

# Određivanje trendova vodostaja na hidrološkoj postaji "Koretići"

---

**Rukavina, Dominik**

**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:169:077831>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-22**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

ODREĐIVANJE TRENDOVA VODOSTAJA NA HIDROLOŠKOJ POSTAJI

„KORETIĆI“

Završni rad

**Dominik Rukavina**

**GI 2118**

Zagreb, 2020.

## ODREĐIVANJE TRENDOVA VODOSTAJA NA HIDROLOŠKOJ POSTAJI „KORETIĆI“

Dominik Rukavina

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

### Sažetak

Cilj ovog završnog rada bio je određivanje trendova vodostaja na temelju podataka o dnevnim vrijednostima vodostaja od 1980. godine do danas. Podaci su dobiveni s hidrološke postaje Koretići koja se nalazi se na prostoru Samoborsko – Žumberačkog Gorja. Dobiveni su trendovi za maksimume, minimume i srednje vrijednosti vodostaja. Podaci su analizirani korištenjem regresijske analize u Microsoft Excelu, određeni su trendovi, statistička značajnost te su grafički prikazani.

Ključne riječi: vodostaj, trend, maksimum, minimum, srednja vrijednost, poplave

Završni rad sadrži: 31 stranicu, 6 tablica, 15 slika i 11 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta

Mentor: Doc. dr. sc. Zoran Kovač

Ocjenjivači: Doc. dr. sc. Zoran Kovač

Izv. prof. dr. sc. Jelena Parlov

Doc. dr. sc. Krešimir Pavlić

Datum obrane: 23.09.2020.

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Geološke i hidrogeološke značajke istraživanog područja.....	2
2.1. Hidrološka postaja Koretići .....	2
2.2. Geološke značajke .....	4
2.3. Hidrogeološke značajke.....	6
3. Metodologija.....	7
3.1. Regresijska analiza .....	7
3.2. Studentov (t-test) .....	9
4. Rezultati.....	10
4.1. Vrijednosti vodostaja.....	12
4.1.1. Maksimalne vrijednosti vodostaja.....	12
4.1.2. Minimalne vrijednosti vodostaja .....	16
4.1.3. Srednje vrijednosti vodostaja .....	20
4.2. Usporedba maksimuma i minimuma na godišnjoj razini .....	23
5. Zaključak .....	25
6. Literatura .....	26

### Popis slika:

Slika 2.1. Lokacija Hidrološke postaje „Koretići“ .....	2
Slika 2.2. Poprečni presjek korita Rijeke Save na hidrološkoj postaji „Koretići“ (DHMZ).....	3
Slika 2.3. Isječak OGK List Zagreb, M 1:100 000 (Šikić i dr., 1972.; Tremljan, 2019.).....	5
Slika 2.4. Hidrogeološka karta istraživanog područja (Vujnović, 2010.); (Tremljan, 2019.).....	6
Slika 3.1. Srednje vrijednosti vodostaja u lipnju (1981. - 2017.).....	8
Slika 4.1. Vrijednosti maksimuma u svibnju (1981. – 2017.).....	14
Slika 4.2. Vrijednosti vodostaja u svibnju 2015.....	14
Slika 4.3. Trend maksimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1980. – 2017.) .....	15
Slika 4.4. Trend mjeseca veljače (1981. - 2017.) .....	16
Slika 4.5. Vrijednosti vodostaja u kolovozu 1982.....	18
Slika 4.6. Vrijednosti minimuma vodostaja u kolovozu (1981. - 2017.) .....	19
Slika 4.7. Trend minimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1980. - 2017.) .....	19
Slika 4.8. Trend srednje vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1980. - 2017.).....	22
Slika 4.9. Usporedba trendova maksimuma i minimuma (1980. - 2017.).....	24

Slika 4.10. Trend razlike maksimuma i minimuma (1980. - 2017.).....	24
---------------------------------------------------------------------	----

Popis tablica:

Tablica 4.1. Maksimalne vrijednosti vodostaja .....	12
Tablica 4.2. Linearna regresija (t-test) za vrijednosti maksimuma vodostaja.....	15
Tablica 4.3. Minimalne vrijednosti vodostaja .....	17
Tablica 4.4. Linearna regresija (t-test) za vrijednosti minimuma vodostaja .....	20
Tablica 4.5. Srednje vrijednosti vodostaja .....	20
Tablica 4.6. Linearna regresija (t-test) za srednje vrijednosti vodostaja.....	23

## 1. Uvod

U okviru završnog rada obrađeni su i interpretirani podaci s hidrološke postaje Koretići koje je ustupio Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ). Hidrološka postaja Koretići nalazi se u Samoborsko-Žumberačkom Gorju na rijeci Bregana, koja pripada crnomorskom slivu i dio je porječja rijeke Save.

Cilj rada je bio izračun trendova vodostaja na hidrološkoj postaji Koretići za razdoblje od 1980. do 2017. godine. Pritom su korišteni podatci o dnevnim vrijednostima vodostaja od 1980. do 2017. godine. U tu svrhu korištena je linearna regresijska analiza, dok je za izračun statističke značajnosti korišten Studentov t-test. Rađeni su trendovi za minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti vodostaja na mjesečnoj i godišnjoj razini.

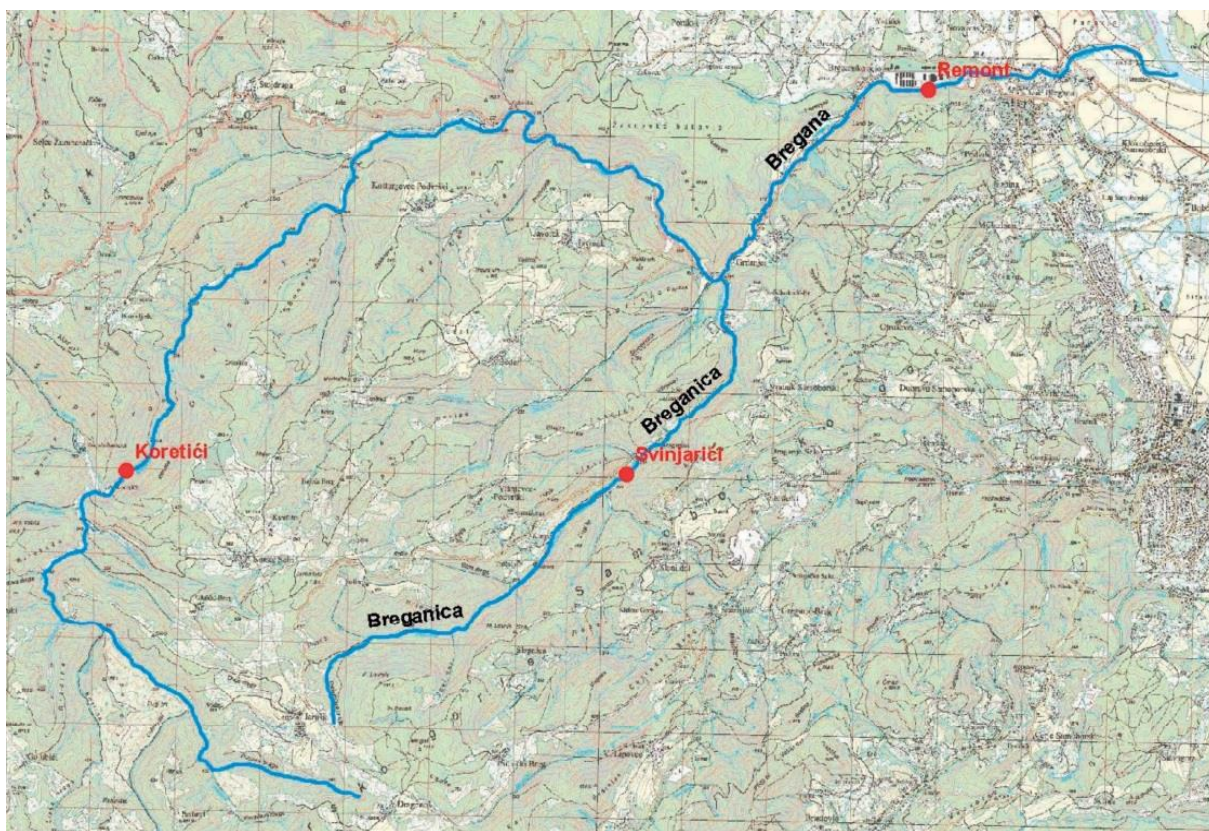
## 2. Geološke i hidrogeološke značajke istraživanog područja

### 2.1. Hidrološka postaja Koretići

Hidrološka postaja Koretići počela je sa radom 01.09.1980. godine. Kota nule ove postaje iznosi 332,288 m.n.m. Postaja mjeri dnevne razine vodostaja i protoka za rijeku Breganicu od 1980. godine do danas.

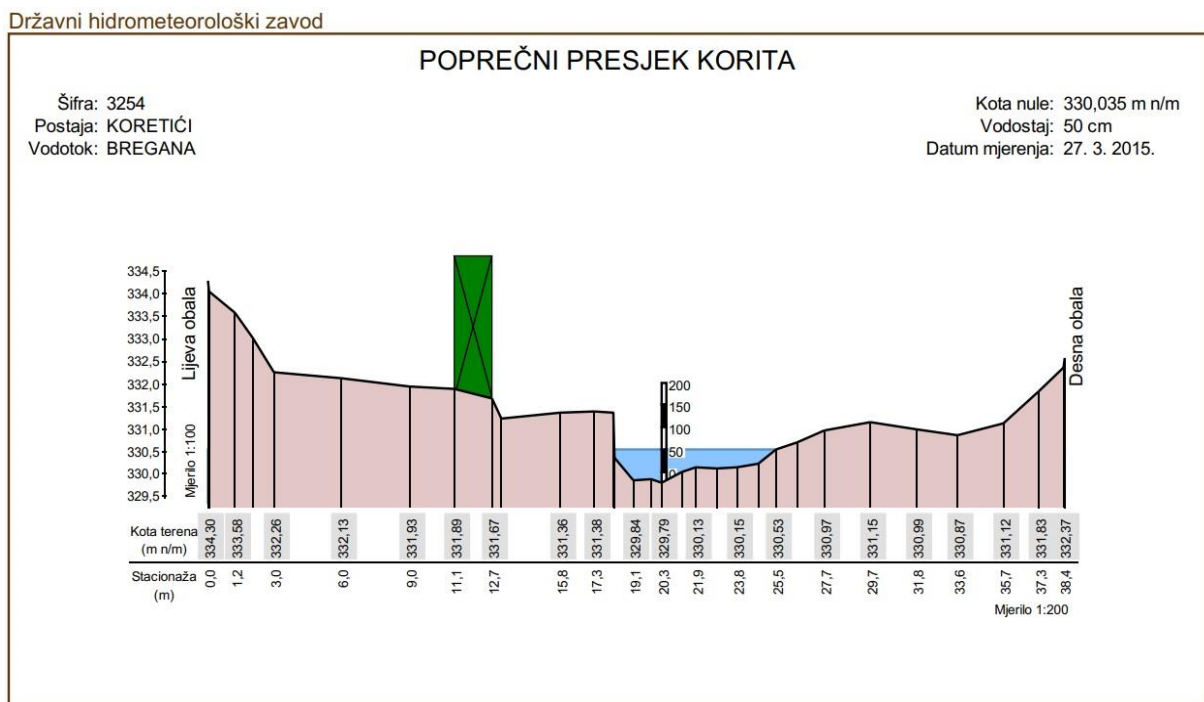
([https://meteo.hr/infrastruktura.php?section=mreze\\_postaja&param=hm&el=povrsinske\\_hm](https://meteo.hr/infrastruktura.php?section=mreze_postaja&param=hm&el=povrsinske_hm))

Lokacija postaje prikazana je na slici 2.1.



Slika 2.1. Lokacija Hidrološke postaje „Koretići“

Rijeka Bregana (duljine 26,02 km od izvora do ušća) pripada porječju Rijeke Save. Predstavlja granični vodotok između Republike Hrvatske i Republike Slovenije u srednjem dijelu toka do ušća u rijeku Savu. Glavni pritoci rijeke Bregane s hrvatske strane su: Tisovačka Bregana, Rakovac, Dobri potok, Jarak, Velika Draga, Škrbotnik i Breganica, dok je sa slovenske strane nekoliko manjih pritoka: Sevškov jarek i Kamenjak. Rijeka Bregana sa navedenim pritocima tvori razgranatu hidrografsku mrežu površine sliva 92,1 km<sup>2</sup> (navedena površina vrijedi do ušća rijeke). Poprečni presjek korita Bregane na hidrološkoj postaji Koretići na dan 27.03.2015. godine prikazan je na slici 2.2. (<https://frisco-project.eu/hr/slivna-podrucja-rijeka/bregana/>)



**Slika 2.2. Poprečni presjek korita Rijeke Save na hidrološkoj postaji „Koretići“ (DHMZ)**

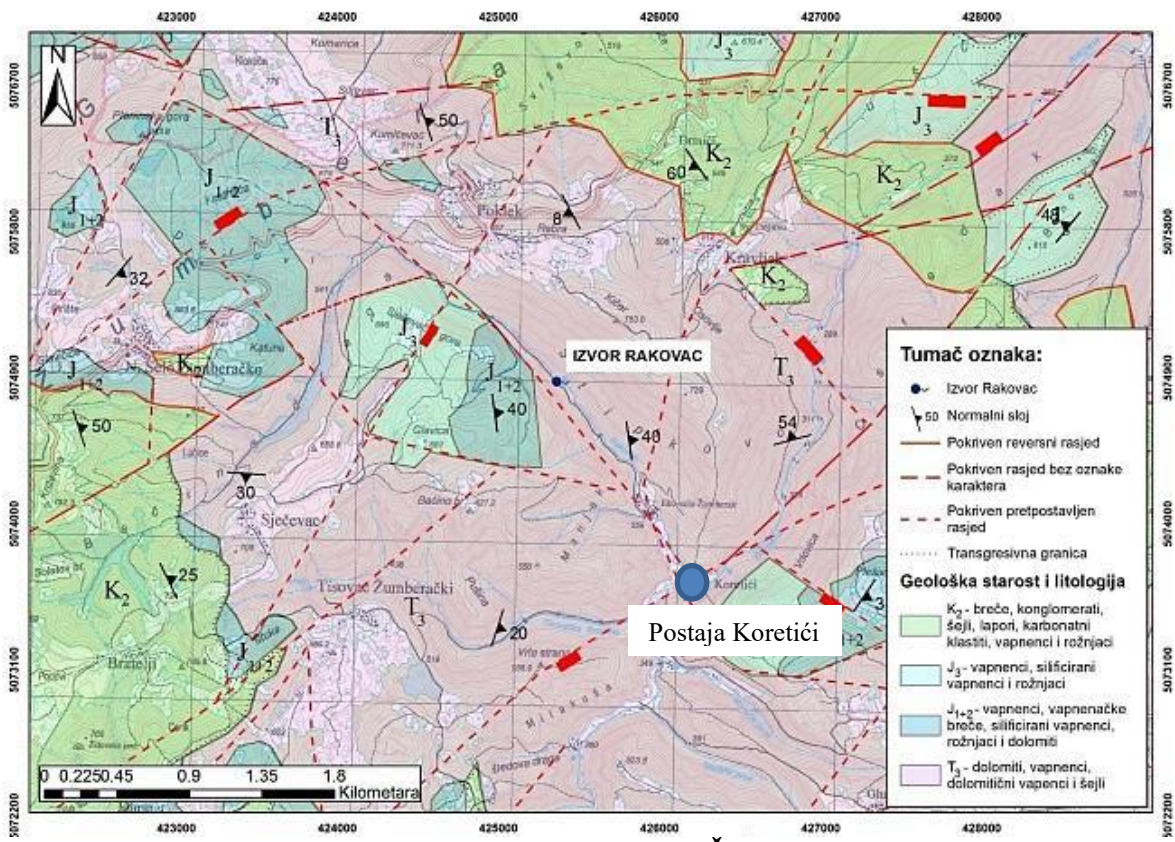


## 2.2. Geološke značajke

Područje lokacije postaje Koretići nalazi se na prostoru Samoborsko – Žumberačkog Gorja, te je za određivanje geološke građe tog područja korištena Osnovna geološka karta M 1:100000, list Zagreb (Šikić i dr., 1979.;, Tremljan, 2019.). Slika 2.3.

Od najveće važnosti u strukurnoj građi istočnog Žumberka su gornjotrijaski dolomiti (**T3**) s najvećom debljinom slojeva (oko 800m) u kojima je sadržaj  $\text{CaCO}_3$  većinom ispod 10%. U slojevima na mnogim lokalitetima istočnog Žumberka nalaze se onkoliti, što upućuje na sedimentaciju u vrlo plitkoj sredini. Na trijasku naslage nastavljaju se sačuvani plitkovodni karbonatni sedimenti jurske starosti (**J<sub>1+2</sub>**) te dolomiti, dolomitični vapnenci i vapnenci što ukazuje da su sedimenti i dalje plitkovodni. Početkom gornjeg lijasa dolazi do stvaranja dubljeg bazenskog prostora. (Šikić i dr., 1979.;, Tremljan, 2019.).

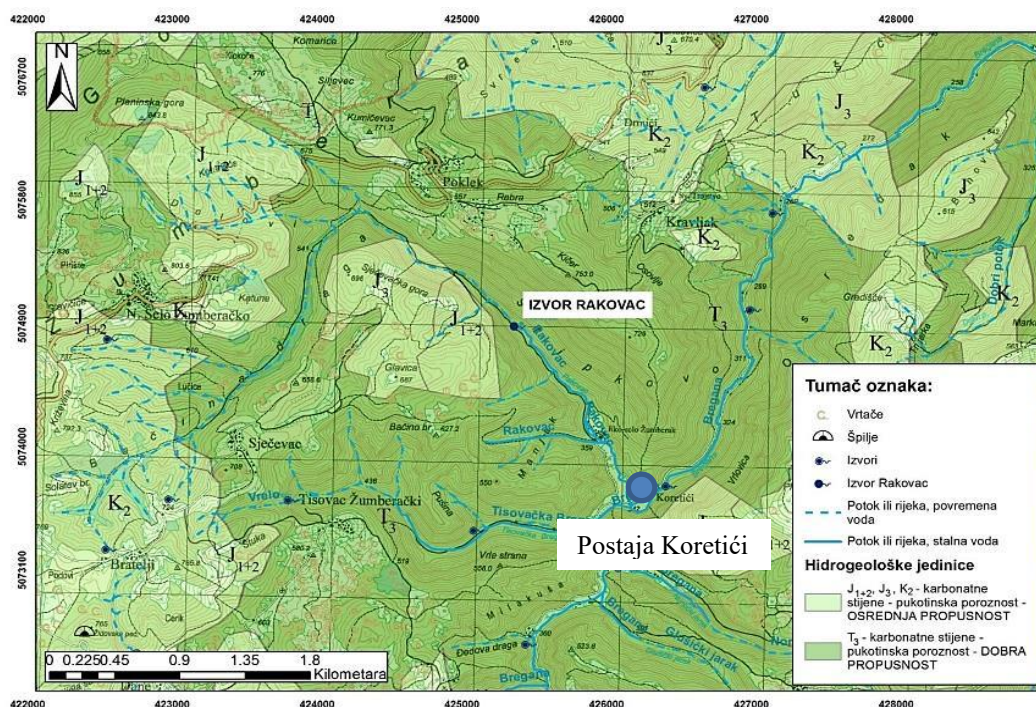
Većina naslaga krajem jure odnosno tijekom gornjeg malma (**J<sub>3</sub>**) sastoji se od izmjene tankouslojenih pelagičkih mikrita, biomikrita i rožnjaka s ulošcima kalkarenita i lapora. Za vrijeme gornje krede (**K<sub>2</sub>**) došlo je do transgresije na razveden paleoreljef izgrađen pretežito od trijaskih dolomita, jurskih vapnenaca i rožnjaka, a u užem području Samoborskog gorja na permske i donjotrijaske klastite. Bazalne breče i konglomerati nastali su pretaloživanjem stijena u podlozi (dolomita, vapnenaca i rožnjaka). Debela serija fliških sedimenata nastavlja se na breče i konglomerate te u njoj prevladavaju vapnenački i glinoviti lapori, šejlovi i kalkareniti. (Buzjak, 2002.;, Tremljan, 2019.).



Slika 2.3. Isječak OGK List Zagreb, M 1:100 000 (Šikić i dr., 1972.; Tremljan, 2019.)

### 2.3. Hidrogeološke značajke

Područje lokacije postaje Koretići (prikazano na slici 2.4), odnosno područje Samoborsko-Žumberačkog gorja sastavljeno je od pet karakterističnih skupina stijena (Vujnović, 2010.) koje se međusobno razlikuju prema hidrogeološkim značajkama. Većinu terena čine karbonatne stijene koje su podijeljene na tri skupine s obzirom na propusnost: slabo, srednje i dobro propusne karbonatne stijene. U blizini postaje Koretići prevladavaju dobro i osrednje propusne karbonatne stijene. Za njih je specifična pukotinska i pukotinsko-kavernozna poroznost, dok im je propusnost određena litološkim sastavom i jačinom tektonskih deformacija. Prema Vujnović (2010.) u dobro propusne karbonatne stijene svrstani su: tektonski razlomljeni i okršeni gornjotrijaski dolomiti. U grupu srednje propusnih naslaga uvršteni su litotamnijski badenski vapnenci, kredne vapnenačke breče, jurski vapnenci i dolomiti, te srednjotrijaski dolomiti. Veći dio područja čine upravo dobro propusni gornjotrijaski karbonati.



Slika 2.4. Hidrogeološka karta istraživanog područja (Vujnović, 2010.); (Tremljan, 2019.)

### 3. Metodologija

#### 3.1. Regresijska analiza

U statistici, metode regresijske analize služe za određivanje odnosa između dvije ili više varijabli. Postoji više metoda regresijske analize, no u svojoj osnovi sve one ispituju utjecaj nezavisne varijable na zavisnu varijablu. Dva glavna cilja regresijske analize su:

- 1) odrediti koliko precizno može skupina nezavisnih varijabli odrediti ishod zavisnih varijabli;
- 2) odrediti koje su varijable posebno značajne u predviđanju ishoda zavisnih varijabli.

Tri ključne uloge regresije su:

- 1) određivanje jačine utjecaja nezavisne varijable na zavisnu;
- 2) predviđanje utjecaja nezavisne na zavisnu varijablu;
- 3) projiciranje trendova u budućnost na osnovu trenutnih rezultata.

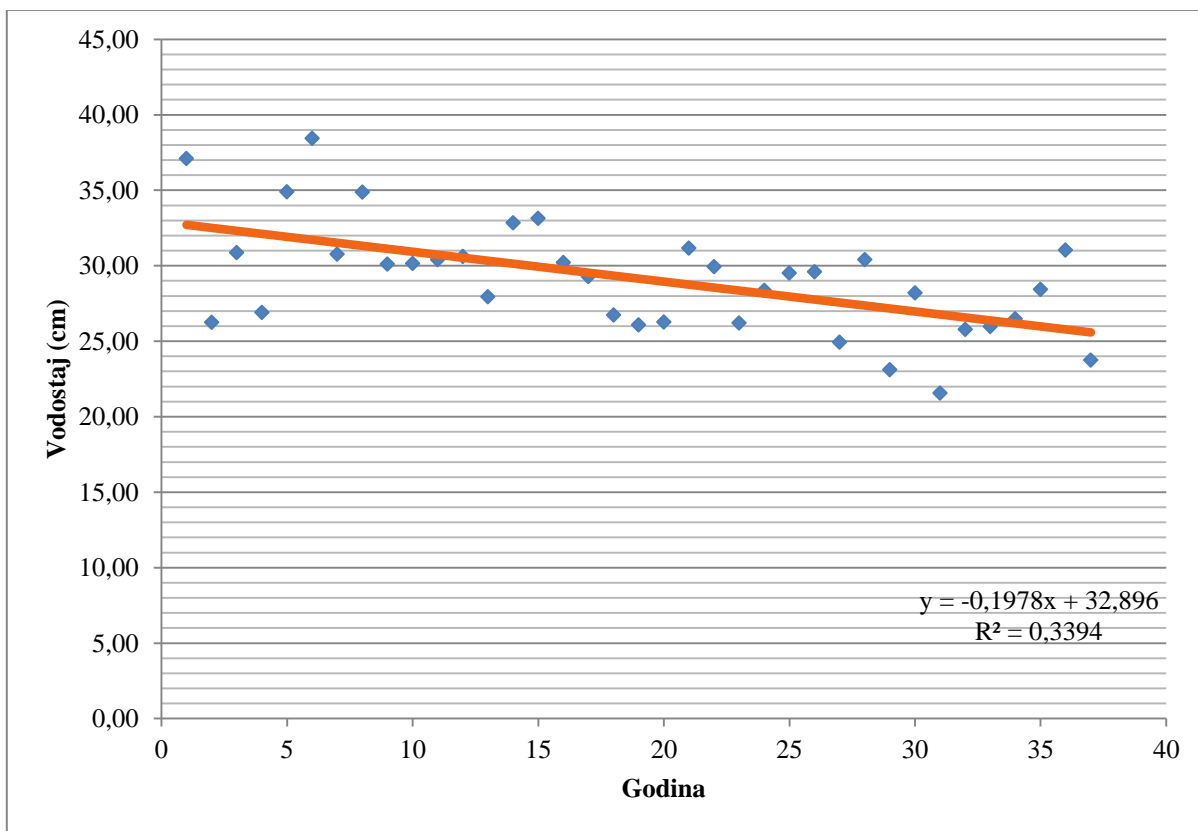
Linearna regresija najjednostavnija je metoda regresijske analize te kao takva koristi samo jednu nezavisnu i jednu zavisnu varijablu. To je linearni model koji uspostavlja vezu između nezavisne varijable (x) i zavisne varijable (y). Regresijska funkcija može se zapisati u obliku :

$$f(x) = \alpha + \beta x \quad (3.1)$$

gdje je  $\beta$  koeficijent regresije, a  $\alpha$  je koeficijent nagiba pravca  $f(x)$ .

Kako bi se bolje prikazao model linearne regresije, koristi se „scatterplot“ dijagram. Pravac na dijagramu označava linearnu funkciju, dok podatci na dijagramu označavaju zavisne varijable (Y). Što je više podataka bliže pravcu to je model uspješniji, odnosno to je veza između nezavisne (X) i zavisne (Y) varijable jača. Jača veza između varijabli znači da se pouzdanije i preciznije mogu vršiti prognoze trendova za budućnost. Primjer takvog dijagrama za srednje vrijednosti vodostaja u lipnju nalazi se na slici 3.1. (<https://www.statisticssolutions.com/what-is-linear-regression/>)

Regresijska analiza u Excelu daje mnogo informacija o određenoj grupi podataka kao što su: p-vrijednost, koeficijent determinacije, varijanca, standardna devijacija i drugi. Koeficijent determinacije  $R^2$  pokazuje koliko je jaka funkcijska veza između zavisne i nezavisne varijable. On je ustvari mjera reprezentativnosti modela. Što je vrijednost  $R^2$  bliže 1 to je zavisnost jača odnosno model je reprezentativniji. Koeficijent determinacije je kvadratna vrijednost koeficijenta korelacije te je kao takav pogodniji kod kompleksnijih regresijskih analiza. Standardna devijacija je mjera odstupanja podataka od srednje vrijednosti. Varijanca je prosjek kvadriranih odstupanja od srednje vrijednosti odnosno kvadrirana standardna devijacija. S obzirom na cilj istraživanja svaki od navedenih podataka ima svoju određenu primjenu. U ovom radu u svrhu određivanja značajnosti korištena je p-vrijednost koja će biti detaljnije objašnjena u idućem poglavlju. (<https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/regression-analysis/find-a-linear-regression-equation/>)



**Slika 3.1. Srednje vrijednosti vodostaja u lipnju (1981. - 2017.)**

### 3.2. Studentov (t-test)

Studentov t-test zasnovan je na Studentovoj t-distribuciji. T-distribucija predstavlja normalnu distribuciju za mali uzorak podataka. S obzirom na tu razliku, krivulja t-distribucije blago se razlikuje u odnosu na onu normalne distribucije s obzirom da jedan podatak predstavlja veći udio u ukupnom (malom) uzorku. Funkcija t-testa je odrediti statističku značajnost između određenih grupa podataka.

Ključni podatak koji se koristio u ovom radu u svrhu određivanja statističke značajnosti je p-vrijednost (p-value). P-vrijednost izražava vjerojatnost da se rezultat iz određene skupine podataka dogodio slučajno. Sukladno tomu, poželjno je da je p-vrijednost što manja kako bi se dokazalo da rezultat nije slučajan. P-vrijednost je uobičajeno zapisana u decimalnom obliku te se kod većine istraživanja zadovoljavajućom vrijednošću smatra svaka manja od 0,05 odnosno 5%, što označava da je vjerojatnost da je rezultat slučajan manja od 5%. U slučaju kada je p-vrijednost manja od 0,05 rezultat se smatra statistički značajnim, u suprotnom je rezultat statistički neznajčan. (<https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/t-test/>)

## 4. Rezultati

Na temelju podataka koje je ustupio Državni hidrometeorološki zavod DHMZ o dnevnim vrijednostima vodostaja dobivenih mjerenjima iz hidrološke postaje Koretići (s početkom 01.09.1980.), proračunate su mjesečne i godišnje vrijednosti vodostaja. Računale su se maksimalne, minimalne i srednje vrijednosti na mjesečnoj i godišnjoj razini.

Nakon navedenih proračuna u Excelu se izvela linearna regresija za podatke minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti svakog mjeseca svake godine kao i posebno za svaku godinu. Na temelju regresijske analize određeni su trendovi vodostaja u pojedinom mjesecu odnosno godini dok je Studentovim t-testom određena statistička značajnost.

Kao završna faza analize kreirane su slike sa naznačenom linearnom funkcijom u svrhu što boljeg vizualnog prikaza rezultata, te kako bi se lakše i kvalitetnije izveo zaključak. Prikazane su samo najznačajnije slike odnosno one koje najbolje prikazuju kretanje vodostaja kroz godine, ali i određene ekstreme.

U tablicama 4.1., 4.2., 4.3., prikazani su rezultati maksimuma, minimuma i srednjih vrijednosti vodostaja na mjesečnoj i godišnjoj razini. Crvenom bojom naznačeni su najveći maksimum i najmanji minimum to jest maksimalna i minimalna zabilježena dnevna vrijednost u tom mjesecu, te su grafički prikazani mjeseci u godini u kojoj je taj ekstrem zabilježen kao i kretanje maksimalnog odnosno minimalnog vodostaja u tom mjesecu kroz sve mjerene godine. Zbog velikog broja statistički značajnih trendova kod analize srednjih vrijednosti vodostaja grafički je prikazan samo trend na godišnjoj razini, slika 4.8. Na godišnjoj razini prikazani su trendovi za maksimume, minimume i srednje vrijednosti.

Tablično su prikazani i rezultati t-testa na mjesečnoj i godišnjoj razini koji pokazuju broj podataka (n) koji je korišten pri testu, p-vrijednost (u znanstvenom zapisu zbog jednostavnosti prikaza) te posljedično statističku značajnost i trend vodostaja. Broj podataka (n) koji je prikazan u tablicama 4.2., 4.4., 4.6., manji je od siječnja do kolovoza s obzirom da se u tom periodu nisu vršila mjerenja u 1980. godini, odnosno dostupno je 37 godina mjerenja za te mjesece u odnosu na 38 godina mjerenja dostupnih od rujna do prosinca. Crvenom bojom istaknuti su statistički neznačajni, dok su zelenom bojom istaknuti statistički značajni trendovi. Zbog velikog broja statistički značajnih trendova kod minimuma i srednjih

vrijednosti oni su prikazani samo na godišnjim razinama. Kod promatranja maksimuma može se uočiti jedan statistički značajan uzlazni trend u lipnju te je on grafički prikazan na slici 4.4., s obzirom da uzlazni trendovi maksimuma mogu upućivati na poplave.

Budući da je jedan od problema promatranog područja nizvodno plavljenje rijeke Bregane zanimljivo je promotriti rezultate u tom kontekstu. S obzirom na analizu može se očekivati više sušnih perioda što je vidljivo iz velikog broja statistički značajnih silaznih trendova minimuma, kao i generalnog statistički značajnog trenda srednjih vrijednosti koji je silazan. S druge strane, češće poplave se, usprkos blagom uzlaznom, ali statistički neznačajnom trendu prisutnom kod grafičkog prikaza maksimalnih vrijednosti, mogu očekivati posebno u veljači koja pokazuje jedini statistički značajan uzlazni trend.

Kao finalni korak izvela se usporeba između trendova minimuma i maksimuma na godišnjoj razini te su oni grafički prikazani. Navedena usporedba ukazuje na sve veću razliku između minimuma i maksimuma pri čemu je silazni trend minimuma izraženiji od uzlaznog trenda maksimuma. Trend razlike pokazuje uzlazno kretanje, ali je analizom određen kao statistički neznačajan.



## 4.1. Vrijednosti vodostaja

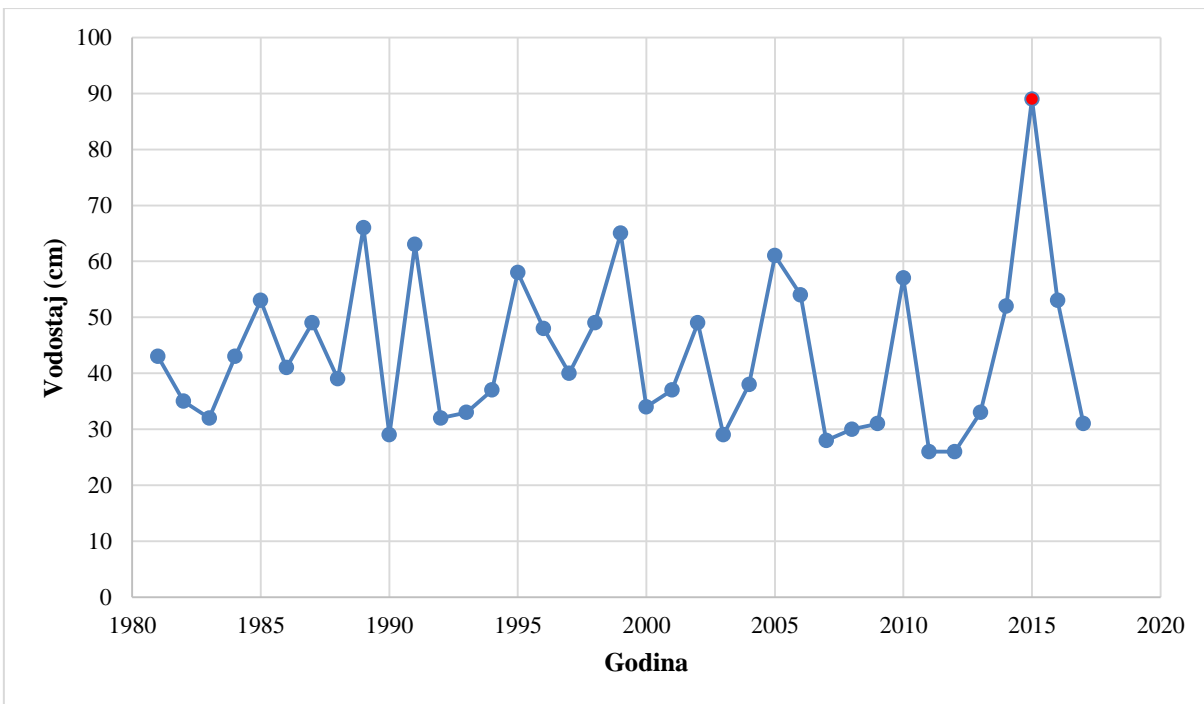
### 4.1.1. Maksimalne vrijednosti vodostaja

U tablici 4.1. prikazane su maksimalne vrijednosti vodostaja od 1980. godine do danas. Rezultati su prikazani na mjesečnoj i godišnjoj razini. Crvenom bojom označen je najveći zabilježeni maksimum koji je grafički prikazan na slikama 4.1. i 4.2. Slika 4.2. prikazuje da je da vrijednosti vodostaja drugih dana u mjesecu nisu bile blizu vrijednosti maksimuma odnosno da je samo jedan dan u mjesecu bio izrazito veći vodostaj. Grafički je prikazan trend na godišnjoj razini na slici 4.3. kao i jedini statistički značajan uzlazni trend u veljači na slici 4.4. Tablica 4.2. pokazuje rezultate t-testa odnosno p – vrijednost, statističku značajnost te prirodu trenda. Vidljiv je statistički neznačajan uzlazni trend na godišnjoj razini.

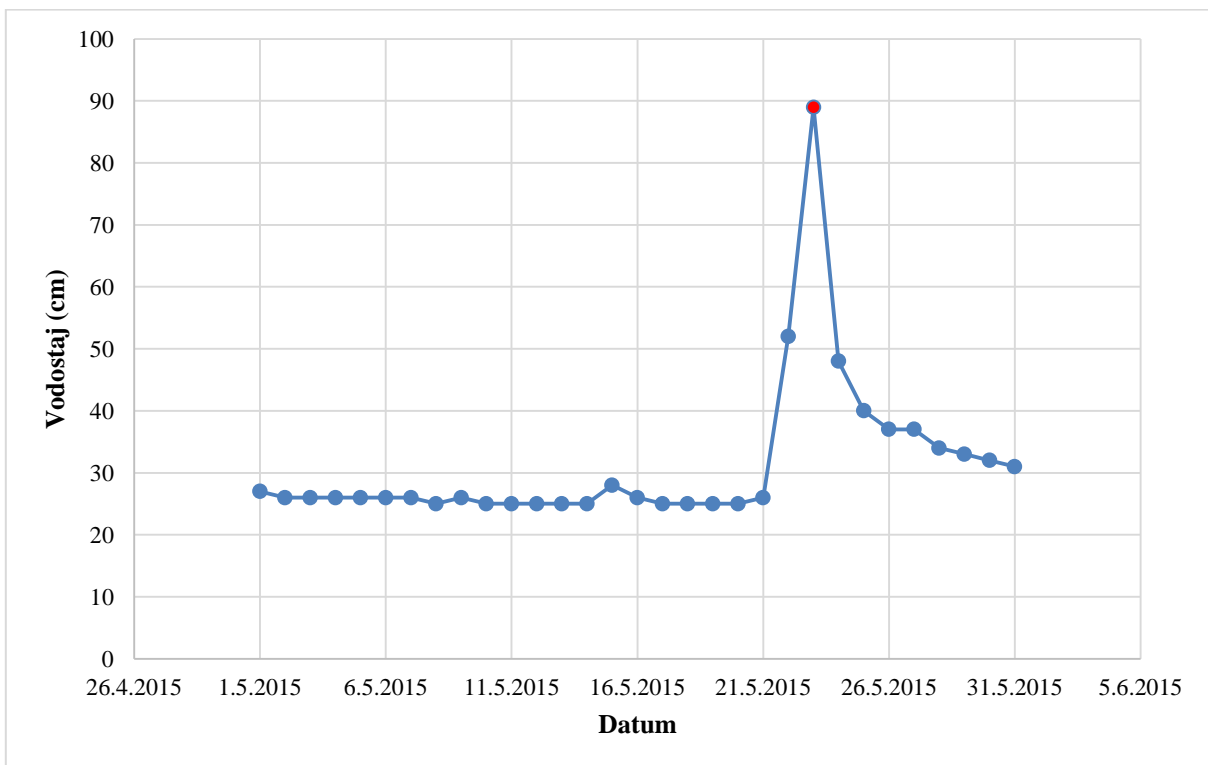
**Tablica 4.1. Maksimalne vrijednosti vodostaja (cm)**

Godina	Mjesec												Godišnji maksimum
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	48	52	48	56	56
1981	44	41	60	33	43	66	32	31	45	42	31	53	66
1982	45	28	46	49	35	32	26	30	48	46	38	50	50
1983	42	39	59	44	32	44	34	44	45	51	29	42	59
1984	42	38	62	58	43	32	30	29	51	41	43	49	62
1985	59	33	60	47	53	48	35	36	32	28	39	42	60
1986	37	35	54	52	41	73	35	50	34	50	43	38	73
1987	38	52	46	40	49	33	40	37	38	37	46	51	52
1988	40	48	62	38	39	60	34	31	44	43	30	41	62
1989	28	31	41	35	66	39	62	58	66	39	31	42	66
1990	31	33	50	41	29	39	28	27	34	58	53	49	58
1991	49	35	35	52	63	33	31	30	37	41	64	31	64
1992	29	40	48	51	32	42	33	28	32	54	46	46	54

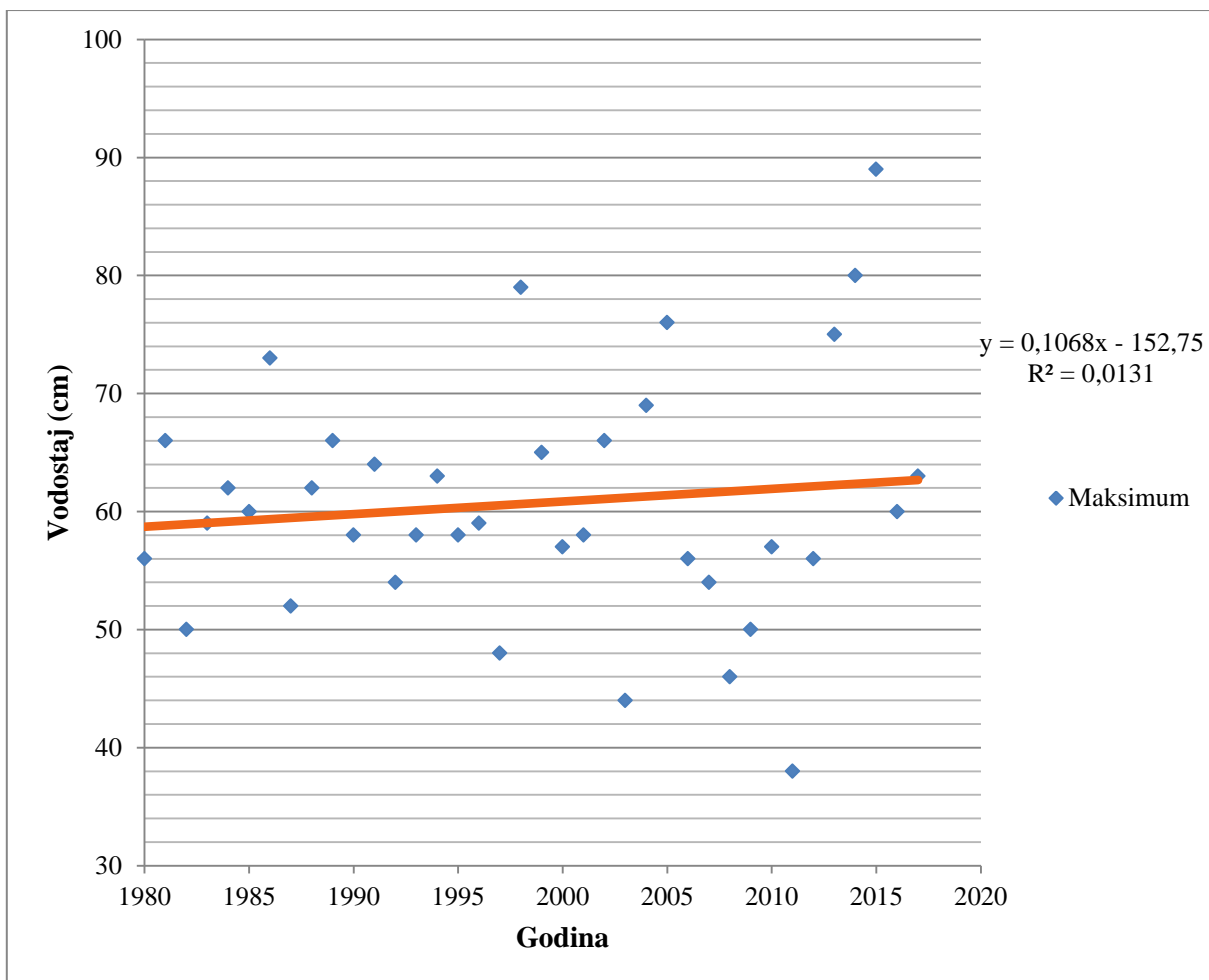
1993	48	28	39	51	33	37	29	31	49	58	39	56	58
1994	63	47	38	56	37	60	39	48	30	51	48	55	63
1995	56	53	54	38	58	48	42	47	49	30	39	58	58
1996	56	48	47	57	48	36	42	43	52	42	45	59	59
1997	44	45	36	48	40	34	36	29	31	29	41	48	48
1998	33	29	39	36	49	35	42	36	79	69	58	40	79
1999	40	50	50	45	65	29	42	33	31	54	30	48	65
2000	32	34	37	32	34	31	32	25	27	57	50	55	57
2001	54	46	44	55	37	45	29	27	58	29	41	39	58
2002	38	44	36	52	49	34	32	44	48	51	47	66	66
2003	42	36	44	33	29	28	27	26	30	37	37	33	44
2004	38	41	69	60	38	42	52	31	31	55	42	47	69
2005	33	38	61	59	61	33	46	76	46	46	65	54	76
2006	38	37	48	56	54	38	28	40	30	27	40	27	56
2007	47	48	50	29	28	32	28	23	34	54	39	40	54
2008	35	24	45	36	30	45	27	26	24	26	34	46	46
2009	49	50	46	43	31	25	28	25	23	29	33	41	50
2010	38	56	48	46	57	44	26	24	55	33	44	57	57
2011	27	26	35	38	26	23	25	21	21	28	20	30	38
2012	25	39	33	32	26	39	22	20	39	43	56	51	56
2013	51	47	71	59	33	28	27	28	39	33	75	31	75
2014	33	62	35	49	52	29	34	54	80	69	45	48	80
2015	42	62	50	33	89	35	29	43	31	75	31	30	89
2016	42	56	51	30	53	60	36	36	29	37	56	28	60
2017	27	51	37	29	31	25	26	25	63	46	58	48	63



**Slika 4.1. Vrijednosti maksimuma u svibnju (1980. – 2017.)**



**Slika 4.2. Vrijednosti vodostaja u svibnju 2015.**

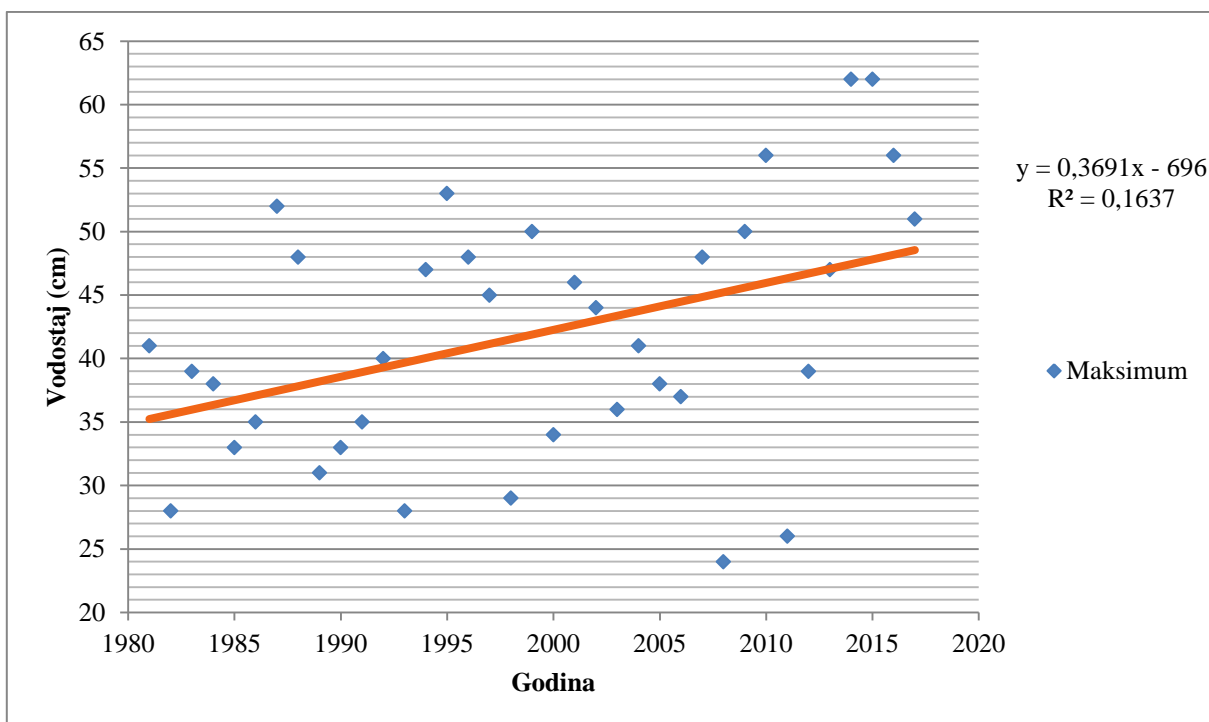


Slika 4.3. Trend maksimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1980. – 2017.)

Tablica 4.2. Linearna regresija (t-test) za vrijednosti maksimuma vodostaja

Mjesec	Broj podataka (n)	p - vrijednost	Značajnost	Trend
1	37	1.33E-01	statistički neznačajno	-
2	37	1.30E-02	statistički značajno	+
3	37	1.58E-01	statistički neznačajno	-
4	37	2.12E-01	statistički neznačajno	-
5	37	8.68E-01	statistički neznačajno	+
6	37	1.84E-02	statistički značajno	-
7	37	1.05E-01	statistički neznačajno	-
8	37	4.10E-01	statistički neznačajno	-

9	38	6.22E-01	statistički neznačajno	-
10	38	8.71E-01	statistički neznačajno	-
11	38	1.94E-01	statistički neznačajno	+
12	38	7.56E-02	statistički neznačajno	-
Godišnja	38	4.94E-01	statistički neznačajno	+



Slika 4.4. Trend mjeseca veljače (1981.-2017.)

#### 4.1.2. Minimalne vrijednosti vodostaja

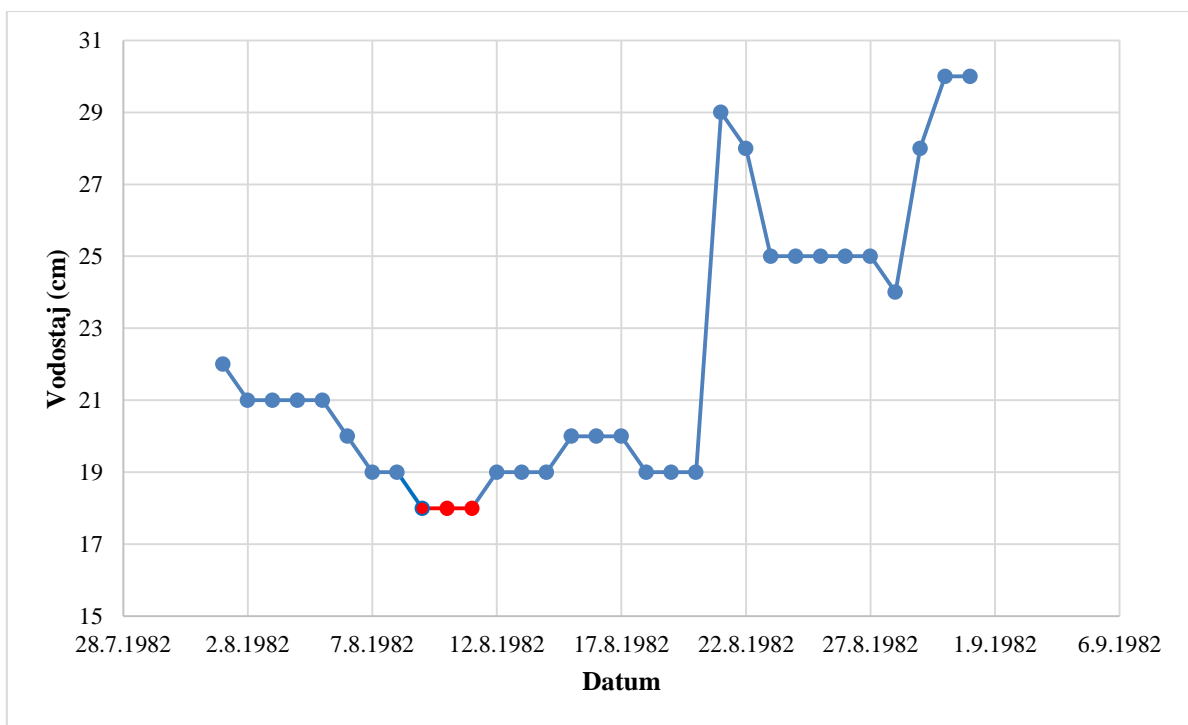
U tablici 4.3. prikazane su minimalne vrijednosti vodostaja od 1980. godine do danas. Rezultati su prikazani na mjesečnoj i godišnjoj razini. Crvenom bojom označen je najmanji zabilježeni minimum koji je grafički prikazan na slikama 4.5. i 4.6. Slika 4.5. pokazuje da je kroz kolovoz 1982. godine najveći minimum bio zabilježen tri uzastopna dana. Grafički je prikazan trend na godišnjoj razini na slici 4.7. Tablica 4.4. pokazuje rezultate t-testa odnosno p

– vrijednost, statističku značajnost te prirodu trenda. Vidljiv je izraziti silazni statistički značajan trend na godišnjoj razini.

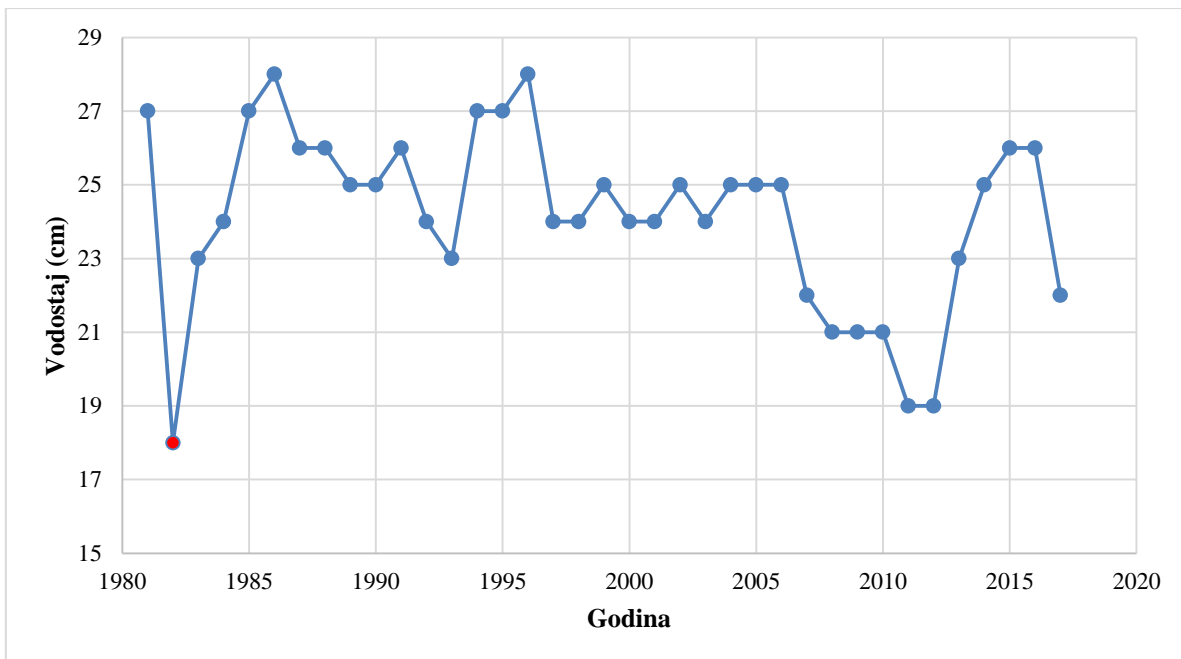
**Tablica 4.3. Minimalne vrijednosti vodostaja (cm)**

Godina	Mjesec												Godišnji minimum
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	28	29	30	33	28
1981		30	30	29	30	31	28	27	26	27	27	30	26
1982	25	25	27	31	25	23	20	18	25	26	23	28	18
1983	31	30	29	30	27	27	26	23	25	25	25	24	23
1984	28	29	32	30	29	25	25	24	26	26	26	25	24
1985	29	27	29	31	28	29	27	27	24	25	26	30	24
1986	29	29	30	30	28	31	29	28	28	27	27	28	27
1987	27	28	30	31	32	29	27	26	26	26	29	30	26
1988	29	31	32	30	30	30	27	26	28	28	27	28	26
1989	27	26	29	29	30	27	29	25	28	27	27	28	25
1990	27	28	28	28	27	26	25	25	25	27	28	31	25
1991	29	28	28	32	33	27	25	26	27	26	27	26	25
1992	25	28	26	28	27	27	26	24	25	25	27	28	24
1993	26	26	26	31	27	26	25	23	25	27	28	32	23
1994	33	31	29	30	26	27	27	27	27	26	28	27	26
1995	26	32	32	31	29	29	28	27	28	27	28	29	26
1996	32	30	31	28	27	28	27	28	29	31	30	31	27
1997	30	33	28	28	27	27	24	24	23	26	26	30	23
1998	28	27	27	28	27	24	25	24	24	25	31	29	24
1999	28	27	28	27	26	25	27	25	25	25	25	29	25
2000	25	28	25	25	27	25	24	24	24	25	28	26	24
2001	29	30	30	32	30	28	26	24	26	27	26	28	24
2002	28	28	27	27	29	27	25	25	26	27	29	29	25
2003	30	29	30	28	26	25	24	24	24	24	25	24	24
2004	26	26	28	32	28	27	26	25	25	26	27	26	25

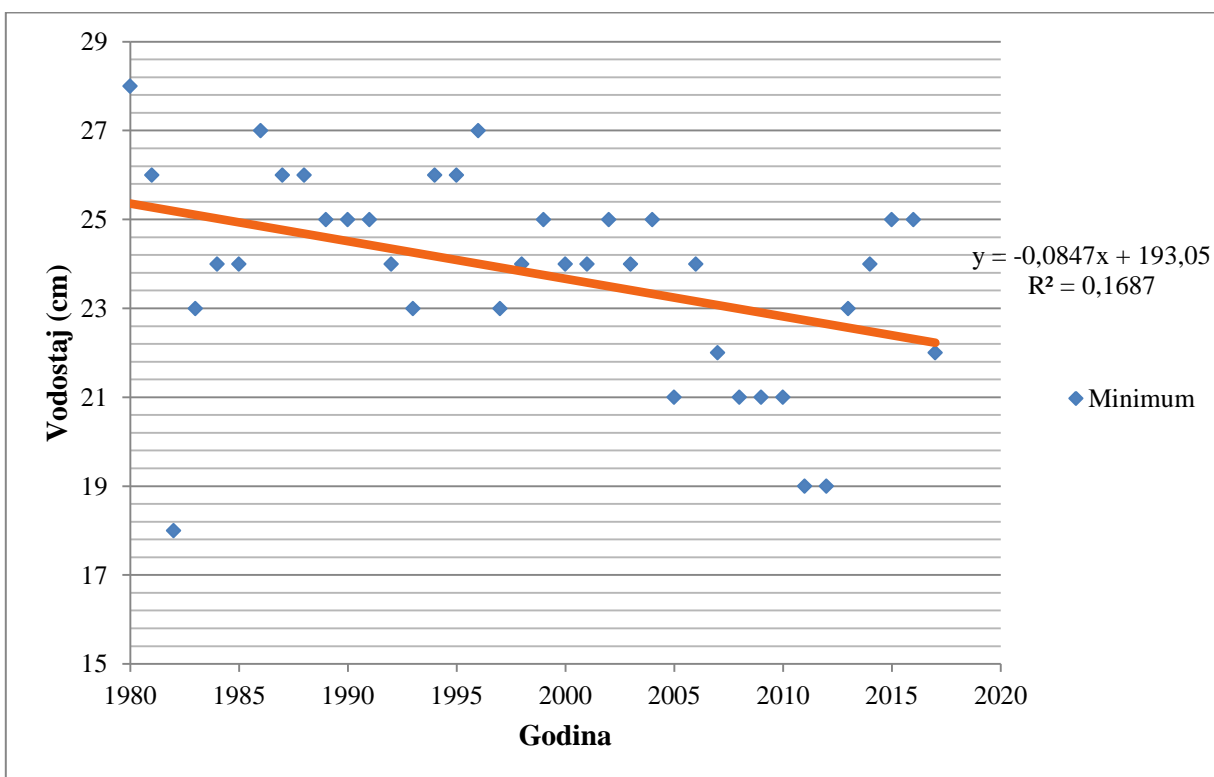
2005	25	25	27	37	31	28	28	25	21	23	22	24	21
2006	25	25	26	26	27	27	25	25	25	25	25	24	24
2007	23	24	25	23	23	22	22	22	22	23	24	24	22
2008	23	22	22	27	25	24	22	21	21	21	21	24	21
2009	22	25	24	25	23	22	21	21	21	22	21	22	21
2010	23	22	25	24	23	24	21	21	21	24	24	27	21
2011	23	22	22	23	22	21	20	19	20	20	19	19	19
2012	19	19	21	21	21	22	19	19	19	20	23	27	19
2013	24	27	33	30	27	25	23	23	23	25	25	25	23
2014	26	30	28	27	27	25	24	25	26	25	30	29	24
2015	29	31	31	27	25	27	25	26	26	26	26	25	25
2016	25	25	29	27	29	27	26	26	25	26	27	25	25
2017	25	26	26	25	25	23	23	22	23	24	24	30	22



Slika 4.5. Vrijednosti vodostaja u kolovozu 1982.



Slika 4.6. Vrijednosti minimuma vodostaja u kolovozu (1980. - 2017.)



Slika 4.7. Trend minimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1980. - 2017.)



**Tablica 4.4. Linearna regresija (t-test) za vrijednosti minimuma vodostaja**

Mjesec	Broj podataka (n)	p - vrijednost	Značajnost	Trend
1	37	4.24E-04	statistički značajno	-
2	37	8.30E-03	statistički značajno	-
3	37	1.52E-02	statistički značajno	-
4	37	1.09E-03	statistički značajno	-
5	37	1.75E-03	statistički značajno	-
6	37	6.00E-04	statistički značajno	-
7	37	1.60E-03	statistički značajno	-
8	37	4.20E-02	statistički značajno	-
9	38	1.69E-04	statistički značajno	-
10	38	3.44E-04	statistički značajno	-
11	38	1.79E-02	statistički značajno	-
12	38	3.40E-03	statistički značajno	-
Godišnja	38	1.04E-02	statistički značajno	-

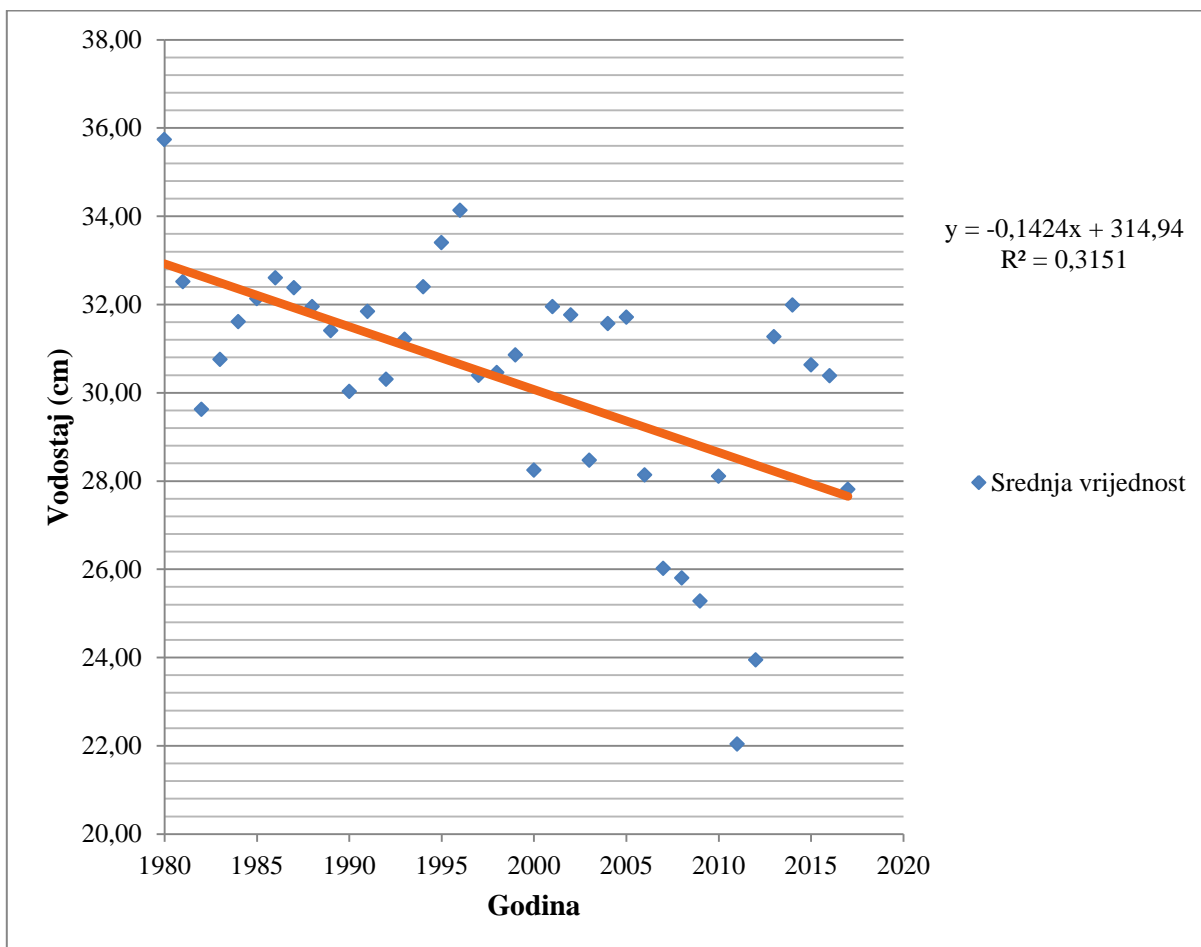
#### 4.1.3. Srednje vrijednosti vodostaja

U tablici 4.5. prikazane su srednje vrijednosti vodostaja od 1980. godine do danas. Rezultati su prikazani na mjesečnoj i godišnjoj razini. Grafički je prikazan trend na godišnjoj razini na slici 4.8. Tablica 4.6. pokazuje rezultate t-testa odnosno p – vrijednost, statističku značajnost te prirodu trenda. Vidljiv je statistički značajan silazni trend na godišnjoj razini.

**Tablica 4.5. Srednje vrijednosti vodostaja (cm)**

Godina	Mjesec											Godišnja
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	31.00	36.55	36.83	35.74
1981	33.35	33.39	40.94	30.77	34.13	37.10	29.10	27.52	29.30	31.03	28.43	32.52
1982	30.39	27.04	33.74	36.37	29.84	26.23	23.23	22.13	28.90	32.35	27.47	29.62
1983	34.77	31.57	38.29	34.80	28.97	30.87	28.74	27.35	28.40	29.68	26.53	30.76

1984	32.65	32.72	40.48	38.43	32.90	26.90	26.87	25.81	31.70	30.68	30.83	31.61
1985	33.00	29.86	39.77	35.97	35.68	34.90	29.87	28.71	26.93	26.68	28.87	32.13
1986	31.81	31.61	39.65	36.90	30.58	38.43	30.39	30.13	29.80	31.61	30.33	32.61
1987	29.29	38.36	35.58	34.93	36.32	30.77	28.97	27.74	27.67	28.90	36.70	32.38
1988	31.32	34.52	38.58	33.57	31.32	34.87	28.74	27.71	31.27	32.13	28.40	31.95
1989	27.77	26.96	33.03	30.93	39.16	30.10	35.26	30.90	32.20	30.97	28.27	31.41
1990	28.35	28.93	31.61	33.07	27.94	30.13	26.68	25.52	27.03	30.58	35.43	30.03
1991	33.68	30.79	31.45	38.40	40.55	30.40	27.32	27.65	27.70	28.19	37.93	31.85
1992	26.77	33.34	31.65	32.40	29.58	30.60	28.29	26.13	26.63	31.39	34.40	30.31
1993	32.52	27.71	28.61	35.87	29.23	27.93	26.35	25.16	29.73	35.00	33.73	31.22
1994	38.23	35.39	32.23	38.77	29.97	32.83	30.81	31.06	28.37	30.39	30.73	32.40
1995	36.35	36.36	37.77	33.27	33.71	33.13	30.84	30.23	34.00	28.39	30.80	33.40
1996	37.35	33.72	35.32	36.97	31.32	30.20	30.58	31.77	34.13	34.61	34.47	34.14
1997	33.55	37.71	31.39	32.83	30.81	29.27	26.77	24.55	25.33	27.52	29.17	30.39
1998	29.81	27.46	29.58	30.43	30.42	26.73	28.10	25.94	34.07	33.81	36.40	30.46
1999	32.65	33.71	34.13	33.33	32.87	26.07	30.13	27.06	26.67	28.58	27.03	30.85
2000	26.90	29.72	28.77	27.63	28.45	26.27	26.00	24.16	24.63	31.26	33.13	28.25
2001	36.29	34.32	36.94	38.93	31.61	31.17	27.19	25.61	33.40	27.74	30.83	31.96
2002	30.84	33.11	29.03	37.60	33.26	29.93	27.10	29.77	29.00	32.71	32.03	31.77
2003	34.00	31.11	34.94	29.77	27.00	26.20	25.48	24.58	26.10	27.42	28.50	28.47
2004	29.32	31.52	41.87	42.03	31.84	28.37	29.39	26.39	25.73	31.26	31.80	31.57
2005	27.77	28.11	38.42	41.47	38.77	29.50	31.16	36.97	24.47	26.71	26.53	31.72
2006	27.03	28.11	31.65	33.90	31.52	29.60	25.90	27.13	26.27	25.23	26.30	28.14
2007	27.00	27.11	30.45	25.13	23.81	24.93	22.97	22.10	24.10	28.77	27.83	26.02
2008	26.71	22.90	29.61	29.50	25.81	30.40	24.23	22.52	21.70	22.58	23.70	25.80
2009	27.03	31.64	28.61	29.53	25.13	23.10	22.55	21.52	21.70	22.90	23.90	25.28
2010	26.32	31.39	32.13	29.40	29.32	28.20	22.58	21.61	27.17	27.10	29.27	28.11
2011	24.87	23.25	24.16	25.47	22.71	21.57	20.74	20.10	20.07	21.06	19.83	22.04
2012	20.16	21.79	23.32	24.10	22.58	25.77	20.61	19.10	22.17	24.81	29.73	23.95
2013	29.16	31.86	50.52	44.43	28.61	25.97	24.13	23.84	25.87	26.19	38.67	31.27
2014	28.55	42.29	30.13	34.43	33.71	26.47	25.74	29.39	35.60	32.06	32.97	31.99
2015	34.16	36.93	36.00	29.17	31.35	28.43	26.77	27.65	26.73	37.00	27.37	30.64
2016	28.42	36.62	36.48	27.70	34.29	31.03	27.77	27.55	26.37	28.06	34.57	30.39
2017	25.19	32.39	29.45	25.73	26.00	23.73	23.23	23.23	29.87	26.97	33.33	27.81



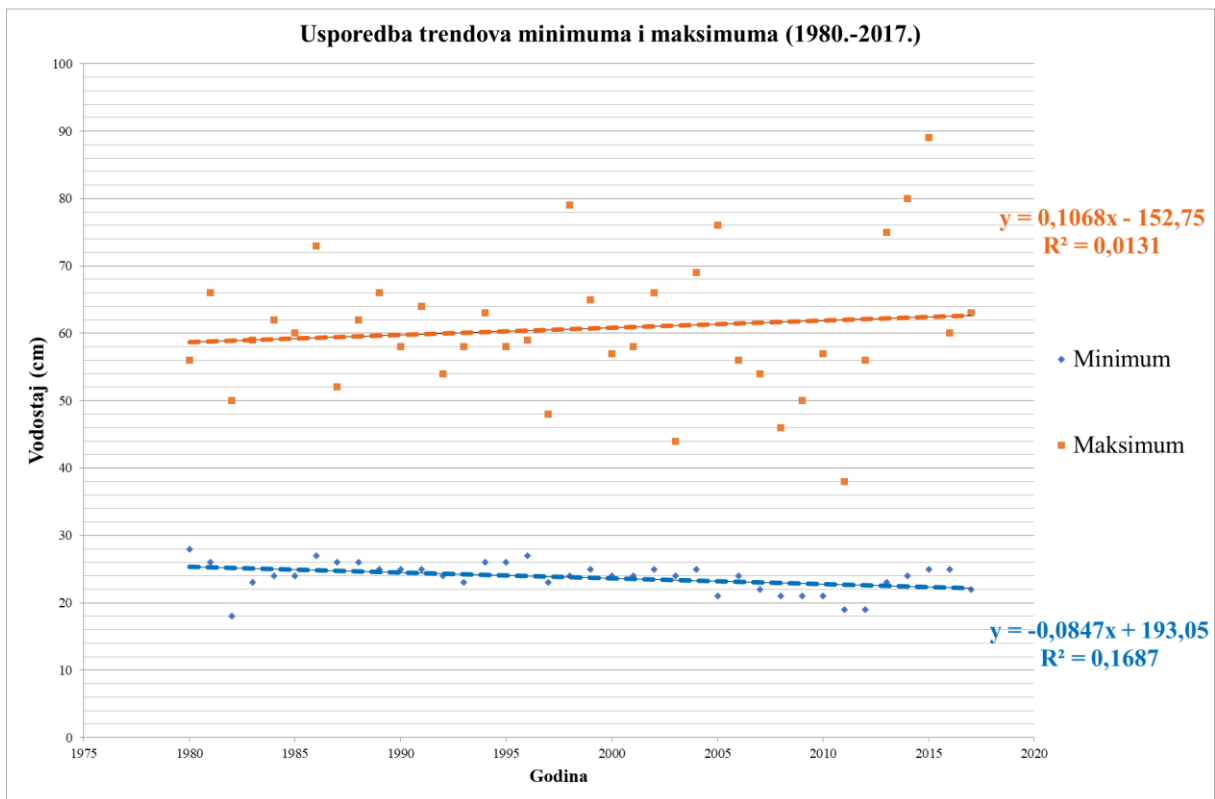
**Slika 4.8. Trend srednje vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1980. - 2017.)**

**Tablica 4.6. Linearna regresija (t-test) za srednje vrijednosti vodostaja**

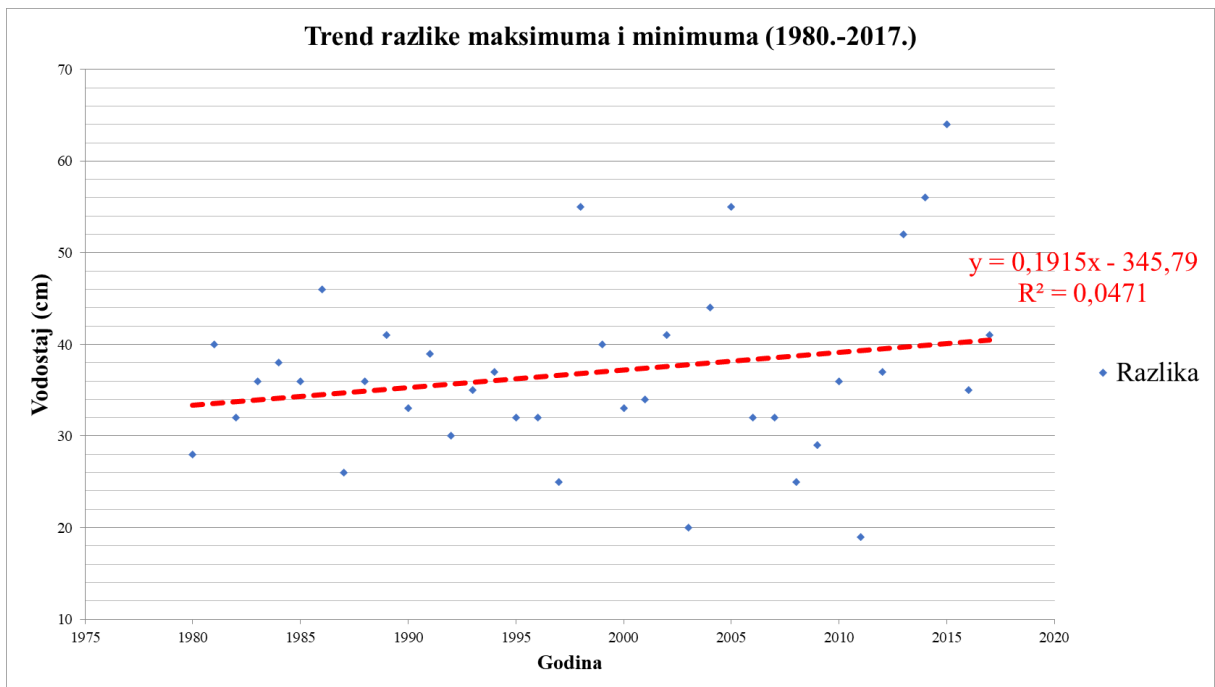
Mjesec	Broj podataka (n)	p - vrijednost	Značajnost	Trend
1	37	2.68E-03	statistički značajno	-
2	37	8.40E-01	statistički neznačajno	-
3	37	8.18E-02	statistički neznačajno	-
4	37	2.99E-02	statistički značajno	-
5	37	1.72E-02	statistički značajno	-
6	37	1.55E-04	statistički značajno	-
7	37	6.93E-04	statistički značajno	-
8	37	6.25E-02	statistički neznačajno	-
9	38	1.90E-02	statistički značajno	-
10	38	8.14E-03	statistički značajno	-
11	38	3.53E-01	statistički neznačajno	-
12	38	7.90E-03	statistički značajno	-
Godišnja	38	2.46E-04	statistički značajno	-

## 4.2. Usporedba maksimuma i minimuma na godišnjoj razini

Na slici 4.9. prikazana je usporedba trendova minimalnih i maksimalnih vrijednosti vodostaja. Jasno je vidljivo da su trendovi različitog kretanja odnosno trend minimuma je silazan dok je trend maksimuma uzlazan. Trend minimuma određen je kao statistički značajan dok je trend maksimuma određen kao statistički neznačajan. Na slici 4.10. prikazan je trend razlike minimuma i maksimuma vodostaja. Trend je uzlazan, no analizom je određen kao statistički neznačajan što je jasno vidljivo iz velikog rasipanja podataka oko pravca.



**Slika 4.9. Usporedba trendova maksimuma i minimuma (1980. - 2017.)**



**Slika 4.10. Trend razlike maksimuma i minimuma (1980. - 2017.)**

## 5. Zaključak

Na temelju prikazanih rezultata, specifično usporedbe maksimalnih i minimalnih vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini, može se zaključiti da se vrijednosti maksimuma s godinama povećavaju dok se vrijednosti minimuma smanjuju. S obzirom na to, dolazi do rasta razlike između maksimalnih i minimalnih vrijednosti vodostaja. Ključna razlika između ta dva kretanja je upravo statistička značajnost, vidljivo povećanje maksimuma statistički je neznajno dok je smanjenje minimuma određeno kao statistički značajno. Upravo taj podatak upućuje na potencijalnu pojavu više sušnih razdoblja u budućnosti, dok se češće plavljenje može očekivati u veljači kod koje je utvrđen statistički značajan uzlazni trend. Linearna funkcija mnogo preciznije aproksimira vrijednosti minimuma od vrijednosti maksimuma s obzirom da vrijednosti minimuma imaju manju raspršenost od vrijednosti maksimuma. S obzirom na rezultate može se zaključiti da je regresijski model za vrijednosti minimuma vodostaja bolji od regresijskog modela za vrijednosti maksimuma vodostaja, odnosno procjena trenda za minimume je bolja od procjene trenda za maksimume.

## 6. Literatura

BUZJAK, N. (2002): Speleološke pojave u parku prirode "Žumberak - Samoborsko gorje".

Geoadria, Vol 7/1 (2002), str. 31-49.

MAJIĆ, G. (2020.): Hidrogeokemijske značajke izvora Rakovac i rijeke Bregane. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu. Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

ŠIKIĆ, K., BASCH O., ŠIMUNIĆ, A. (1979): Tumač osnovne geološke karte 1:100.000 list Zagreb L 33–80. Institut za geološka istraživanja Zagreb , Savezni geološki zavod, Beograd.

ŠIKIĆ, K., BASCH, O. i ŠIMUNIĆ, A. (1972): Osnovna geološka karta, M 1:100 000, List Zagreb. Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

TREMLJAN, A. (2019.): Identifikacija utjecaja oborina na istjecanje izvora Rakovac primjenom metoda korelacije, kroskorelacije i regresije. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu. Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

VUJNOVIĆ, T. (2010): Hidrogeološke značajke parka prirode Žumberak - Samoborsko gorje. Doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu. Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

### WEB izvori:

1. STATISTICS HOW TO, Regresijska analiza.

URL:

<https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/regression-analysis/find-a-linear-regression-equation/> (08.09.2020)

2. STATISTICS SOLUTIONS, Linearna regresija.

URL:

<https://www.statisticssolutions.com/what-is-linear-regression/> (28.8.2020)

3. STATISTICS HOW TO, t-test.

URL:

<https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/t-test/> (26.8.2020)

4. FRISCO PROJECT EU, Rijeka Bregana.

URL:

<https://frisco-project.eu/hr/slivna-podrucja-rijeka/bregana/> (20.08.2020)

5. METEO.HR, Postaja Koretići.

URL:

[https://meteo.hr/infrastruktura.php?section=mreze\\_postaja&param=hm&el=povrsinske\\_hm](https://meteo.hr/infrastruktura.php?section=mreze_postaja&param=hm&el=povrsinske_hm)  
(10.09.2020)





KLASA: 602-04/20-01/188  
URBROJ: 251-70-13-20-2  
U Zagrebu, 17.09.2020.

**Dominik Rukavina, student**

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/20-01/188, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 30.06.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

### ODREĐIVANJE TRENDOVA VODOSTAJA NA HIDROLOŠKOJ POSTAJI „KORETIĆI“

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)