. Analizom maksimalnih i minimalnih vodostaja i protoka utvrđeno je da se najveći maksimum pojavio u drugoj polovici rujna 2010. godine čemu svjedoči i izlijevanje Save i poplava u Zagrebu 20. rujna iste godine.

6. Literatura

BAČANI, A., 2006. Hidrogeologija I. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

IVANKOVIĆ D., i sur., (1989): Osnove statističke analize za medicinare. Zagreb: Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

MILETIĆ P. & BAČANI A. 1999. EGPV: Izrada bilansa. Knjiga 4, četvrti dio, Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

POSAVEC K., 2006. Identifikacija i prognoza minimalnih razina podzemne vode zagrebačkoga aluvijalnog vodonosnika modelima recesijskih krivulja. Doktorska disertacija. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

ŠTAMBUK A., BILJAN-AUGUST M., 2013: Regresijska i korelacijska analiza, Rijeka: Ekonomski fakultet u Rijeci

VELIĆ J. & DURN, G., 1993. Alternating Lacustrine-Marsh Sedimentation and Subaerial Exposure Phases during Quaternary: Prečko, Zagreb, Croatia. Geologia Croatica, vol. 46, no. 1, p. 71–90.

VELIĆ J. & SAFTIĆ B., 1991. Subsurface Spreading and Facies Characteristics of Middle Pleistocene Deposits between Zaprešić and Samobor. Geološki vjesnik, 44, 69–82.

VELIĆ J., SAFTIĆ B. & MALVIĆ T. 1999: Lithologic Composition and Stratigraphy of Quaternary Sediments in the Area of the "Jakuševec" Waste Depository (Zagreb, Northern Croatia). Geologia Croatica, vol. 52, no. 2, p. 119–130.

Web izvori:

Bačani, A. & Posavec, K., 2014. Elaborat o zonama zaštite izvorišta grada Zagreba URL:

https://eko.zagreb.hr/UserDocsImages/arhiva/dokumenti/Okoli%C5%A1/Voda/Elaborat_o_zonama_zastite_novi.pdf (20.6. 2020.god.)

http://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje&param=ocjena&MjesecSezona=8&Godina=2017 (27.8.2020. god.)

file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/5.pdf (20.6.2020. god.)

http://hidro.dhz.hr/ (20.6.2020. god.)

KLASA: 602-04/20-01/109
URBROJ: 251-70-13-20-2
U Zagrebu, 17.09.2020.

Petar Šošić, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/20-01/109, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 28.04.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

IZRADA KRIVULJE UČESTALOSTI I TRAJANJA VODOSTAJA I PROTOKA NA HIDROLOŠKOJ POSTAJI ZAGREB

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu dr. sc. Zoran Kovač, docent Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj

(potpis)

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko Ružičić

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

(titula, ime i prezime)