

# Najveća istarska ponornica - Pazinčica

---

Štefanini, Edita

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:469732>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-16**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI**

**Edita Štefanini**

**Najveća istarska ponornica - Pazinčica**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI**

**Specijalistički diplomski stručni studij  
Prirodne osnove vodnih pojava u priobalju**

**Edita Štefanini  
0114024965**

**Najveća istarska ponornica - Pazinčica**

**Diplomski rad**

**Rijeka, rujan 2019.**

## **ZADATAK IZ REFERADE**

## **IZJAVA**

Diplomski rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

---

Edita Štefanini

U Rijeci, 16. rujna 2019.

## ZAHVALA

Ponajprije se zahvaljujem profesoru i mentoru dr. sc. Josipu Rubiniću na korisnim uputama i uloženom vremenu, te prenesenom znanju kao i dobivenim odgovorima u ranim jutarnjim satima i u svako doba dana.

Također, zahvaljujem se svim svojim kolegama i kolegicama te svojim dragim prijateljima koji su bili uz mene tijekom mogega studiranja, a posebna zahvala ide Matiji koji je svojom velikom pomoći ovaj rad učinio lakšim i zabavnijim.

Želim se zahvaliti i tetama iz referade.

Na kraju, najveću i najvažniju zahvalu zaslužuju moji roditelji koji su mi omogućili da dođem do ovog trenutka u svom životu.

## **SAŽETAK**

U ovom radu provedene su analize hidroloških značajki voda Pazinčice. Radi se o vodotoku izraženog bujičnog karaktera koji ima češće pojave poplava zbog ograničenog kapaciteta njezine ponorske zone – Pazinske jame. Obrađeni su podaci o vodostajima, protocima te koncentracijama i pronosu suspendiranog nanosa. U radu je dan povijesni prikaz izraženijih poplava, značajke ponora i veze koje on ima s izvorima u Istri, kao i ostale njezine značajke i znamenitosti. Uz to, dan je i prikaz značajnijih ekoloških nepogoda koji služe kao primjer ranjivosti ekosustava te rječice.

Ključne riječi:

rijeka ponornica, poplave, jama, krš, fliš, vodostaj, protok

## **ABSTRACT**

The paper analyses the hydrologic characteristics of the Pazinčica stream water. It is a stream with a marked torrential character and frequent floods due to the limited capacity of its ponor zone – Pazin Cave. Data about water levels, discharges, and concentrations and transport of suspended sediment is analysed. The paper presents historically significant floods, the characteristics of the ponor and its links with other springs in Istria, as well as its other features. In addition, the paper also presents some environmental accidents as an example of the vulnerability of the stream's ecosystem

Keywords:

Sinking stream, floods, cave, karst, flysch, water level, discharges

## Sadržaj:

1. UVOD.....	1
2. TOK PAZINČICE.....	4
2.1. Općenito o slivu i toku Pazinčice .....	4
2.2. Povijest poplava.....	10
3. HIDROLOŠKA ANALIZA.....	15
3.1. Vodostaji .....	16
3.2. Protoci.....	21
3.3. Koncentracije suspendiranog nanosa.....	25
3.4. Pronos suspendiranog nanosa.....	30
3.4. Obrade vjerojatnosti pojave karakterističnih veličina .....	35
3.4.1. Vodostaj .....	36
3.5.2. Protoci .....	38
3.5.3. Koncentracije suspendiranog nanosa .....	40
5.3.4. Pronos suspendiranog nanosa.....	42
4. ISTRAŽIVANJA PAZINSKE JAME I NJENIH PODZEMNIH VEZA.....	44
4.1. Općenito o istraživanjima voda u kršu.....	44
4.2. Podzemni dio toka Pazinčice i uz to vezani ekološki problemi.....	46
4.3. Podzemni dio toka Pazinčice .....	58
5. ZAKLJUČAK.....	61
6. LITERATURA .....	62
POPIS SLIKA :.....	64
POPIS TABLICA .....	67



## 1. UVOD

Pazičica, kao najveći vodotok središnje Istre, izgrađena je od fliša (osim u zoni poniranja u Pazinsku jamu), 82,9 km<sup>2</sup> je ukupna površina sliva.<sup>1</sup> Mjesto na kojem ponire Pazinčica je Pazinska jama, koji kao zanimljiva lokacija privlači veliku pažnju mnogih. Najslavniju osobu koju treba izdvojiti je Julesa Vernea koji je Pazinsku jamu odabrao kao mjesto početka svojeg avanturističkog proznog djela "Mathias Sandorf". U vrijeme djela kojeg je objavio Jules Verne, započela su brojna istraživanja Pazinčice kao jedinstvenog kršnog, prirodnog fenomena, počevši od rada Édouard-Alfred *Martel* – francuskog speleologa kojeg u svijetu smatraju ocem moderne speleologije. Jules Verne u suradnji sa Wilhelmom Putickom (stručnjakom za podzemne vode iz Ljubljane) izradio je prvu topografsku skicu ponora. A nakon toga je Pazičica bila istraživana od raznih talijskih istraživača – speleologa, te je njezino istraživanje nakon drugog svjetskog rata, točnije 1968. godine dovelo do toga da je izrađen detaljni nacrt, objavljen u radu Maleza (1968).<sup>2</sup>

Pazinčica je danas Istarska ponornica, a jednom je bila nadzemna rijeka koja je tekla na površini zemlje, pored Berama i Dvigrada, slivajući se u Jadransko more čineći pritom Limsku dragu.<sup>3</sup> U nekoliko elaborata krajem prošlog stoljeća odrađeno je trasiranje njenog sadašnjeg toka podzemnih voda. Nakon katastrofalno velikih voda 1993. godine ponovno su počela cjelovitija istraživanja samog ponora Pazinčice. U procesu je uređenje djela njezinog korita, pa je realizirano rješenje tretmana otpadnih voda Pazina, te također je provedena i novelacija studije navodnjavanja iz 1979. godine.<sup>2</sup> Zbog svog toka i flišnog sliva, Pazinčica se ponaša kao bujica, te prilikom obilnih padalina korito nabuja i donosi niz problema Pazinu uz veliku količinu blata, ali i mnogo poplavljenih površina dolinskog toka. Ponekad i na odlagalištu Lakota koji zagađuje samu Pazinčicu se javlja i poplava. Zagađenje predstavlja ekološki problem koji zahtijeva efikasno i brzo rješenje pritoka Drazej koji prolazi pored tog odlagališta.<sup>4</sup> Stanje Pazinčice, ekološki problem su

---

<sup>1</sup> Rubinić, J., Kukuljan, I., Pazinčica – Najveća istarska ponornica, *Hrvatska vodoprivreda*. 1 (1994); 20 – 24.

<sup>2</sup> Rudan, M., *Analiza tehničkih rješenja zaštite od poplava u slivu Pazinčice*, Sveučilište u Rijeci – Građevinski fakultet Rijeka, 2016, str. 53.

<sup>3</sup> Leksikografski zavod Miroslav Krleža, *Limski zaljev*, <http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=1550>, pristup 14. 7. 2019.

<sup>4</sup> Jutarnji, *Pazin*, <https://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/foto-prava-ekoloska-havarija-zadesila-je-pazin-ovog-vikenda-uslijed-ogromne-kise-koja-je-naplavila-odlagaliste-gradevinskogotpada-lakota/8355326/>, pristup 14. 7.

primjeri kako prirodna znamenitost može biti ugrožena od svijet zbog užurbane urbanizacije i velikih klimatskih promjena.

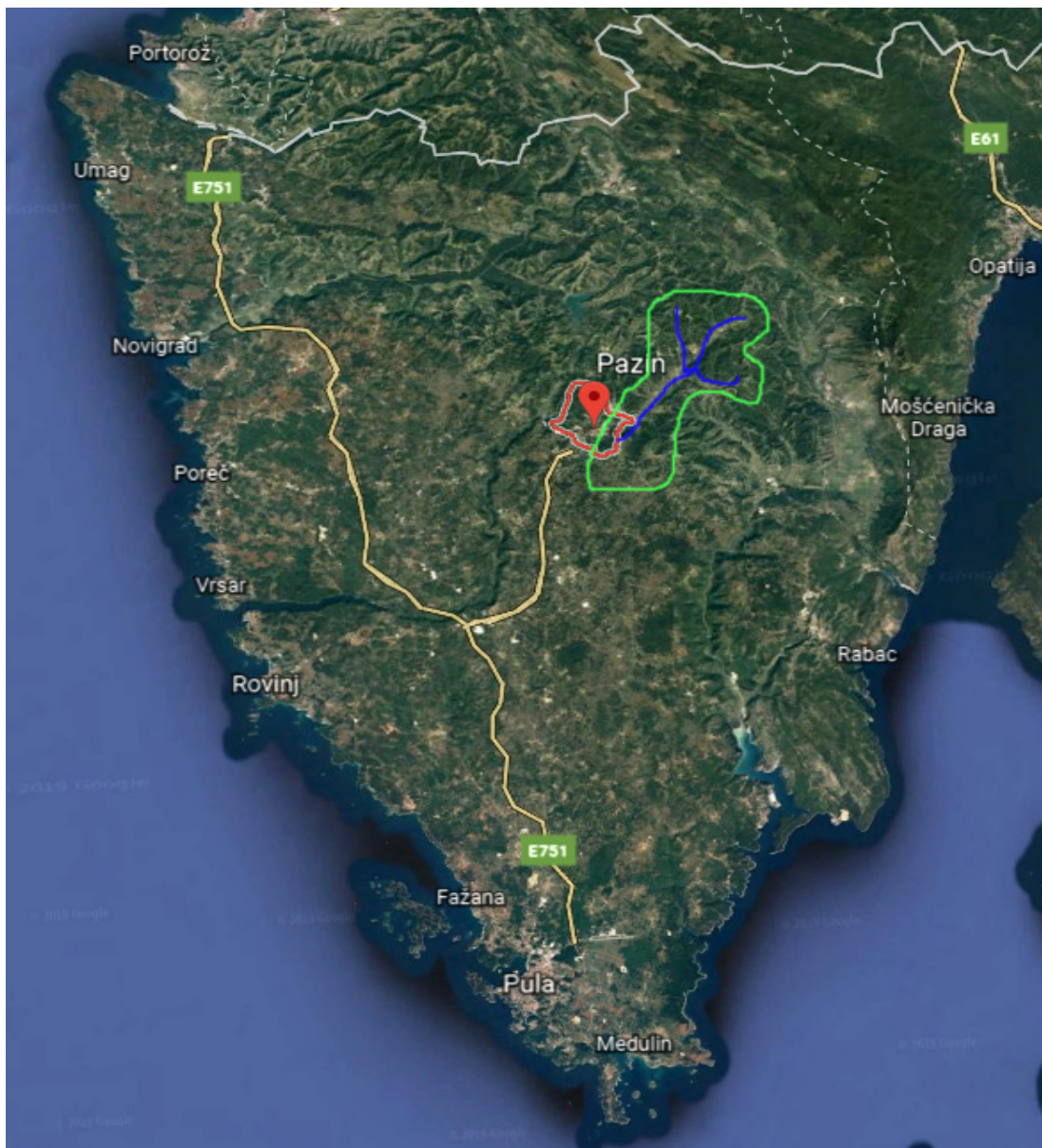
Ovisno o kršu saznanja o vodenim tokovima se mijenjaju pa nije rijetkost da se pojave nova istraživanja s podacima koji do sada nisu bili poznati. Razvijenost jamskog sustava i sama dubina podzemlju utječe na dodatne značajke pojavnosti voda. Prirodni karakter Pazinčice kao ponornica su tek dokazala nedavna istraživanja, otkrivajući misterij koji je sa sobom nosila godinama i surađujući s čovjekom na način da ga ispuni ljepotom te da se uz nju hrani, što natapajući polja, ali i kao snaga koja pokreće mlinove brzacima koji su do industrijskog doba krasili njezin tok. Iako Pazinčicu nazivaju potokom, ona je zanimljiva rječica koja nas uči snazi metamorfoze u prirodi.<sup>5</sup>

Ovaj rad se bavi i praćenjem hidroloških prilika na Pazinčici kroz duži niz godina kako bi ukazala na probleme koje ta rijeka nosi, te na njezin bujični karakter. Tako su korišteni podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda. Uz to, u radu se osvrće na geološke karakteristike krša i važnost trasiranja ponornice radi utvrđivanja njezinog toka kroz podzemni krš. U radu je obrađena povijest poplava, ali i sušnih stanja. Uz to, analizirana je i ranjivosti njenog ekosustava, koji je potenciran sustavnim zanemarivanjem odvodnje i tretmana otpadnih voda grada Pazina i odlagalištem otpada u neposrednoj blizini Pazinčice. Pri tome su korištene informacije udruge „Naš potok“ – udrug građana koji zbog ljubavi prema njihovom potoku, koji je ujedno i najveća ponornica u Istri, prate njezino stanje i probleme vezane uz nju. U nastavku je dan prikaz orto-foto karte područja Istre, s označenim slivom i tokom Pazinčice.

---

2019.

<sup>5</sup> 360cities, *Pazinska jama*, <https://www.360cities.net/image/abyss-of-pazinska-jama-istria>, pristup 14. 7. 2019.



Slika 1: Orto – foto podloga Istre sa označenim slivom i tokom Pazinčicom i njezinim glavnim pritocima<sup>6</sup>

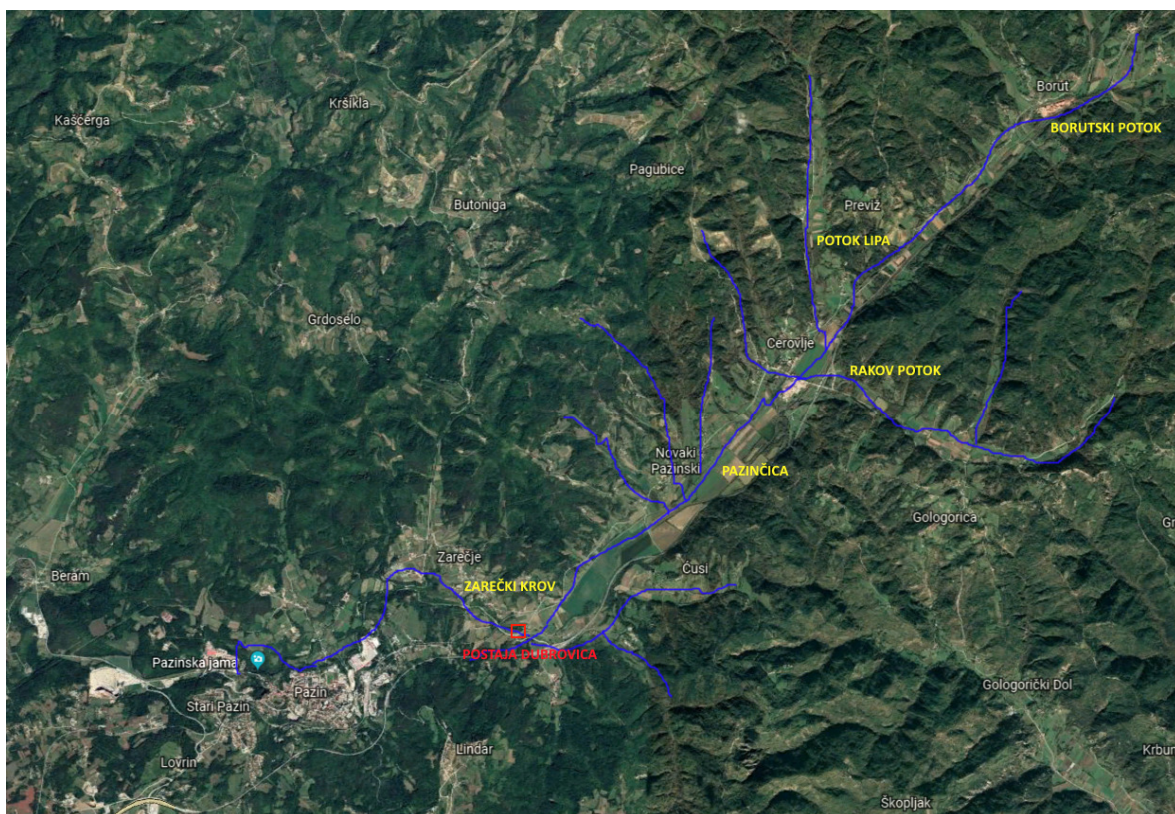
<sup>6</sup>Orto-foto

<https://earth.google.com/web/@45.16955067,13.83341863,290.49445609a,176728.26801427d,35y,3.50344013h,0t,0r/data=ChMaEQoJL20vMDJuMTgxGAIgASgC>, 23.08.2019.

## 2. TOK PAZINČICE

### 2.1. Općenito o slivu i toku Pazinčice

Pazinčica svoj početak ima u zaleđu kod mjesta Borut, a i njezin se početni dio toka naziva Borutskim potokom. (v. Slika 2, Slika 3). U svom nadzemnom dijelu, u flišu ima svoje bočne pritoke (Brestovica, Toplica, Lipa, Rakov potok i Frnežar), te povremene bujice. Povremeni, prirodni brdski vodotoci su bujice velikog pada s nestabilnim koritom i jakim prenošenjem i odlaganjem velikih količina nanosa. Bujice nastaju na ogoljelim brdskim pristrancima koji su većinom izloženi jakoj eroziji.<sup>7</sup>



Slika 2: Karta vodotoka Pazinčice s njezinim pritocima i Pazinskom jamom<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Leksikografski zavod Miroslav Krleža, *Bujica*, <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=10054>, pristup 14. 7. 2019.

<sup>8</sup> <https://earth.google.com/web/@45.26897271,13.96403638,348.29543503a,17721.97369563d,35y,0h,0t,0r>, 24.08.2019.

Slivno područje Pazinčice raspoređeno se na 78 km<sup>2</sup>. Pazinčica se pruža u smjeru sjeverozapad-jugoistok, a njezini pritoci se pružaju uglavnom okomito na taj smjer. Veliki utjecaj na vodni režim Pazinčice je nadzemni režim vode, također i režim vode u pozdemplju i režim vode u tlu. Oborine čine važnu značajku klime, a one koje su puno većeg intenziteta nepovoljne su zbog izazivanja vodnih valova i njim izazvanih poplava, kao i zbijanja tla koji je povećan, erozija koja se pojavila, te stagniranja vode na ravnim površinama na tlu s malom infiltracijom. Flišna podloga je i karakteristična i tipična za nadzemni tok Pazinčice, gdje zbog njenog bujičnog karaktera, postoji velika opasnost od poplava koje su pokazale kao veliki problem. Taj je problem donekle riješen intervencijom na sam tok Pazinčice na pojedinim kritičnim mjestima.

Flišni sedimenti obiluju glinovitim česticama pa se uz tok Pazinčice i njenog izvorišnog ogranka Borutskog potoka nalaze i bare (Slika 3) koje su najviše nastale iskapanjem gline za nekadašnju ciglanu u Cerovlju, koja svoju proizvodnju datira iz 1904. godine. Samo nalazište je iscrpljeno za komercijalnu eksploataciju već 1975. godine (stoga se ciglana nedugo zatim okreće proizvodnji betonskih blokova).<sup>9</sup>



*Slika 3: Borutski potok s uređenom barom<sup>10</sup>*

---

<sup>9</sup> Istrapedia, *Istarska ciglana Cerovlje*, <https://www.istrapedia.hr/hrv/1144/istarska-ciglana-d-d-cerovlje/istra-a-z/>, pristup 14. 7. 2019.

<sup>10</sup> Autor slike: Josip Rubinić

Nekad je mjesto utoka Rakovog potoka u Pazinčicu bilo oko 220 metara nizvodno, no kad se izgradila dionica brze ceste *Istarski ipsilon* premješten je na trenutnu lokaciju. Na 4,5 kilometara uzvodno od ponora nalazi se željeznički most, na kojem je hidrološka postaja Dubravica – Pazinčica koja je postavljena na potporni zid mosta još davne 1954. Ta hidrološka postaja bilježi podatke o vodostajima, protocima te koncentraciji i pronosu suspendiranog nanosa, a zaduženje za njezino održavanje ima Državni hidrometeorološki zavod iz Zagreba.<sup>11</sup>

Najatraktivniji dio toka Pazinčice osim same Pazinske jame je Zarečki krov (v. Slika 4, Slika 5), udaljen 4000 metara uzvodno od ponora, a koji je svoje ime dobio po naselju Zarečje koji je nedaleko od Zarečkog krova i zbog svog krovolikog oblika vapnenačke stijene preko koje u vidu slapova prelijeva Pazinčica. Slap koji je tu formiran slijeva se s 10 metara visoke stijene koja se nadvila nad isto toliko duboko jezero te je ujedno najveće jezero na Pazinčici. Kako je Zarečki krov sačinjen od vapnenca, tu počinju poniranja voda iz korita Pazinčice te manji dio vode protječe kroz stijensku masu i nizvodnije se javlja u vidu nekoliko manjih izvora. Nakon toga započinje nizvodniji, kanjonski dio toka. Korito je do dubine 2,0 m i ono dotječe do mosta Dušani. Zbog nedovoljne propusnosti ponora, prilikom oblinih kiša u Pazinskoj se jami formira jezero koje se pri većim poplavama pruža sve do kanjonskog dijela.



*Slika 4: Zarečki krov - Vodopad i kupalište<sup>9</sup>*

---

<sup>11</sup> Rudan, M., 2016. *ibid.* str. 45.



Slika 5: Zarečki krov<sup>12</sup>

Do vrha slapa Pazinskog krova dođe nivo tog privremenog jezera relativno često, čak svakih nekoliko godina što uglavnom prolazi nezapaženo, ali u novija vremena to se sve učestalije prati od strane građana udruženih u udruhu *Naš potok*. Podizanje razina vode za pet do sedam metara iznad samog vrha slapa moguće je vidjeti iz Kaštela i pješačkog mosta Vršić te je u tom slučaju riječ o stanju značajnih poplava. Više o aktivističkom radu udruge *Naš potok* nalazi se na njihovoj Facebook stranici.<sup>13</sup>

Na poziciji Pazinskog krova koji je na duljini od 340 metara protežu se izdubljena kaskadna mala jezerca koja su od vapnenačke stijene i iz kojih se voda prelijeva iz jednog u drugo (v. Slika 6). Uzvodno od ponora Pazinčice oko 1100 metara nalazi se prirodni vodopad koji se zove Pazinski krov, visina vodopada je oko 3 metara. (v. Slika 7, Slika 8).

---

<sup>12</sup> Autor slike: Josip Rubinić

<sup>13</sup> Facebook, Građanska inicijativa *Naš potok*, <https://hr-hr.facebook.com/GradjanskaInicijativaNasPotok>, pristup 16. 7. 2019.

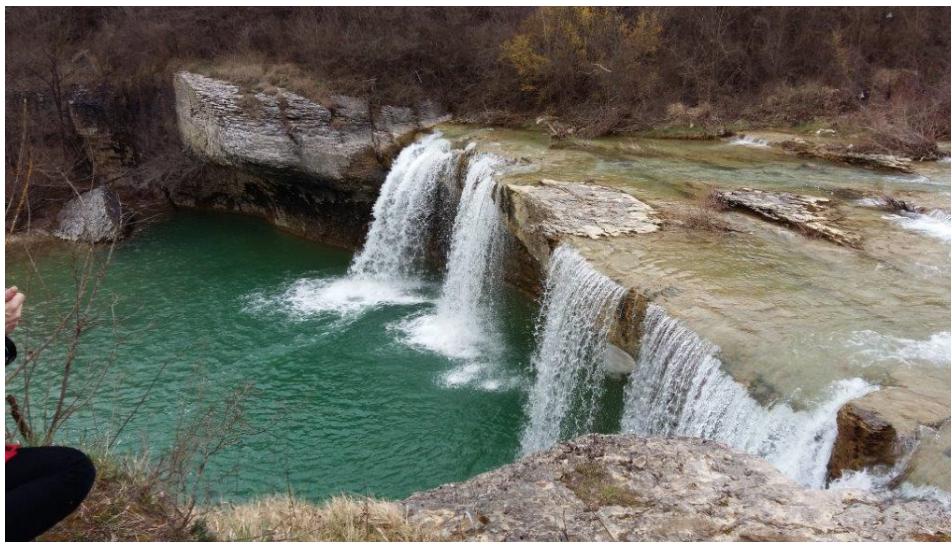


*Slika 6: Jezerca Pazinčice<sup>11</sup>*



*Slika 7: Pazinski krov<sup>11</sup>*





*Slika 8: Pazinski krov iz ptičje perspektive<sup>14</sup>*

Pazinski krov manji je od Zarečkog krova. Prilikom sušnog razdoblja, u većino slučajeva nema vode u jezercu pod vodopadom, te se tad ispod slapa mogu uočiti ostaci mlina. Mlin koji se nalazi ispod slapa bio je jednim djelom usječen u stijenu i naslonjen na nju.

Oko 250 metara od ponora u blizini kanjona Pazinske jame, nalazi se profil pješačkog mosta Vršić, mjesto se kojeg se pruža bogati pogled na cjelokupnu depresiju Pazinske jame. Tektonski i hidrološki utjecaji su pridonosili veliki udio u formiranju Pazinske jame, pa se zato naziva speleološkim objektom poligenetskog tipa. Gornjokredni uslojeni vapnenci su zahvaćeni velikim pukotinama u pravcu SZ – JI, a time je stvorena tektonska predispozicija za genezu jame i kanjona Pazinčice. U podzemlje kad se jedan takav nastali prolaz otvori a bujične vode Pazinčice ga oblikuju što širenjem, što produbljivanjem. Zatim nakon toga dolazimo do ulaza u sam ponor i najspektakularniju prirodno – speleološku lokaciju u Istri – špilju Pazinske jame (v. Slika 9).<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Autor slike: Josip Rubinić

<sup>15</sup> Rudan, M., 2016. *ibid.* str. 23.



*Slika 9: Ulaz u ponor Pazinčice<sup>11</sup>*

## **2.2. Povijest poplava**

Pazičica ima evidentiranu dugu povijest pojava značajnijih poplava. Prvo poplavljivanje zabilježeno je još 1774. godine, a ostavilo je smrtne posljedice za troje ljudi.<sup>16</sup> Sljedeća kobna poplava koja je uništila mlinove i sve žito u njima zabilježena je u studenom 1883. Iduća poplava bila je još detaljnije zabilježena, a na dan te poplave zabilježen je porast vode u cijelom sjevernom Jadranu, pa se dogodilo da su gondole plovile po Trgu svetog Marka u Veneciji ukazujući na to da to nije tek uobičajena "acqua alta". E. A. Martel je najveću do tad zabilježenu poplavu u Pazinu utvrdio i dokumentirao fotografijom. Razina vode je došla do 240 metara nadmorske visine u Pazinskoj jami, odnosno ispod Kaštela 30 metara. Iduća povijesna poplava zabilježena je u svibnju 1894., tada je prilikom tuče i nevremena koji su pogodili grad Pazin i okolice, zabilježen slojem tuče od 10 cm na tlu, a na pojedinim je mjestima visina tuče bila čak i do 45 cm. Razina vode u

---

<sup>16</sup> Rudan, M., 2016. *ibid.* str. 47.

Pazinčica je rasla po prilično velikom brzinom, te je dosegnuta najveća do tad dubina vode u Pazinskoj jami koj je iznosila 30 metara.<sup>17</sup>

Za sljedeću poplavu najviše je podataka evidentirano u listu *Piccolo* koji se javio tri dana nakon 26. 3. 1928. Prema članku iz tih novina koje izlaze u Trstu, četiri mlina su bila poplavljena, a u petome mlinu je voda doprela u skladište žita (radi se o mlinovima u nižem toku), a pod vodom je bio i most sv. Jožefa još jedna poplava takvog karaktera zbilila se u srpnju 1930. godine.

Budući da se iduća veća zabilježena poplava od dana 25. listopada 1964.g. dogodila nakon što je uspostavljena hidrološka stanica u Dubravici, dobiveni su detaljniji podaci za analizu. Najveća mjesečna količina oborine koja je pala zabilježena je 1964. godine a iznosila je 463 mm. Tada je razina vode u Pazinskoj jami dosegla svoj maksimum oko 234 n.m., a duljina jezera koji je nastao prilikom te količine vode bila je 3 kilometara do Zarečkog krova. Ta dosegnuta razina vode u Pazinskoj jami je ujedno i najveća visina (nakon poplave iz 1886. godine), a volumen tog jezera iznosio je približno 12 mil, m<sup>3</sup>.

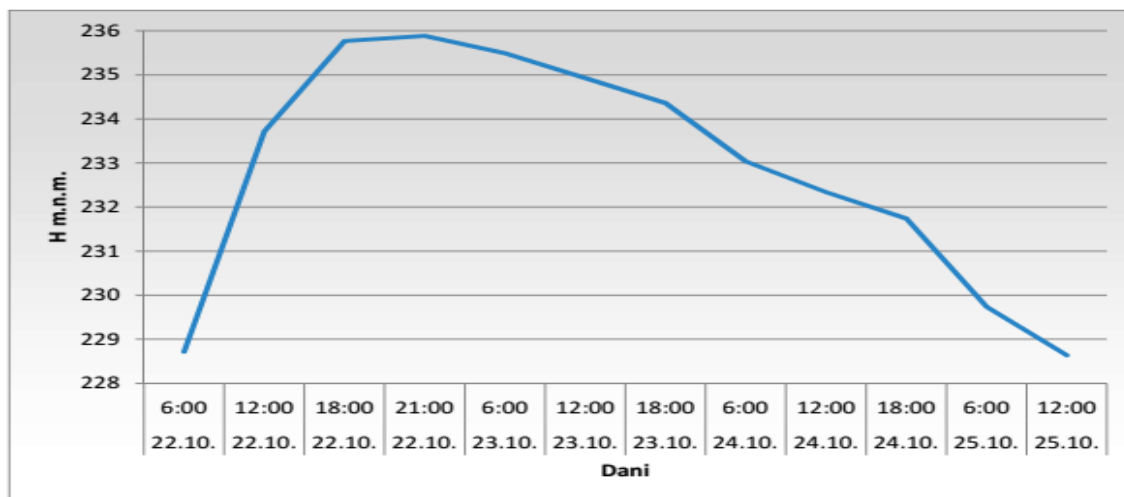
Svoju narav u vidu poplava Pazinčica pokazala je i 5. ožujka 1974. godine kad su podaci iz stanice na Dubravici pokazali nivo vode od 270 cm te 5. i 6. prosinca 1992. kada je zabilježen nivo vode od 259 cm s vršnim protokom od 40 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>.

Za sljedeću poplavu koja je ostavila svoje iznimno velike štetne posljedice, a zbilila se 22. listopada 1993., možemo reći da je kumovalo već zasićeno područje vodom, a dnevne zabilježene oborine u slivu su iznosile 120 – 150 mm što prekoračuje cjelokupni mjesečni prosjek palih oborina. U listopad 1993. godine visina oborina na meteorološkoj postaji Pazin iznosila je 313,4 mm. Nakon velike količine oborina kao posljedica su nastali veliki vodni valovi i pojava velikih količina voda na svim dijelovima sliva pazinčice, a i šire. Oko 200 mm su se kretale oborine u gornjem dijelu sliva, a nizvodno su oborine bile oko 100 mm palih oborina u toku 24 sata. U vremenskom razdoblju od 24 sata, dana 22. listopada, bila je izmjerena visina oborina od 103,6 mm na meteorološkoj postaji Pazin. Vodni val, formiran u gornjim dijelovima sliva Pazinčice (Lipa, Borutski potok i Rakov potok) imao je devastirajući efekt izazvavši poplave nezabilježenih razmjera na Pazinštini. Nizvodno, vodni val iščupao je i odnio limnigraf i Dubravica. 235,89 m nadmorske visine je najveća razina vode u Pazinskoj jami, a bila je izmjerena 22. listopada u 21:00

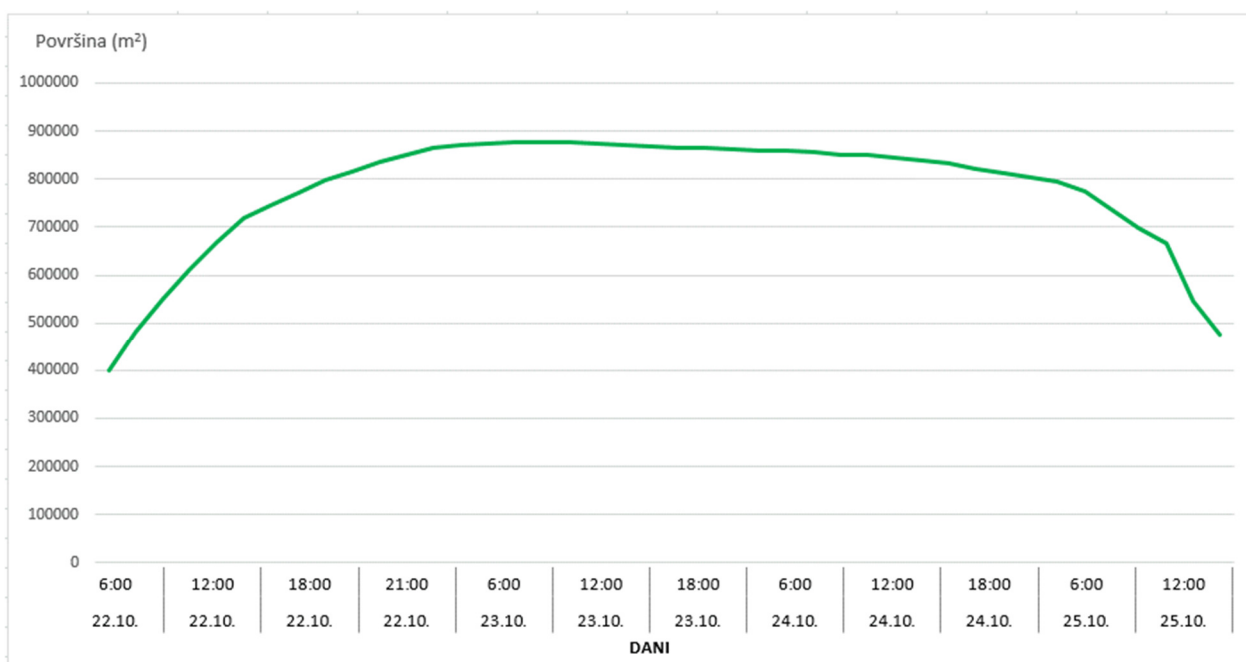
---

<sup>17</sup> Rudan, M., 2016. *ibid.* str. 47.

sati (v. Slika 10). Na osnovi zabilježenih razina vode u Pazinskoj jami, određeni su i dijagrami rasprostiranja te poplave u vidu grafova vremenskih promjena poplavne površine (v. Slika 11) i volumena vode u poplavnoj zoni (v. Slika 12).

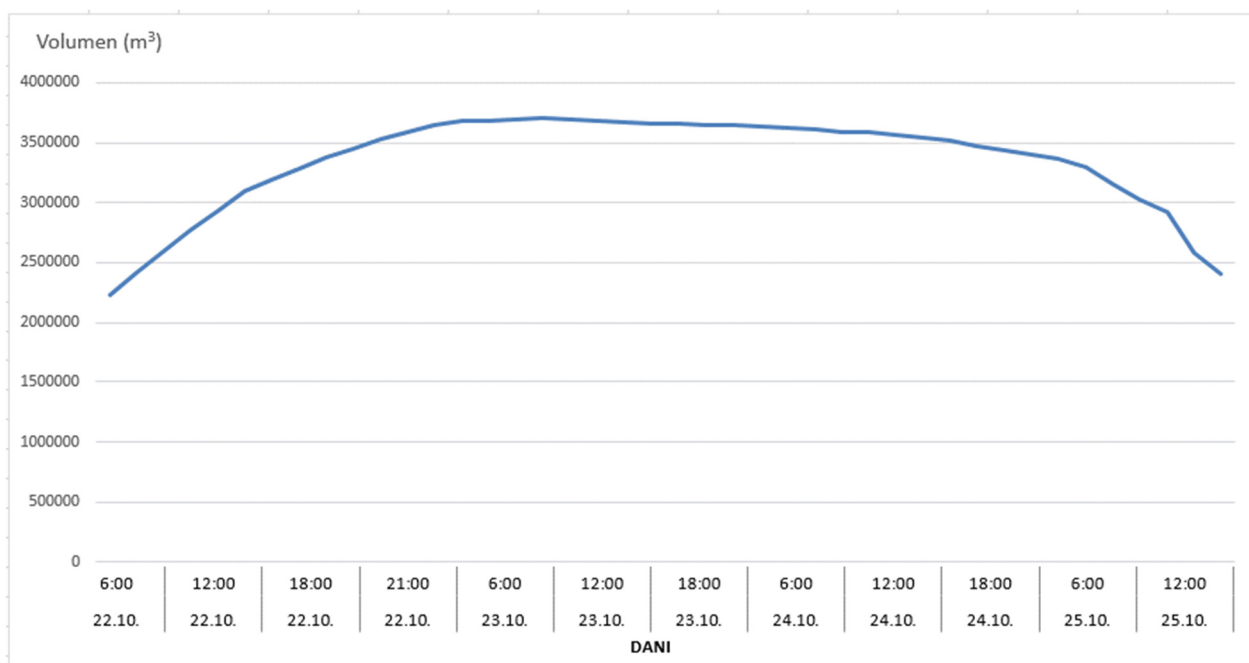


Slika 10: Nivogram Pazinčice na prostoru Pazinske jame od 22. 10. do 25. 10. 1993.<sup>18</sup>



Slika 11: Krivulja vremenskih promjena poplavne površine

<sup>18</sup> Rudan, M., 2016. ibid. str. 47.



*Slika 12: Krivulja volumena voda u poplavnoj zoni*

Ponor Pazinske jam nije bio u stanju prihvatiti tako veliku količinu vode, pa je došlo do poplavljeivaja nekih dijelova Pazina. Pri tome je stradalo više kuća i gospodarskih objekata, a najdevastirajući dio poplave bio je u predjelu Rijavca. Za ovu poplavu možemo reći da je najbliža onoj poplavi iz 1886. godine koja se pokazala većom, a kojoj slijedi poplava iz 1964. godine.

Poplave novijeg datuma dogodile su se 12. kolovoza 2002. godine kao posljedica jake oborine prethodnog dana i djelomično zasićenog tla. Dana 18. ožujka 2011. i zbog velike količine oborina koje su pale proteklih dana je došlo do poplavljanja Pazinske jame, a količina oborine je bila 76,8 mm. Dana 2. studenoga 2012. ponovno se dogodilo novo poplavljanje Pazinske jame te dijelova Pazinčice, a uzrok je bila velika količina oborina koja je pala predhodnih dana, a iznosila je 143,3 mm. Oko 225 m nadmorske visine iznosila je visina u Pazinskoj jami što bi predstavljalo volumen vode od cca 1 900 000 m<sup>3</sup>.

Posljednji put kada se dogodilo katastrofalnije bujanje Pazinčice (rezultiralo manjom poplavom), dogodilo se početkom veljače ove godine (2019.), kojom prilikom je voda u ponorsku zonu donijela smeće poplavivši odlagalište Lakota. Budući da detaljniji podaci o toj pojavi još nisu dostupni, u ovome je radu više dan naglasak na ekološke posljedice ovog događaja kada se govori

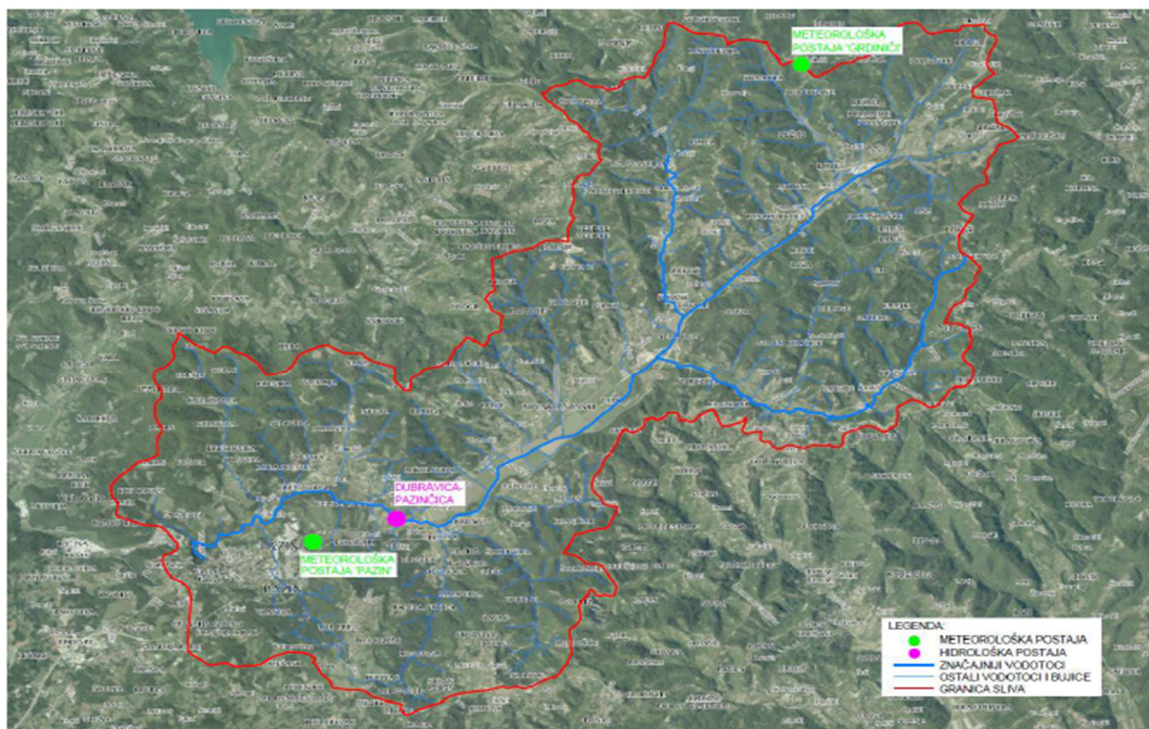
o ranjivosti ekosustava, poglavito u dijelu koji se tiče Pazinske jame. Taj je događaj bio medijski popraćen, a obilne su oborine dovele do klizišta u okolnom području. Poplava koja je zabilježena u kanjonu najviše je uvjetovana začepljenjem ulaznog dijela ponora nanosom granja i smeća, a speleolozima je trebalo par dana da saniraju ulaz u Pazinsku jamu.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Rubinić, J., *Poplave na području Istre (22. – 23.10.1993.) – Hidrološki izvještaj, JVP Labin, 1993.*

### 3. HIDROLOŠKA ANALIZA

Za obradu hidroloških podataka odabrana je postaja Dubravica na vodotoku Pazinčica koju karakterizira stabilan hidrološki profil i čvrsta konsumpcijska krivulja. Postaja Dubravica s obzirom na svoju slivnu površinu i duljinu toka, relativno je povoljno locirana. Hidrološki profil Dubravica nalazi se neposredno uzvodno od prirodnog kamenog praga u koritu Pazinčice. Profil se nalazi izvan utjecaja uspora ponorske zone koja u izuzetnim situacijama pojava velikih voda zna i poplaviti najniže dijelove Pazina. Slika 13 prikazuje hidrografsku mrežu na slivnom području Pazinčice te također je prikazan položaja aktivnih postaja DHMZ-a u slivu - hidrološke postaje Dubravica i meteoroloških postaja Pazin (klimatološka postaja) i Grdinići (oborinska postaja).<sup>20</sup>



Slika 13: Hidrološka mreža na slivnom području Pazinčice<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Matija Rudan, 2016. ibid. str. 47.

<sup>21</sup> Matija Rudan, 2016. ibid. str. 47.

### 3.1. Vodostaji

Na sljedećim slikama za proučavanu postaju Dubravica na Pazinčici grafički je prikazan hoda maksimalnih, srednjih i minimalnih vodostaja od 1954. do 2016. godine (Slika 14, Slika 15, Slika 16).

Tako su u Tablici 4. prikazani minimalni, srednji i maksimalni vodostaji te standardna devijacija i koeficijent varijacije za najveće, srednje i najmanje vodostaje. Podaci su prikazani na mjesečnoj i godišnjoj razini. Najveći vodostaj zabilježen je u 10. mjesecu, a iznosi 620 cm. Najmanji vodostaj je u razdoblju od 6. do 11. mjeseca kada je u tom periodu sušno razdoblje. Također ti su podaci prikazani u grafovima unutargodišnje raspodjele, za najveći, srednji i najmanji vodostaj (Slika 23, Slika 24, Slika 25).

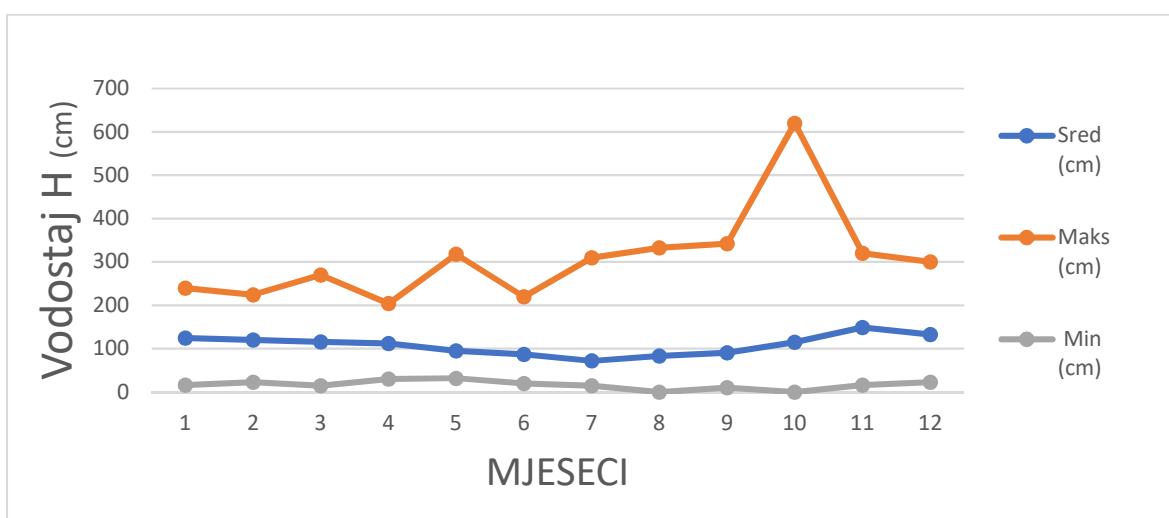
Tablica 1. Maksimalni, srednji i minimalni mjesečni i godišnji vodostaji, Dubravica – Pazinčica od 1954. do 2016.

VODOSTAJI-MAX													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnje
<b>Sred (cm)</b>	125	120	116	112	95	87	72	83	91	115	149	133	217
<b>St.dev. (cm)</b>	51,9	53,2	56,6	42,4	50,1	44,5	52,6	55,8	62,6	101,6	64,5	60,2	83,7
<b>Cv</b>	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,9	0,4	0,5	0,4
<b>Maks (cm)</b>	240	224	270	204	318	220	310	333	342	620	320	300	620
<b>Min (cm)</b>	16	23	15	30	32	20	15	SUHO	10	SUHO	16	23	114

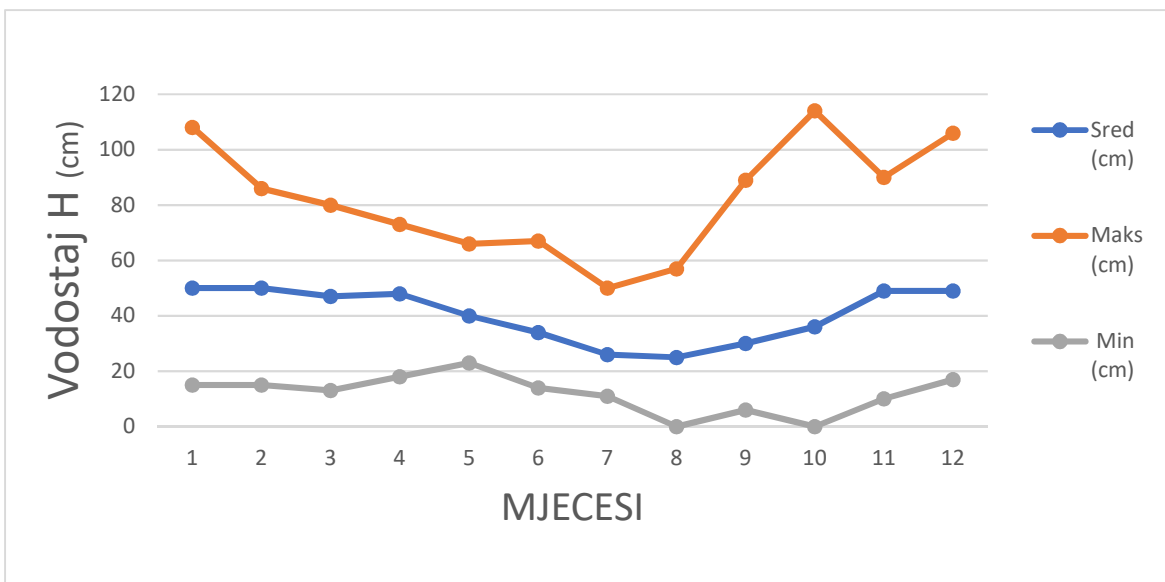
VODOSTAJI-SREDNJ													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnje
<b>Sred (cm)</b>	50	50	47	48	40	34	26	25	30	36	49	49	41
<b>St.dev. (cm)</b>	15,4	14,4	13,4	11,3	11,1	12,2	10,9	12,2	14,7	19,3	18,0	16,9	9,7
<b>Cv</b>	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2
<b>Maks (cm)</b>	108	86	80	73	66	67	50	57	89	114	90	106	68
<b>Min (cm)</b>	15	15	13	18	23	14	11	SUHO	6	SUHO	10	17	23



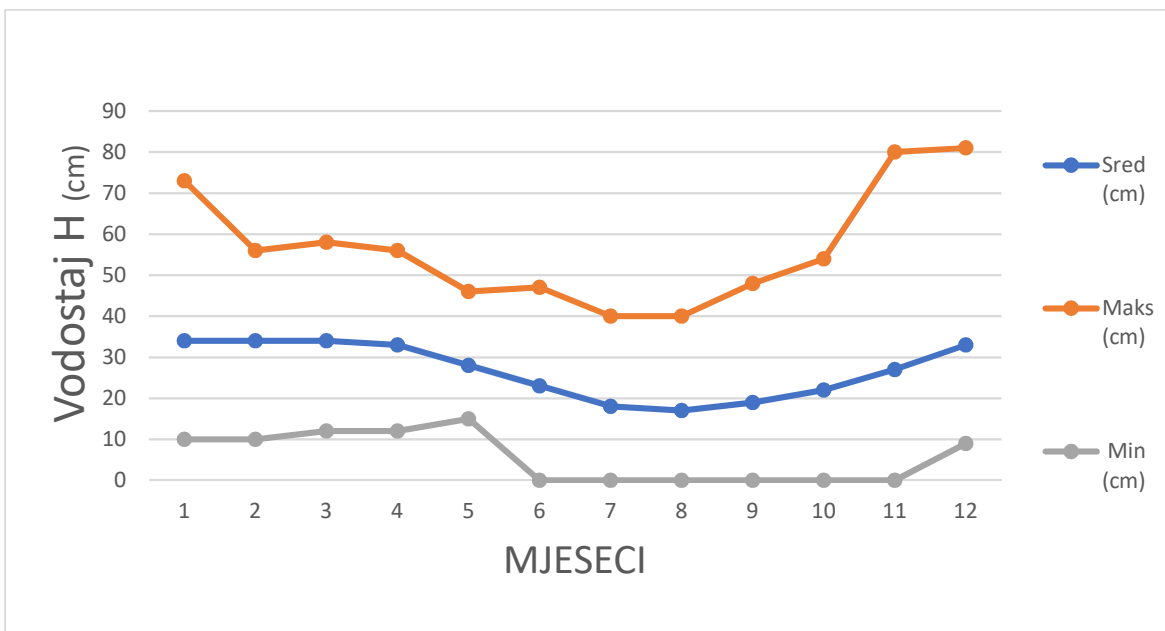
VODOSTAJI-MIN													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnje
<b>Sred (cm)</b>	34	34	34	33	28	23	18	17	19	22	27	33	16
<b>St. dev. (cm)</b>	11,0	9,6	9,6	8,9	9,1	9,9	9,3	10,0	9,8	10,5	12,4	12,3	9,2
<b>Cv</b>	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6
<b>Maks (cm)</b>	73	56	58	56	46	47	40	40	48	54	80	81	36
<b>Min (cm)</b>	10	10	12	12	15	SUHO	SUHO	SUHO	SUHO	SUHO	SUHO	9	SUHO



Slika 14: Unutargodišnja raspodjela maksimalnih vodostaja sa postaje Dubrovica – Pazinčica od 1954. do 2016. godine

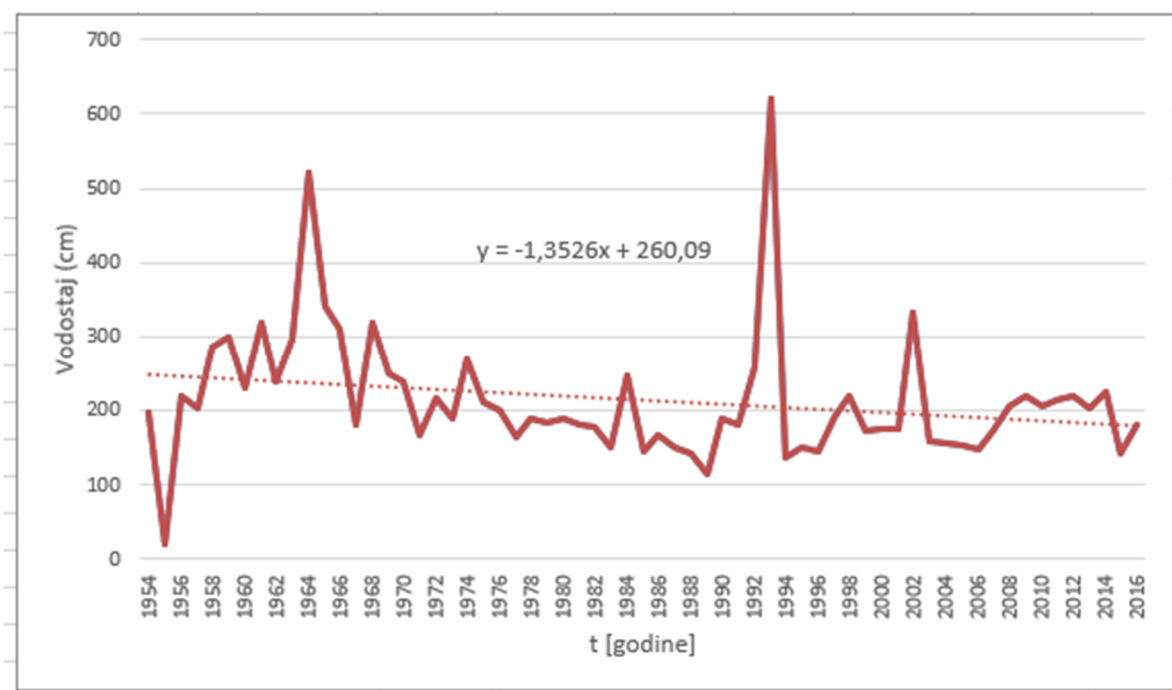


Slika 15: Unutargodišnja raspodjela srednjih godišnjih vodostaja sa postaje Dubrovica – Pazinčica od 1954. do 2016. godine

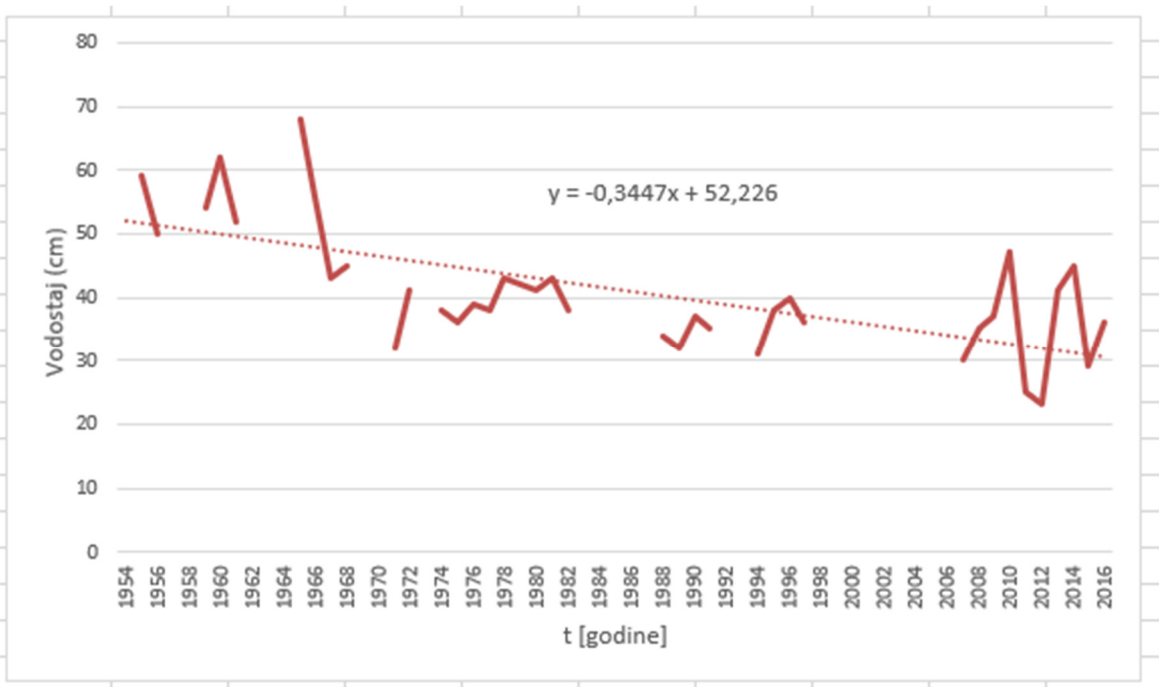


Slika 16: Unutargodišnja raspodjela minimalnih godišnjih vodostaja sa postaje Dubrovica – Pazinčica od 1954. do 2016. godine

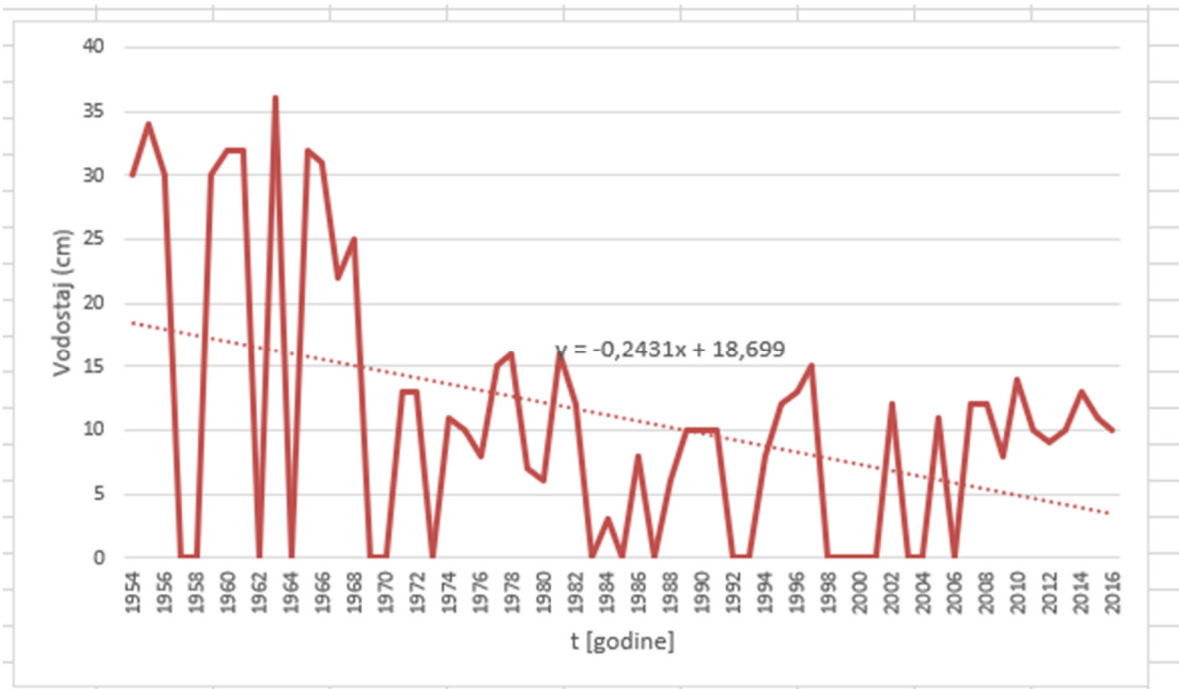
Na Slici 17, 18, 19 su prikazani hodovi za minimalan, maksimalan i srednji vodostaj. Hod godišnjeg maksimalnog vodostaja na stanici Dubravica – Pazinčica za niz od 1954. – 2016. dan je na Slici 17. Iz slike je vidljivo da maksimalni godišnji vodostaj varira. 1964. godine je zabilježen najveći vodostaj a iznosio je 520 cm, zatim sve do 1993. godine nije zabilježen veći vodostaj. Ali 1993 godine najveći vodostaj je bio veći od prethodnog i iznosio je 620 cm. Zatim slika 18 prikazuje trend srednjeg godišnjeg vodostaja, vidljivo je da nedostaju podaci zbog toga što u razdobljima kad je bilo presušivanja nije moguće definirati numeričke pokazatelje. Slijedeća slika je slika 18 koja prikazuje trend minimalnog vodostaja te je vidljivo da postoje variranja, te da je u zadnjih nekoliko godina vodostaj konstantan koji se kreće od 0 – 15 cm. Razlog tome je da se nastoji spriječiti potpuno presušivanje pazinčice zabranama zahvaćanja vode za navodnjavanje iz korita pazinčice, a što ranijih godina nije bilo slučaj.



Slika 17: Prikaz trenda maksimalnih godišnjih vodostaja od 1954. do 2016. godine



Slika 18: Prikaz trenda srednjeg vodostaja od 1954. do 2016. godine



Slika 19: Prikaz trenda minimalnog vodostaja od 1954. do 2016. godine

### 3.2. Protoci

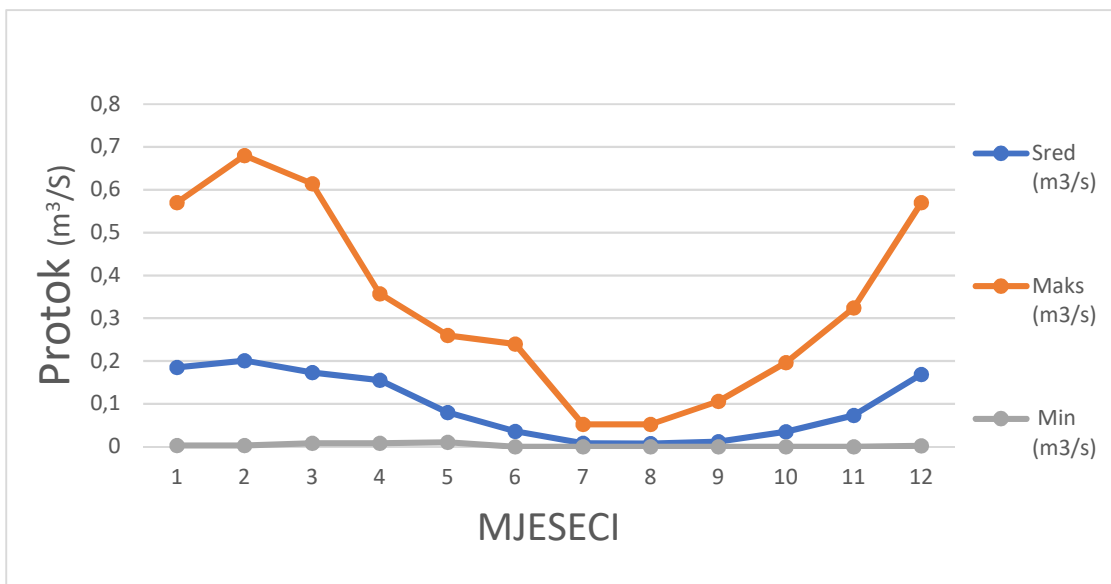
Provedene su i obrade karakterističnih godišnjih protoka za razdoblje 1972. – 2016. Tablica 2 prikazuju minimalne, srednje i maksimalne mjesečne i godišnje protoke vodotoka Pazinčica na postaji Dubravica za razdoblje 1972. – 2016. sa statističkim parametrima. Podaci su prikazani na mjesečnoj i godišnjoj razini. Najveći zabilježeni protok je 70,2 m<sup>3</sup>/s iz osmog mjeseca iz 2002. godine. Najmanji protok je 0,0 m<sup>3</sup>/s šestog do jedanaestog mjeseca, od 1973. godine do 2003 godine. Te na grafovima ispod tablice su prikazani unutargodišnje raspodjele za maksimalne, minimalne i srednje protoke.

Tablica 2: Minimalni, srednji i maksimalni mjesečni i godišnji protoci na postaji Dubravica za razdoblje od 1972. do 2016.

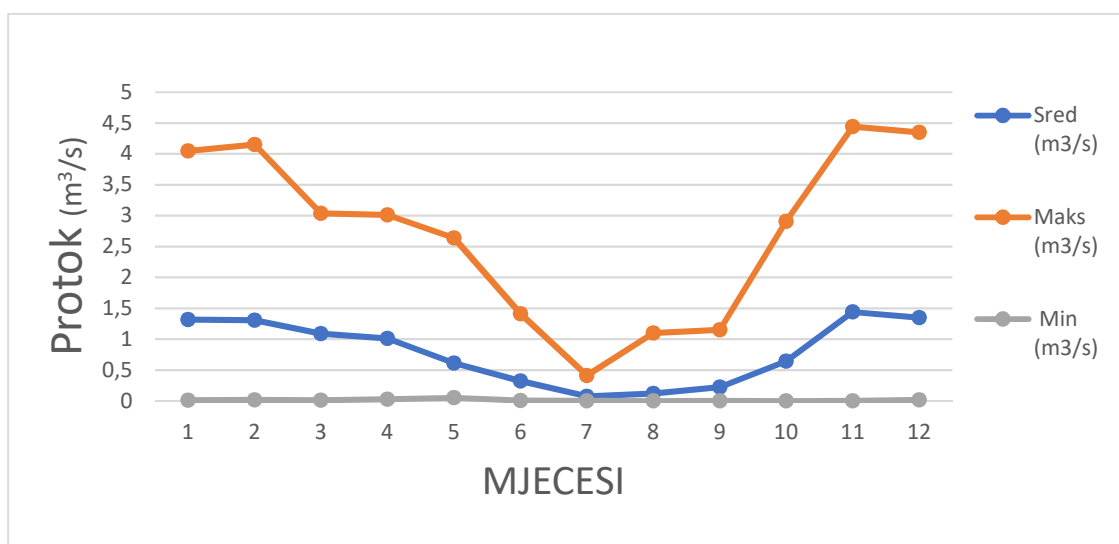
PROTOK-MAX													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnji
<b>Sred (m3/s)</b>	13,4	13,2	13,9	10,4	7,45	6,16	3,2	5,59	5,64	9,9	17,8	15,4	28,7
<b>St.dev. (m3/s)</b>	9,0	10,1	11,7	7,5	7,8	5,8	5,6	12,0	7,7	10,8	12,1	10,2	10,3
<b>Cv</b>	0,67	0,76	0,84	0,72	1,05	0,94	1,75	2,14	1,37	1,09	0,68	0,66	0,36
<b>Maks (m3/s)</b>	30	35,7	45,3	28,3	33,8	29,8	24	70,2	31,1	40,4	43,3	41,3	70,2
<b>Min (m3/s)</b>	0,017	0,059	0,015	0,151	0,15	0,023	0,011	0	0,003	0	0,017	0,059	12

PROTOK-SREDNJI													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnji
<b>Sred (m3/s)</b>	1,32	1,31	1,09	1,01	0,615	0,325	0,076	0,119	0,227	0,644	1,44	1,35	0,794
<b>St.dev. (m3/s)</b>	1,1	1,0	0,8	0,7	0,6	0,4	0,1	0,2	0,3	0,8	1,2	1,1	0,3
<b>Cv</b>	0,80	0,75	0,71	0,66	1,04	1,12	1,23	1,81	1,36	1,29	0,87	0,78	0,37
<b>Maks (m3/s)</b>	4,05	4,15	3,04	3,01	2,64	1,41	0,414	1,1	1,15	2,91	4,44	4,35	1,56
<b>Min (m3/s)</b>	0,014	0,016	0,011	0,03	0,052	0,006	0,003	0	0,001	0	0,004	0,02	0,313

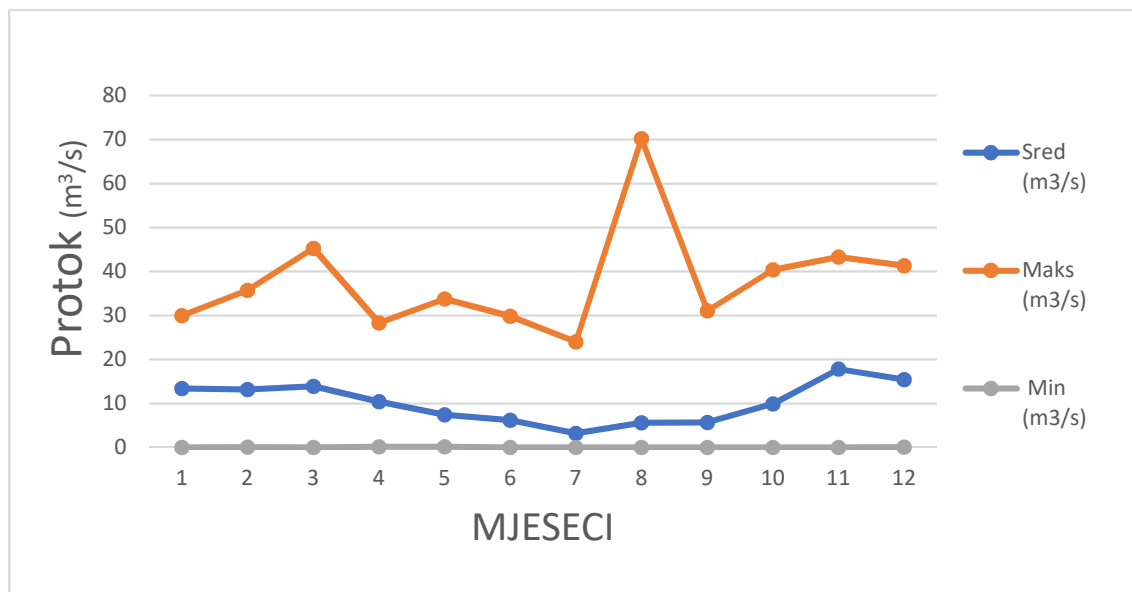
PROTOK-MIN													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnji
<b>Sred (m3/s)</b>	0,185	0,201	0,173	0,155	0,08	0,036	0,008	0,007	0,012	0,035	0,073	0,169	0,004
<b>St.dev.(m3/s)</b>	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
<b>Cv</b>	0,83	0,84	0,82	0,59	0,85	1,33	1,26	1,52	1,72	1,25	1,09	0,88	1,10
<b>Maks (m3/s)</b>	0,57	0,68	0,614	0,357	0,26	0,24	0,052	0,052	0,106	0,196	0,324	0,57	0,017
<b>Min (m3/s)</b>	0,003	0,003	0,008	0,008	0,01	0	0	0	0	0	0	0,002	0



Slika 20: Unutargodišnja raspodjela minimalnih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.



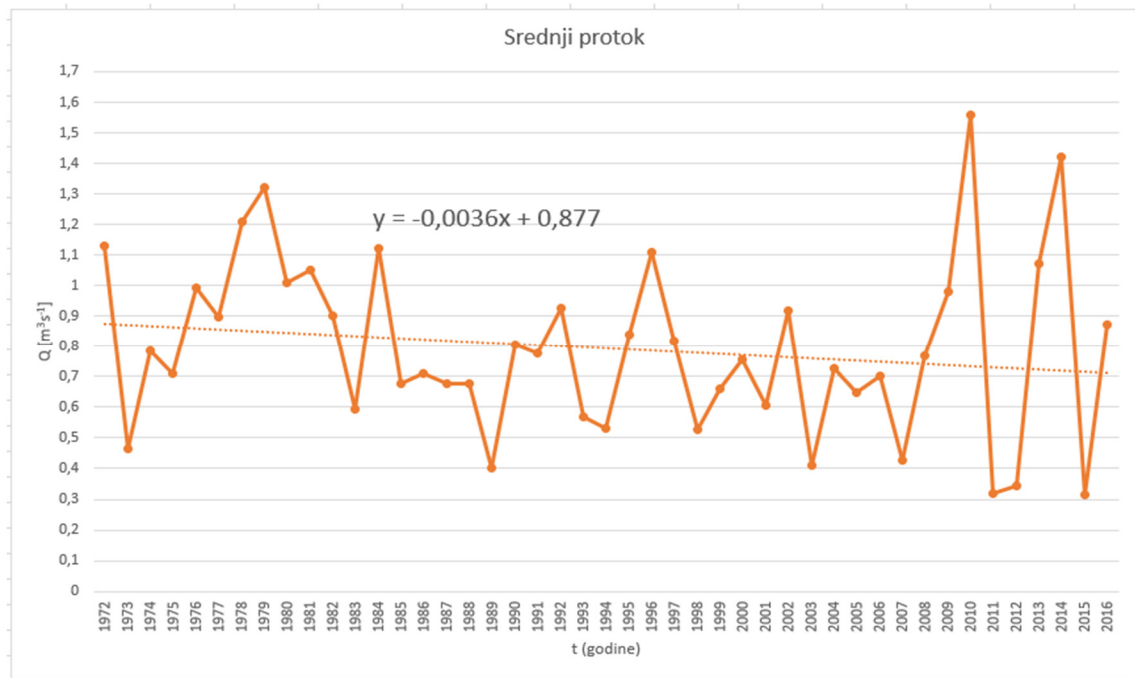
Slika 21: Unutargodišnja raspodjela srednjih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.



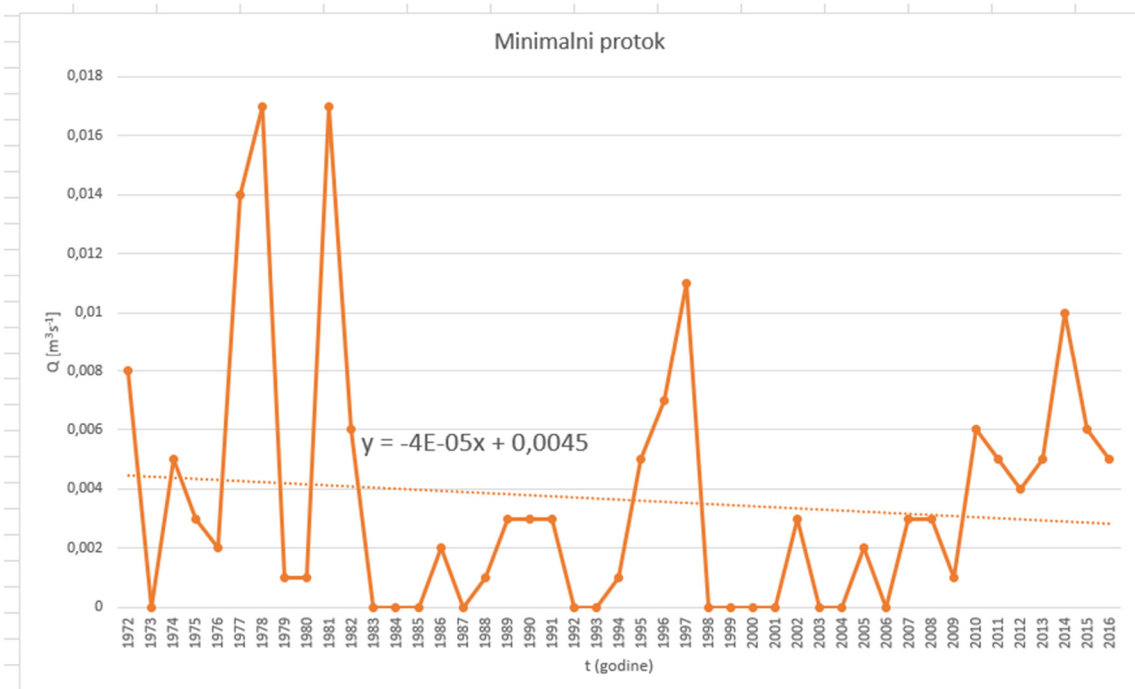
Slika 22: Unutargodišnja raspodjela maksimalnih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.

Hod srednjih godišnjih protoka na stanici Dubravica – Pazinčica za niz od 1972. – 2016. dan je na Slici 23. iz slike je vidljivo da srednje godišnje protoke variraju u granicama od  $0,31 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (2015.) do  $1,58 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (2010.). Vidljivo je da postoji trend opadanja protoka od  $36 \text{ l s}^{-1}/10$  god, međutim u proteklih nekoliko godina javljaju se ekstremi sa najmanjim i najvećim protocima.

Slijedeće slike prikazuju hod minimalnih i maksimalnih protoka na stanici Dubravica – Pazinčica za razdoblje 1972. – 2016. Iz Slike 12 i Slike 13 vidljivo je da minimalni i maksimalni godišnji protok varira te da kod minimalnih protoka postoji trend opadanja protoka, a kod maksimalnih trend njihova porasta. Zapaža se da i od 2006g. nije bilo zabilježenih pojava potpunog presušivanja Pazinčice na profilu hidrološke postaje Dubravica, a što je vjerojatni rezultat pojačanih napora svih institucija koje se bave vodama da se tijekom ljetnih sušnih razdoblja onemogućiti korištenje voda za navodnjavanje iz neposrednih zahvata na uzvodnijem dijelu njenoga toka.

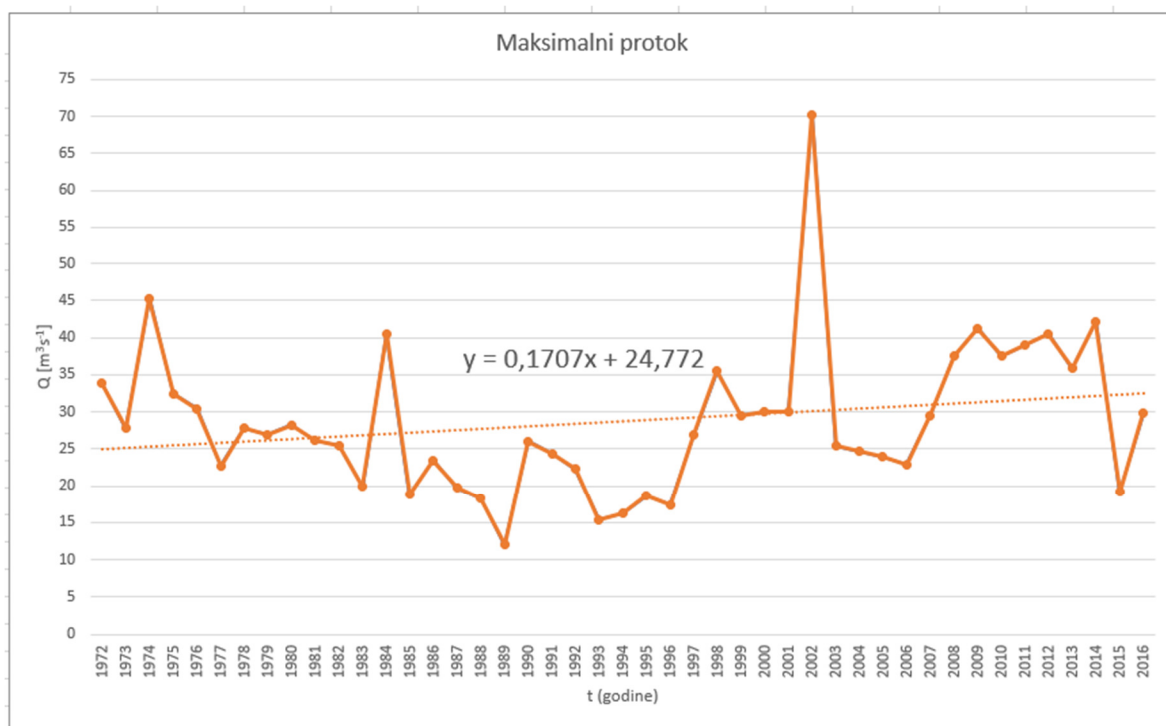


Slika 23: Trend kolebanja srednjih godišnjih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.



Slika 24: Trend kolebanja minimalnih godišnjih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.





Slika 25: Trend kolebanja maksimalnih godišnjih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.

### 3.3. Koncentracije suspendiranog nanosa

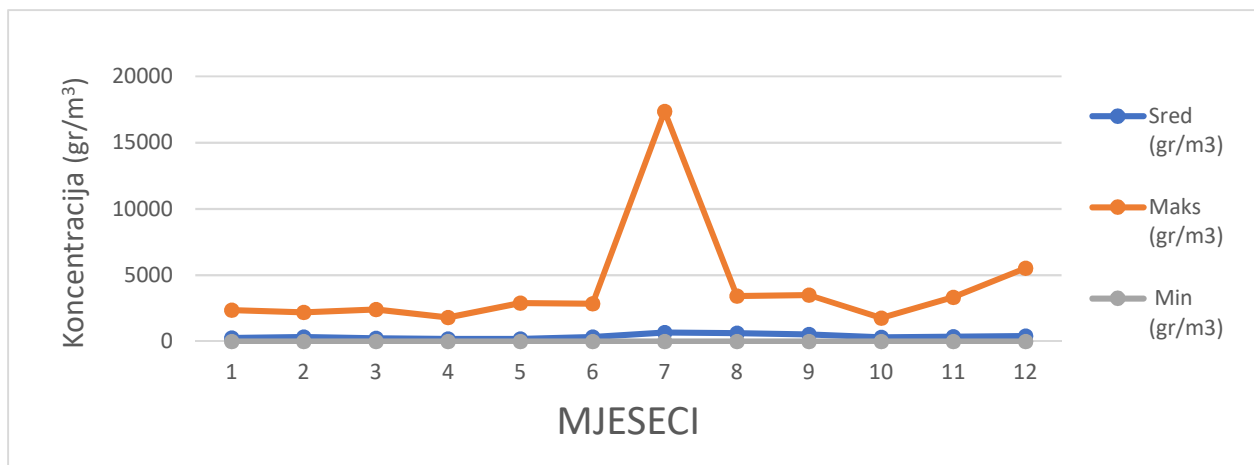
Kao i kod protoka i vodostaja s raspoloživim podacima se napravila osnovna statistička obrada podataka, gdje se prikazala srednja, maksimalna i minimalna koncentracija suspendiranog nanosa, te standardna devijacija i koeficijent varijacije za mjesečnu i godišnju koncentraciju, što je vidljivo u tablici 5. Na slici 26, 27, 28 su prikazane unutargodišnje raspodjele maksimalne koncentracije suspendiranog nanosa, gdje je jasno vidljivo da je najveća koncentracija bila u 7 mjesecu a iznosi 17355 gr/m<sup>3</sup>.

Tablica 3: Maksimalna, srednja i minimalna mjesečna i godišnja koncentracija suspendiranog nanosa, Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016.

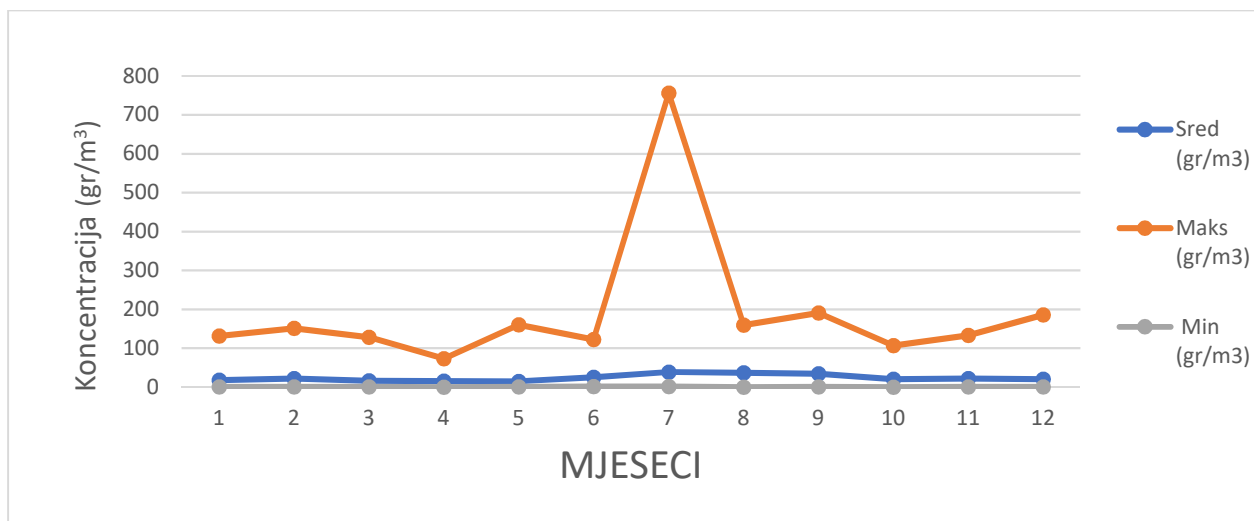
KONCENTRACIJA-MAX													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnje
Sred (gr/m <sup>3</sup> )	270	328	246	198	188	324	680	614	529	311	349	403	1676
St.dev.(gr/m <sup>3</sup> )	492,7	481,1	467,6	312,7	445,1	527,3	2587,8	764,9	836,5	475,6	536,3	887,6	2748,1
Cv	1,8	1,5	1,9	1,6	2,4	1,6	3,8	1,2	1,6	1,5	1,5	2,2	1,6
Maks (gr/m <sup>3</sup> )	2363	2201	2412	1810	2896	2837	17355	3428	3496	1764	3336	5527	17355
Min (gr/m <sup>3</sup> )	3,22	0,32	0,26	0,06	1,16	3,14	3,6	0	1,14	0	2,26	4,34	210

KONCENTRACIJA-SREDNJI													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnje
Sred (gr/m <sup>3</sup> )	18,1	21,7	16,2	15	14,8	25,3	38,7	36,8	34	19,8	21,6	20,4	23,2
St.dev.(gr/m <sup>3</sup> )	28,4	28,9	23,9	14,4	24,0	28,0	113,3	38,8	46,1	25,6	24,7	30,1	19,9
Cv	1,6	1,3	1,5	1,0	1,6	1,1	2,9	1,1	1,4	1,3	1,1	1,5	0,9
Maks (gr/m <sup>3</sup> )	131	151	128	73,2	160	122	756	159	191	107	133	186	103
Min (gr/m <sup>3</sup> )	0,718	0,079	0,048	0,027	0,277	1,34	1,27	0	0,273	0	0,127	0,17	5,88

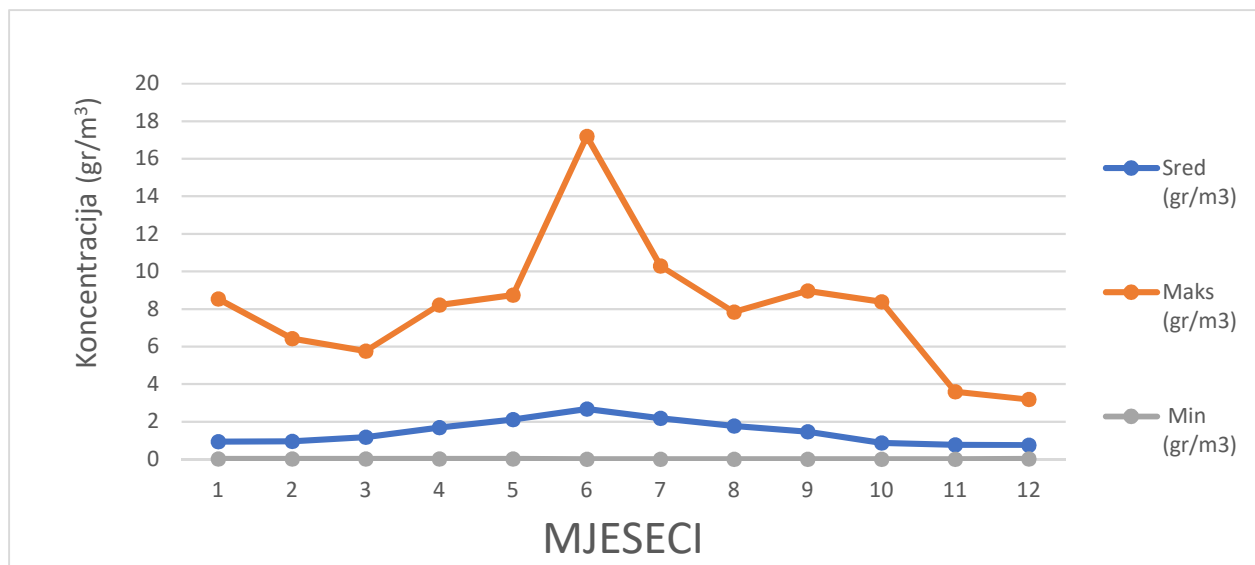
KONCENTRACIJA-MIN													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnje
Sred (gr/m <sup>3</sup> )	0,946	0,948	1,18	1,68	2,12	2,68	2,19	1,77	1,46	0,862	0,762	0,759	0,177
St.dev.(gr/m <sup>3</sup> )	1,4	1,4	1,5	1,9	2,1	3,2	2,3	2,1	2,0	1,4	0,9	0,9	0,3
Cv	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	1,2	1,0	1,2	1,4	1,6	1,2	1,1	1,7
Maks (gr/m <sup>3</sup> )	8,53	6,43	5,76	8,22	8,74	17,2	10,3	7,84	8,97	8,38	3,6	3,18	1,54
Min (gr/m <sup>3</sup> )	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0,02	0



Slika 26: Unutargodišnja raspodjela maksimalnih godišnjih koncentracija suspendiranog nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine

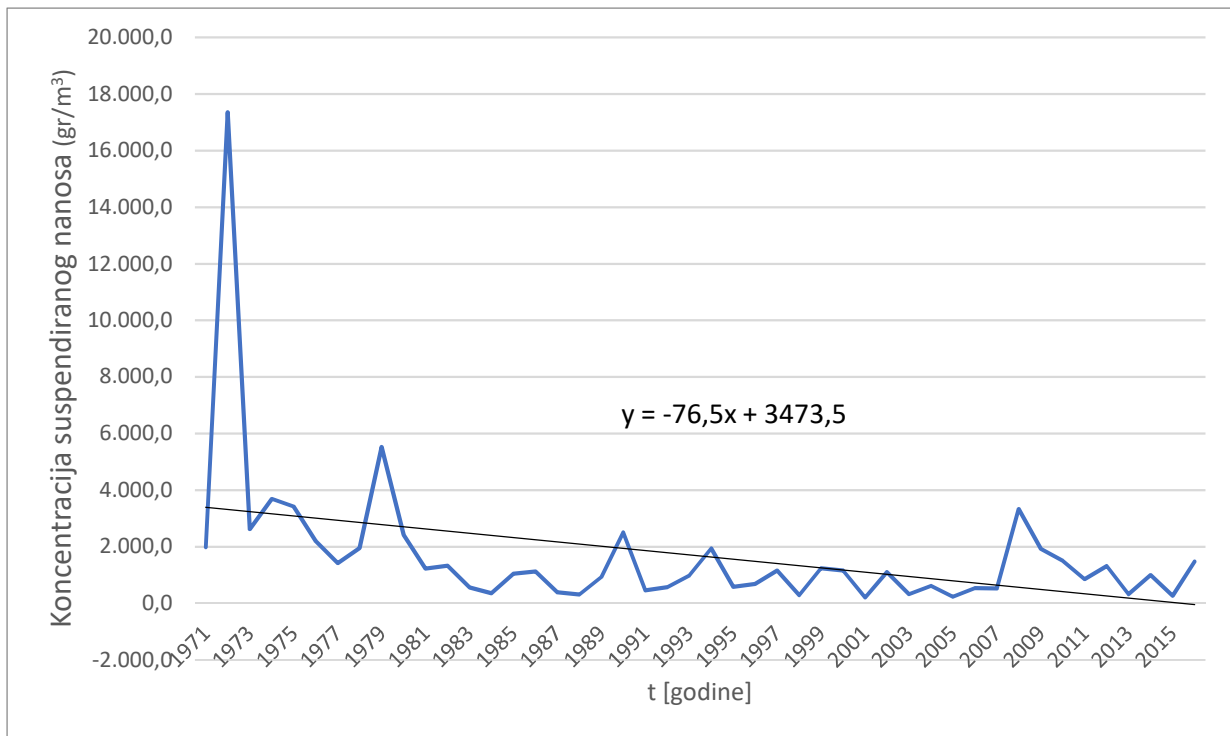


Slika 27: Unutargodišnja raspodjela srednje godišnje koncentracije suspendiranog nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine

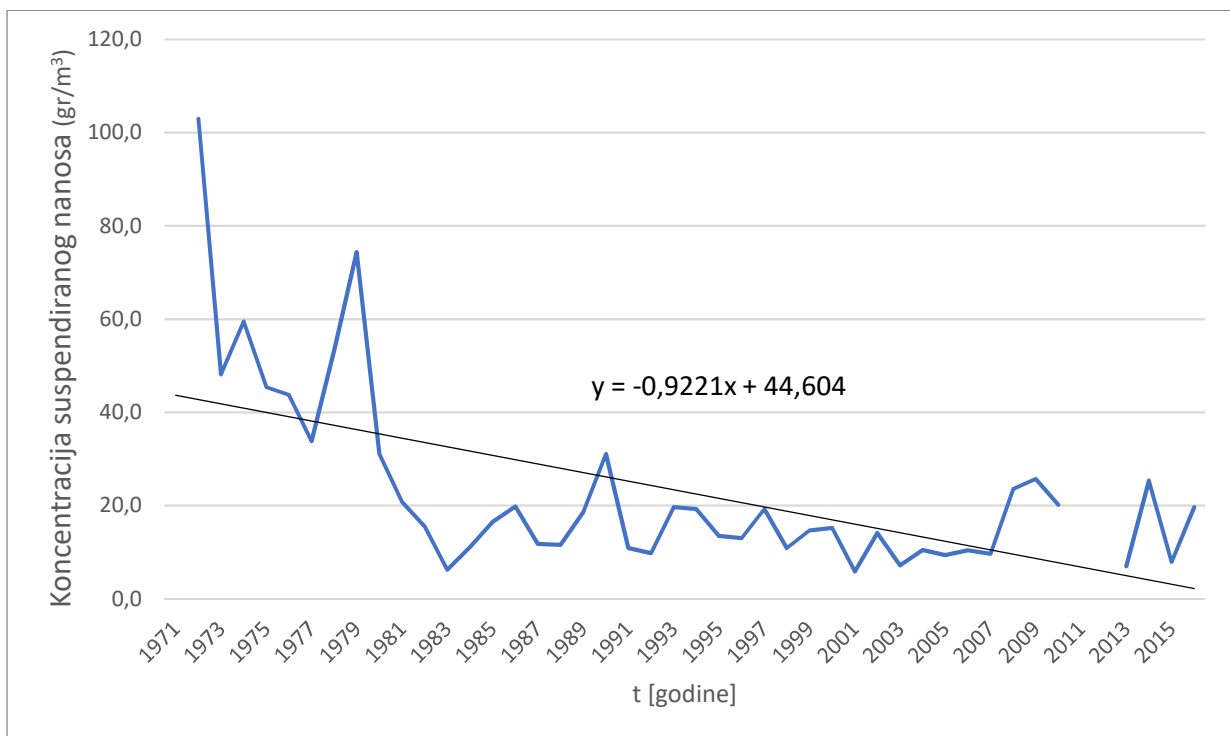


*Slika 28: Unutargodišnja raspodjela minimalne godišnje koncentracije suspendiranog nanosa s postaje Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine*

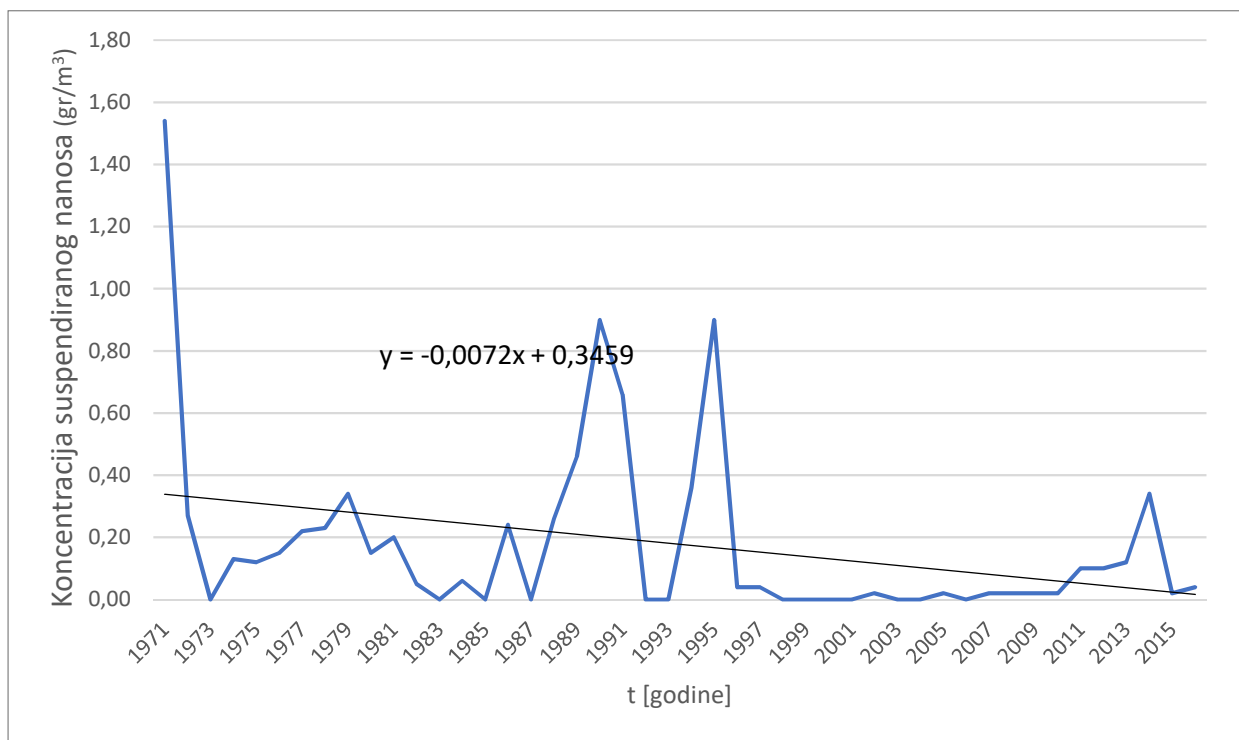
Na slici 29, 30 i 31 su prikazani hodovi minimalne, maksimalne i srednje koncentracije suspendiranog nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1971. godine do 2016. godine. Kada je trend u pitanju vidljivo je da je u sva tri slučaja tren u opadanju. Ukoliko se gleda onda je vidljivo da je najveća koncentracija suspendiranog nanosa iznosila  $17355,0 \text{ gr/m}^3$ , davne 1972. godine. Zatim na slici 30, je prikazan trend srednje koncentracije suspendiranog nanosa koncentracije od  $23,2 \text{ gr/m}^3$ . A na slici 31 prikazana je minimalna koncentracije suspendiranog nanosa koja je iznosila  $0,0 \text{ gr/m}^3$ .



Slika 29: Prikaz trenda maksimalne koncentracije suspendiranog nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine



Slika 30: Prikaz trenda srednje koncentracije suspendiranog nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine



Slika 31: Prikaz trenda minimalne koncentracije suspendiranog nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine

### 3.4. Pronos suspendiranog nanosa

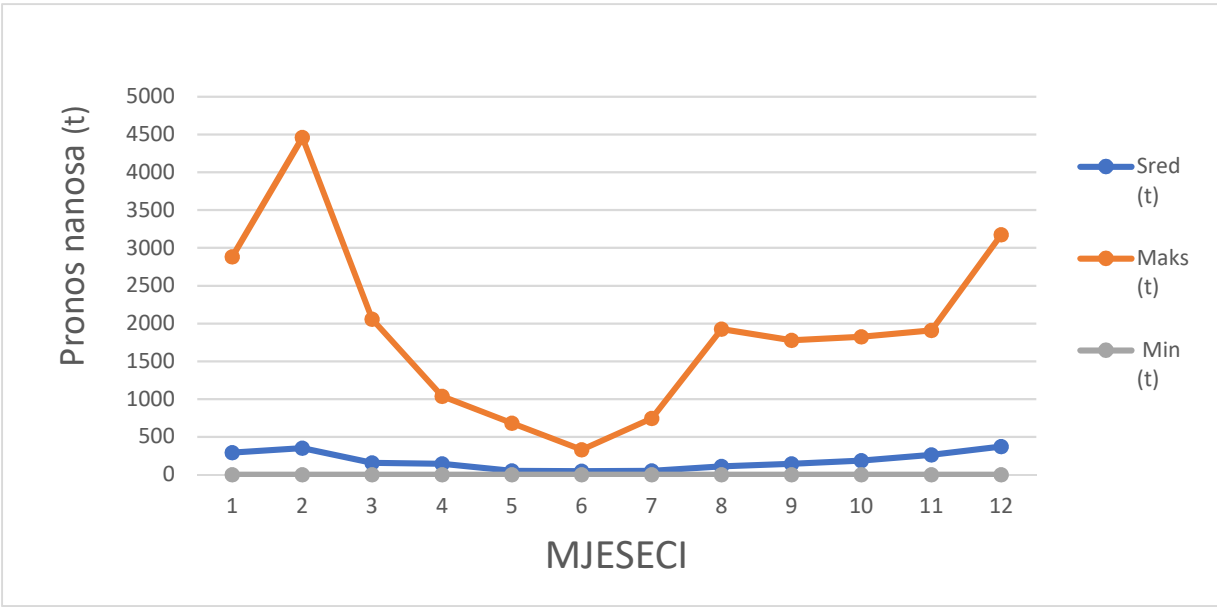
Na temelju podataka o protocima i koncentracijama suspendiranog nanosa, od strane DHMZ-a provode se i procjene njegovog pronosa. Tako su se za grupirane podatke maksimalnog, srednjeg i minimalno pronosa nanosa izračunale maksimalne, srednje i minimalne vrijednosti, te standardna devijacija i koeficijent varijacije. Najveći godišnji izmjereni pronos nanosa sa postaje Dubrovica od 1972. godine do 2015. godine, točnije 2009. godine a iznosio je 4461 t. Minimalni dnevni pronos nanosa u onom periodu je 0 t. Sve je prikazano u tablici 4, te na slikama 32, 33 i 34 su ti isti podaci prikazani samo kroz graf unutargodišnja raspodjela.

Tablica 4: Maksimalni, srednji i minimalni mjesečni i godišnji pronosi nanosa, Dubravica – Pazinčica od 1972. do 2015.

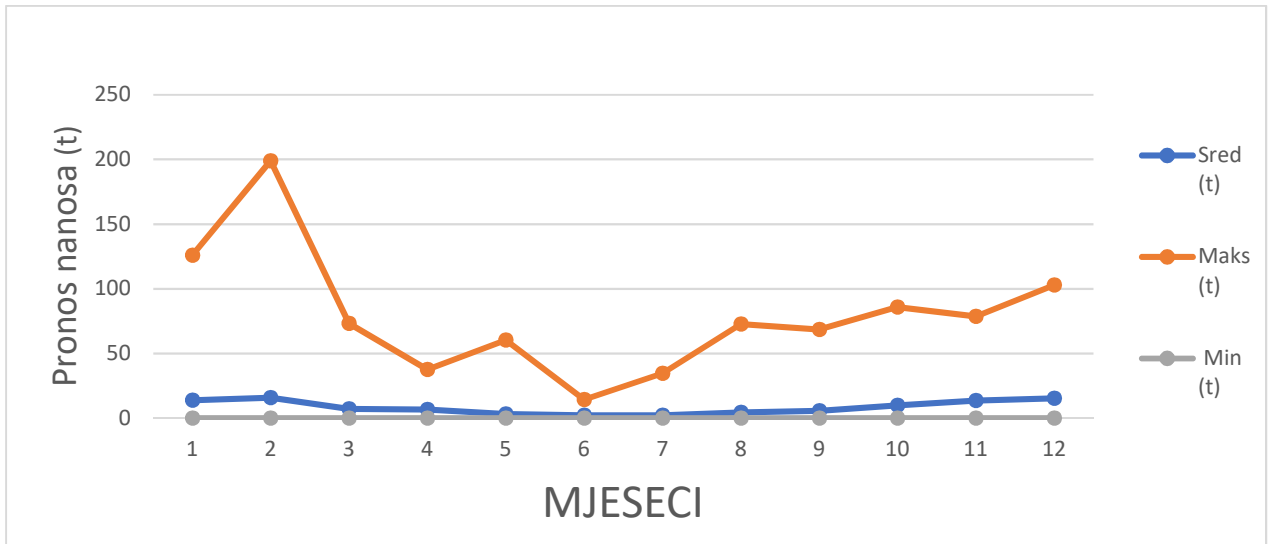
PRONOS-MAX													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnje
<b>Sred (t)</b>	292	351	157	144	50,1	46,6	51	112	147	187	263	374	1016
<b>St.dev (t)</b>	653,7	779,9	340,0	256,0	116,5	86,1	145,8	306,3	353,3	393,7	379,3	681,3	1013,2
<b>Cv</b>	2,2	2,2	2,2	1,8	2,3	1,8	2,9	2,7	2,4	2,1	1,4	1,8	1,0
<b>Maks (t)</b>	2885	4461	2057	1037	683	332	748	1928	1779	1826	1911	3175	4461
<b>Min (t)</b>	0,008	0,006	0,003	0,001	0,006	0,004	0,007	0	0	0	0,008	0,014	104

PRONOS-SREDNJI													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnje
<b>Sred (t)</b>	13,9	15,9	7,24	6,7	3,3	2,32	2,32	4,43	5,79	10,1	13,6	15,4	8,57
<b>St.dev (t)</b>	29,0	33,9	12,9	10,0	9,6	3,8	6,8	11,9	13,4	21,0	19,0	23,3	7,1
<b>Cv</b>	2,1	2,1	1,8	1,5	2,9	1,6	2,9	2,7	2,3	2,1	1,4	1,5	0,8
<b>Maks (t)</b>	126	199	73,4	37,6	60,4	14,4	34,7	72,8	68,7	85,8	78,8	103	31,9
<b>Min (t)</b>	0,004	0,001	0	0	0,001	0,002	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,781

PRONOS-MIN													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Godišnje
<b>Sred (t)</b>	0,027	0,029	0,026	0,031	0,025	0,014	0,003	0,003	0,006	0,007	0,009	0,018	0
<b>St.dev. (t)</b>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Cv</b>	2,6	1,9	1,7	1,2	1,5	2,0	1,7	2,2	3,4	2,6	1,8	1,6	
<b>Maks (t)</b>	0,444	0,319	0,243	0,168	0,172	0,168	0,023	0,037	0,128	0,1	0,072	0,148	0,004
<b>Min (t)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

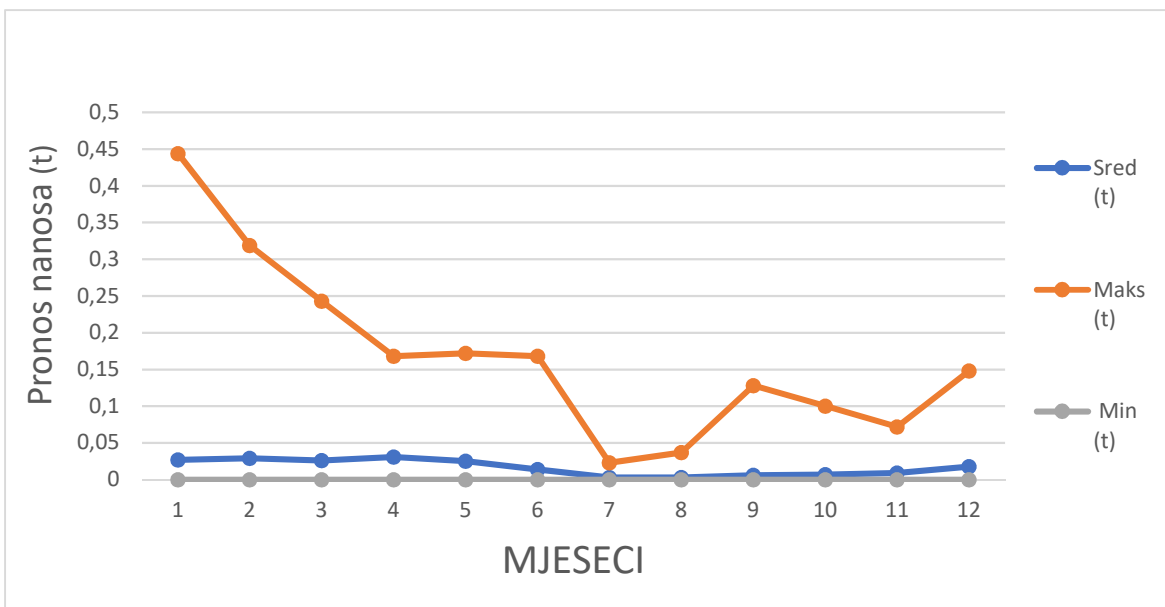


Slika 32: Unutargodišnja raspodjela maksimalnog godišnjeg pronosa nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1972. do 2015. godine



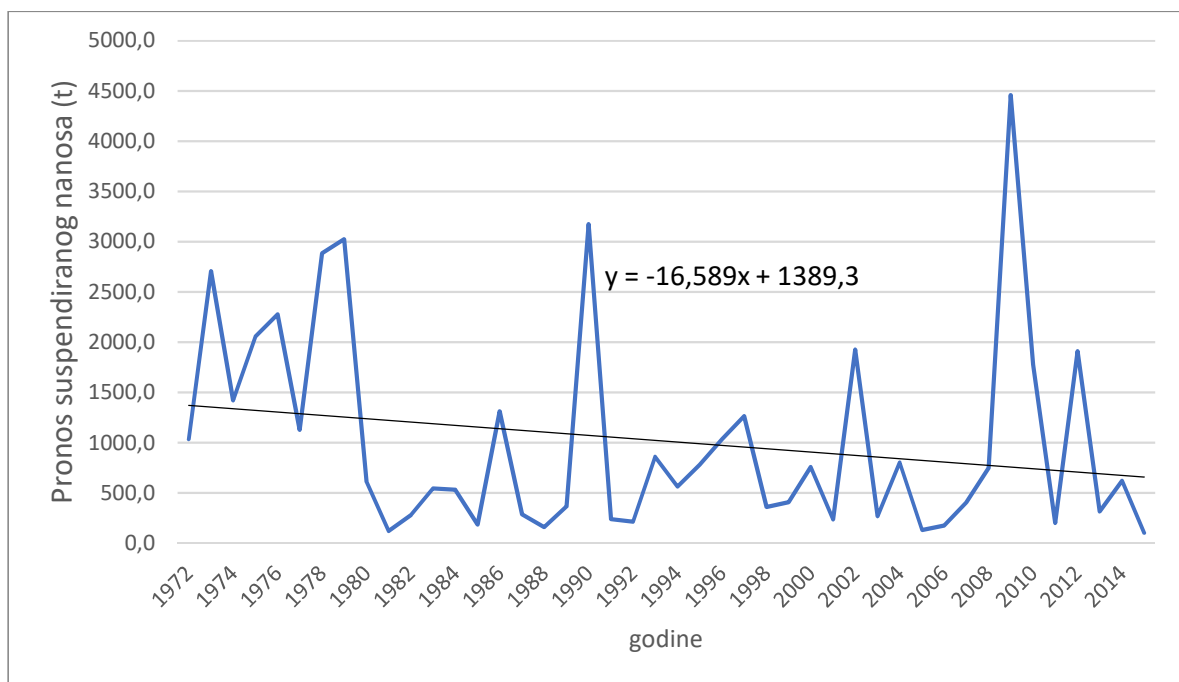
Slika 33: Unutargodišnja raspodjela srednjeg godišnjeg pronosa nanosa od 1972. do 2015. godine



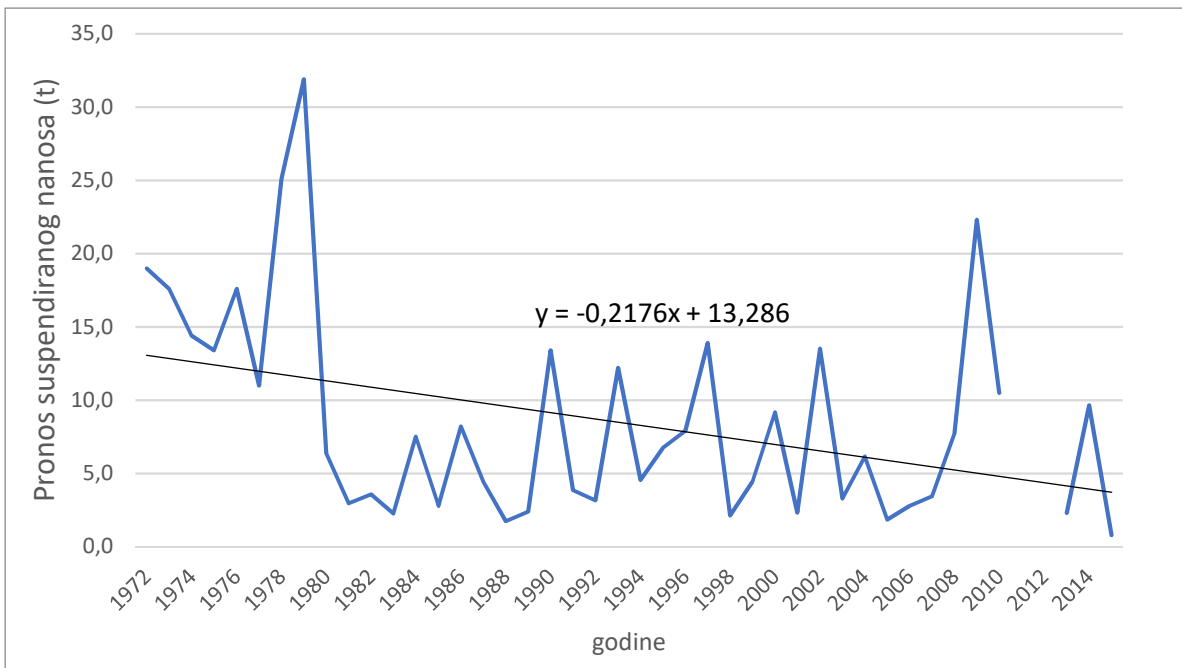


Slika 34: Unutargodišnja raspodjela minimalnog godišnjeg pronosa nanosa od 1972. do 2015. godine

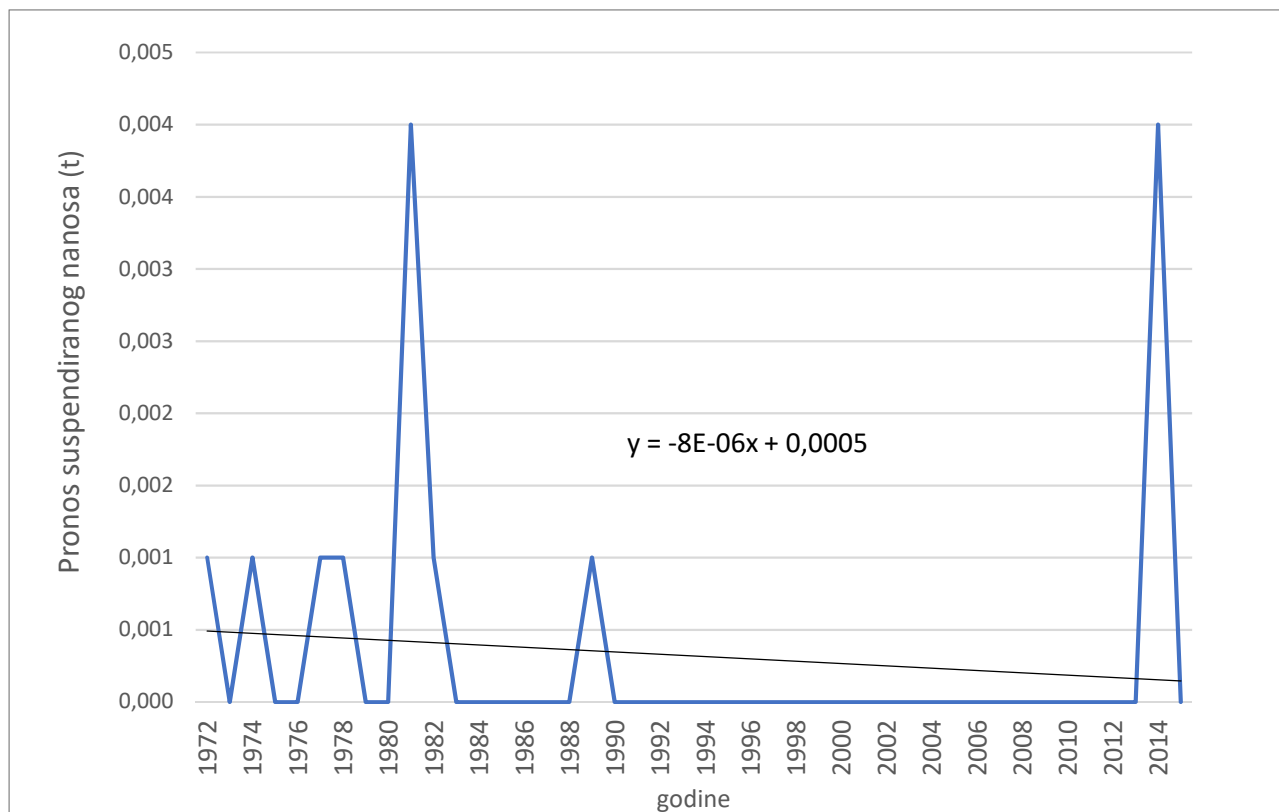
Na slici 35, 36, 37, su prikazani trendovi za maksimalni, srednji i minimalni pronos nanosa. Kada se sagleda sva tri trenda pronosa nanosa onda se može reći da je kod sva tri slučaja trend u opadanju. Također može se reći da kod srednjeg pronosa nanosa je trend najviše u opadanju.



Slika 35: Prikaz trenda maksimalnog pronosa nanosa od 1972. do 2016. godine



Slika 36: Prikaz trenda srednjeg pronosa nanosa od 1972. do 2016. godine



Slika 37: Prikaz trenda minimalnog pronosa nanosa od 1972. do 2016. godine

### 3.4. Obrade vjerojatnosti pojave karakterističnih veličina

Vjerojatnost je matematički pojam kojim se kvantitativno opisuje slučajnost pojavljivanja uočenog događaja.<sup>22</sup> Zbog jednostavnosti primjene, a i relativno dobre prilagodbe hidrološkim događajima, pri provedenim analizama vjerojatnosti korištena je Gumbelova funkcija raspodjele. Gumbelova funkcija raspodjele se može okarakterizirati kao nesimetrična i dvoparameterska. U hidrologiji se, uglavnom, koristi za dobivanje ekstremnih godišnjih protoka određene vjerojatnosti pojavljivanja. Vjerojatnost pojavljivanja definirana je eksponencijalnom funkcijom oblika:

$$P_{(X_m)} = a * e^{-a(X_m - X^*)} * e^{-e^{-a(X_m - X^*)}}$$

Parametar X možemo zamijeniti oznakom za protok (Q). Tada Q\* i a predstavljaju parametre Gumbelove raspodjele. Modus Gumbelove krivulje je definiran izrazom:

$$Q^* = Q_m - \frac{0,577}{a}$$

Gdje je velicina 0,577 Eulerova konstanta, a parametar a je definiran izrazom:

$$\frac{1}{a} = 0,780 * \sigma$$

Parametar s predstavlja standardno odstupanje. Gumbel je dao odnos vjerojatnosti pojavljivanja p i vrijednosti parametra z pa se protoci različitog reda pojavljivanja mogu odrediti na temelju izraza:

$$Q_m = Q^* + \frac{1}{a} * z$$

Dakle, potrebno je odrediti parametar a, te modus Gumbelove raspodjele Q\*, za što je potrebno poznavati aritmetičku sredinu niza koji se ispituje (Qm) i standardnu devijaciju (s) niza. Vrijednosti parametra z i vjerojatnosti pojavljivanja p koji su korišteni u ovom radu preuzeti

---

<sup>22</sup> Ožanic, N., Predavanje – *Hidrologija 1.*, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2004.

su iz knjige Hidrologija.<sup>23</sup>

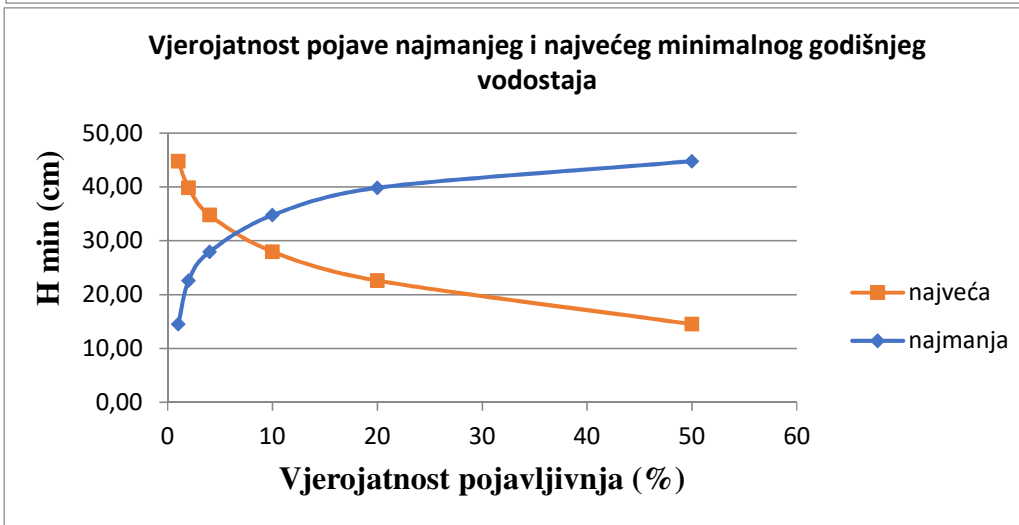
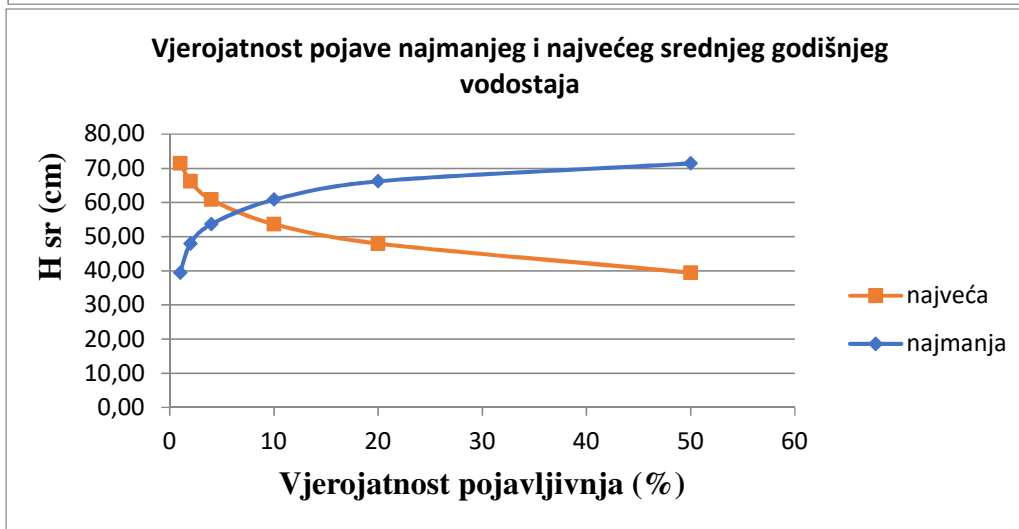
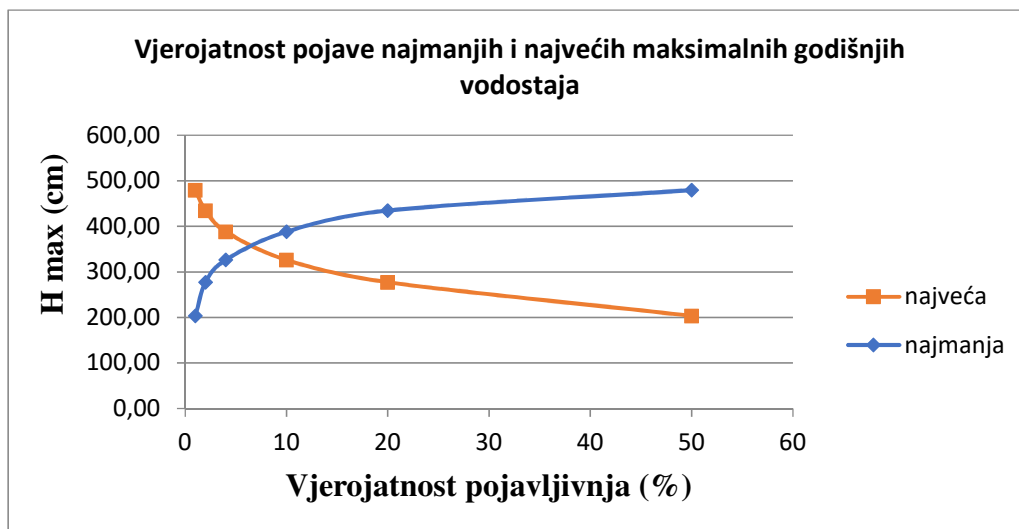
### 3.4.1. Vodostaj

U tablici 5. te na Slici 38 je prikazana Gumbelova vjerojatnost pojave za maksimalne, srednje i minimalne vodostaje, i to u smjeru pojave najvećih i najmanjih vrijednosti. Iz rezultat je tako primjerice vidljivo da npr. za povratno razdoblje od 50 godina, maksimalni vodostaj bi bio 435 cm, a za razdoblje od 25 godina (vjerojatnost pojavljivanja 4 %) najveći vodostaj bi bio 388 cm. S druge strane, vjerojatnost pojave najmanjih vodostaja za ta ista povratna razdoblja su 40 cm kod 50-godišnjeg, te 35 cm kod 25-godišnjeg.

Tablica 5: Gumbelova vjerojatnost pojave za maksimalni, srednji i minimalni godišnji vodostaj

Povratno razdoblje	Vjerojatnost pojavljivanja	H max	H sr	H min
god.	%	(cm)	(cm)	(cm)
<b>U smjeru pojave najvećih vrijednosti</b>				
100	1	480	71	45
50	2	435	66	40
25	4	388	61	35
10	10	326	54	28
5	20	277	48	23
2	50	203	39	15
<b>U smjeru pojave najmanjih vrijednosti</b>				
1	100	480	71	45
2	50	435	66	40
4	25	388	61	35
10	10	326	54	28
20	5	277	48	23
50	2	203	39	15

<sup>23</sup> Žugaj, R., *Velike vode malih slivova*, Zagreb, 2000.



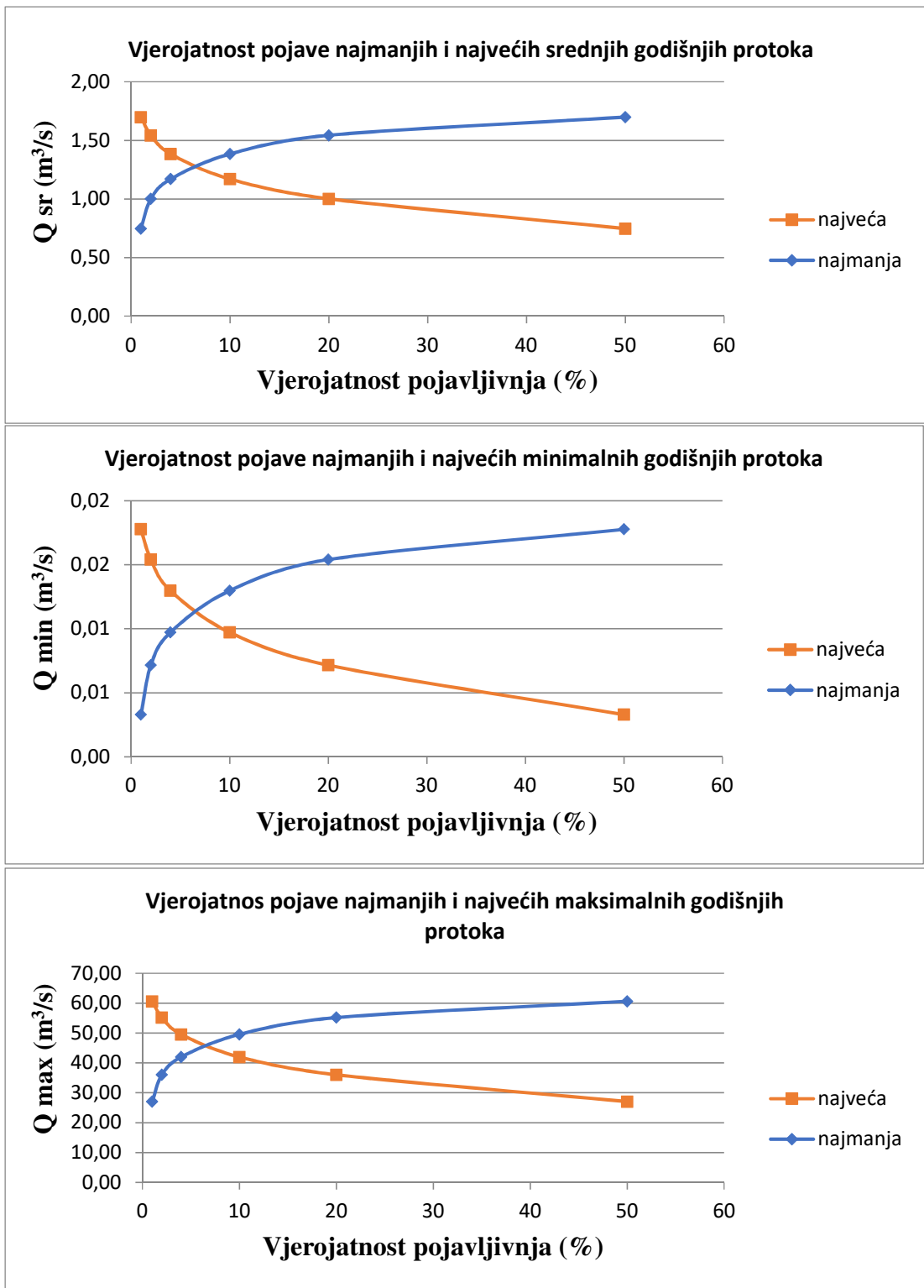
Slika 38: Gumbelova raspodjela vjerojatnosti vodostaja

### 3.5.2. Protoci

Kao i kod prethodne obrade s raspoloživim podacima se napravila statistička obrada podataka maksimalnog, srednjeg i minimalnog godišnjeg protoka (Tablica 6., Slika 39.). Iz rezultat je tako primjerice vidljivo da npr. za povratno razdoblje od 50 godina, maksimalni protok bi bio 55,17 m<sup>3</sup>/s, a za razdoblje od 25 godina (vjerojatnost pojavljivanja 4 %) najveći protok bi bio 49,53 m<sup>3</sup>/s. S druge strane, vjerojatnost pojave najmanjih vodostaja za ta ista povratna razdoblja su 0,02 m<sup>3</sup>/s kod 50-godišnjeg, te 0,01 m<sup>3</sup>/s kod 25-godišnjeg.

Tablica 6: Gumbelova vjerojatnost pojave za maksimalne, srednje i minimalne godišnje protoke

Povratno razdoblje	Vjerojatnost pojavljivanja	Q max	Q sr	Q min
god.	%	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
<b>U smjeru najveće vrijednosti</b>				
100	1	60,64	1,70	0,02
50	2	55,17	1,54	0,02
25	4	49,53	1,38	0,01
10	10	41,98	1,17	0,01
5	20	36,03	1,00	0,01
2	50	27,06	0,75	0,00
<b>U smjeru najmanje vrijednosti</b>				
1	100	60,64	1,70	0,02
2	50	55,17	1,54	0,02
4	25	49,53	1,38	0,01
10	10	41,98	1,17	0,01
20	5	36,03	1,00	0,01
50	2	27,06	0,75	0,00



Slika 39: Gumbelova raspodjela vjerojatnosti protoka

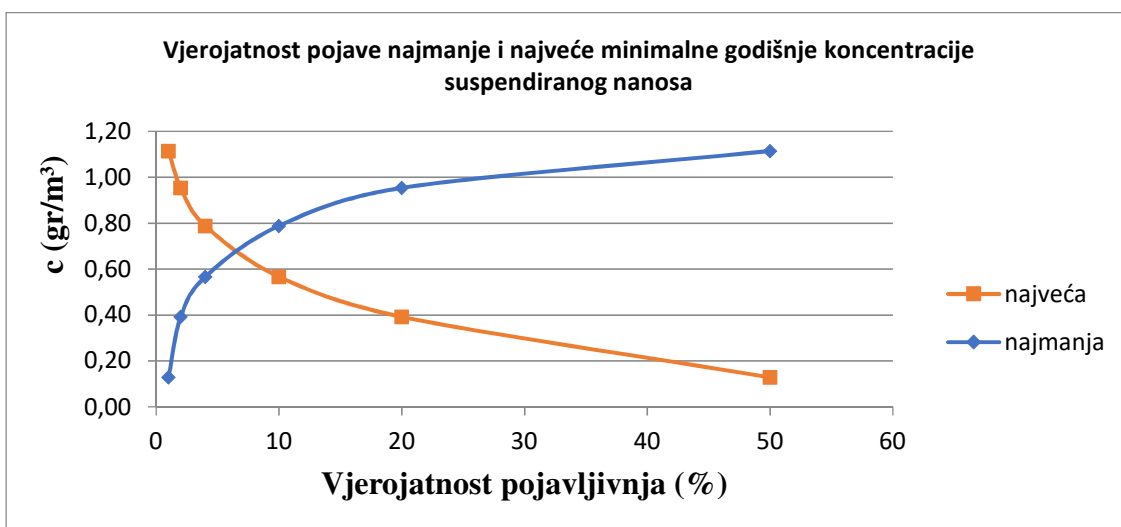
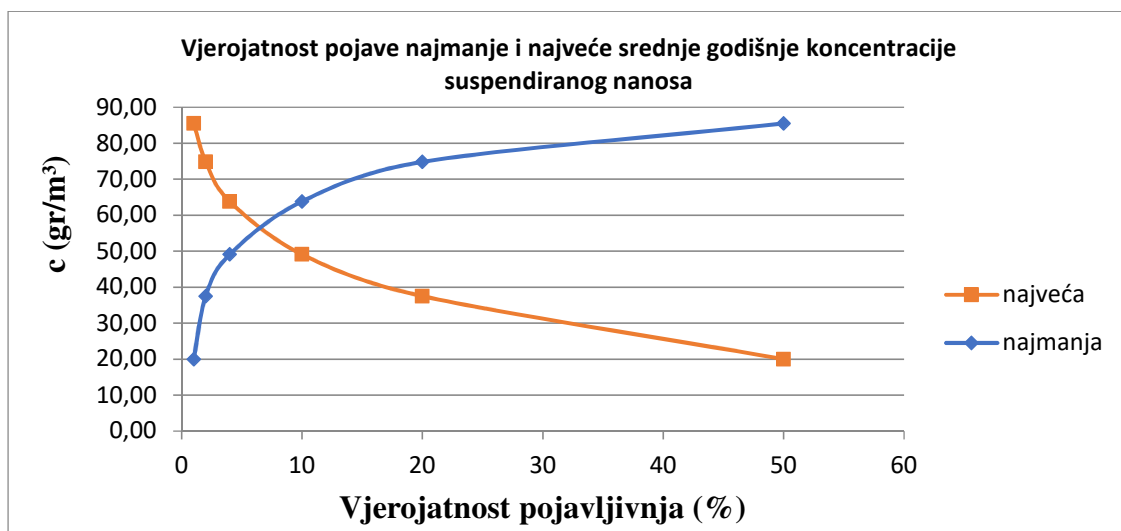
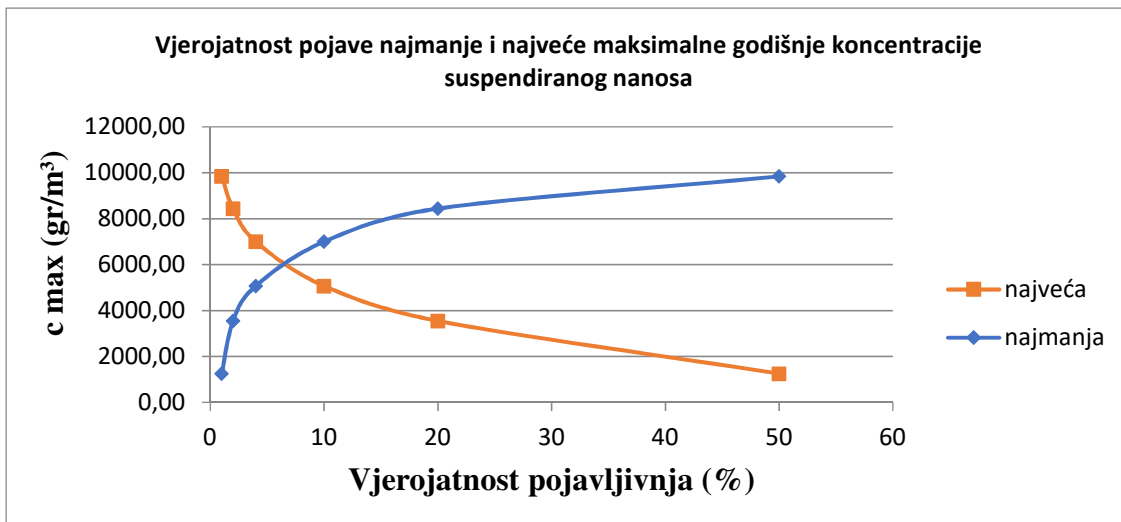
### 3.5.3. Koncentracije suspendiranog nanosa

Kao i kod prethodne obrade i ovdje se provela Gumbelova vjerojatnost pojavljivanja za maksimalnu, srednju i minimalnu koncentraciju suspendiranog nanosa. Za razdoblje od 50 godina najveća koncentracija suspendiranog nanosa bila bi 8439,42 gr/m<sup>3</sup>, a vjerojatnost pojavljivanja za to razdoblje je 2 %. Za razdoblje od 25 godina minimalna koncentracije je 0,79 gr/m<sup>3</sup>, a vjerojatnost pojavljivanja 4 %. Sve je to prikazano u tablici 7 i potkrepljeno Slikom 40. Slika 40 prikazuje vjerojatnost pojave najveće i najmanje godišnje koncentracije suspendiranog nanosa.

Tablica 7: Gumbelova vjerojatnost pojave za maksimalnu, srednju i minimalnu godišnju koncentraciju suspendiranog nanosa

Povratno razdoblje	Vjerojatnost pojavljivanja	c max	c sr	c min
god.	%	gr/m <sup>3</sup>	gr/m <sup>3</sup>	gr/m <sup>3</sup>
<b>U smjeru pojave najvećih vrijednosti</b>				
100	1	9839,59	85,51	1,11
50	2	8439,42	74,83	0,95
25	4	6998,67	63,83	0,79
10	10	5070,90	49,11	0,57
5	20	3548,98	37,50	0,39
2	50	1255,95	19,99	0,13
<b>U smjeru pojave najmanjih vrijednosti</b>				
1	100	9839,59	85,51	1,11
2	50	8439,42	74,83	0,95
4	25	6998,67	63,83	0,79
10	10	5070,90	49,11	0,57
20	5	3548,98	37,50	0,39
50	2	1255,95	19,99	0,13





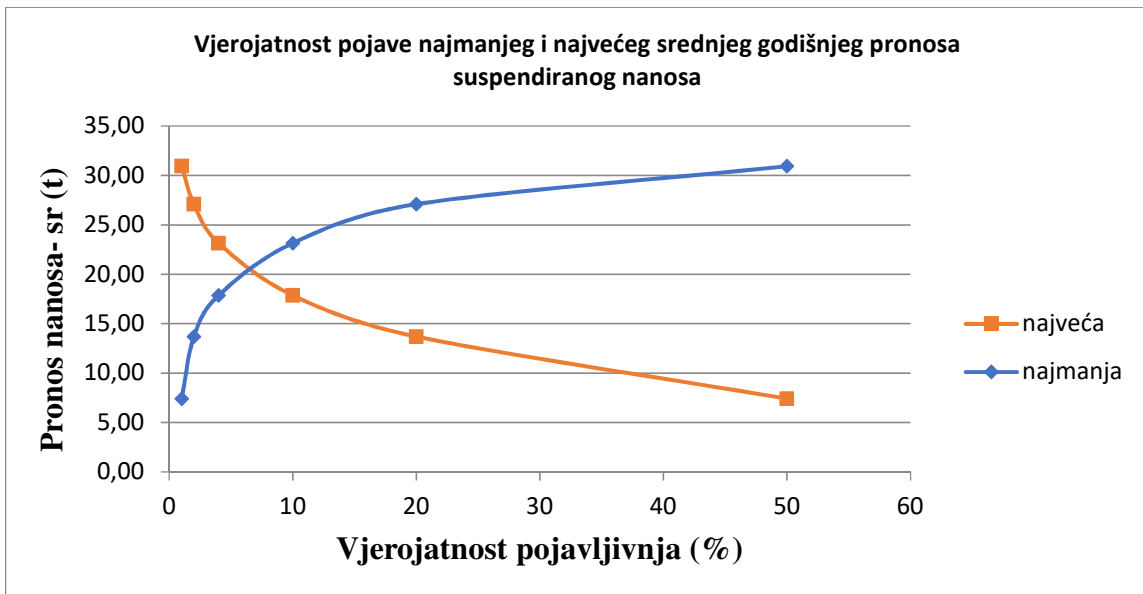
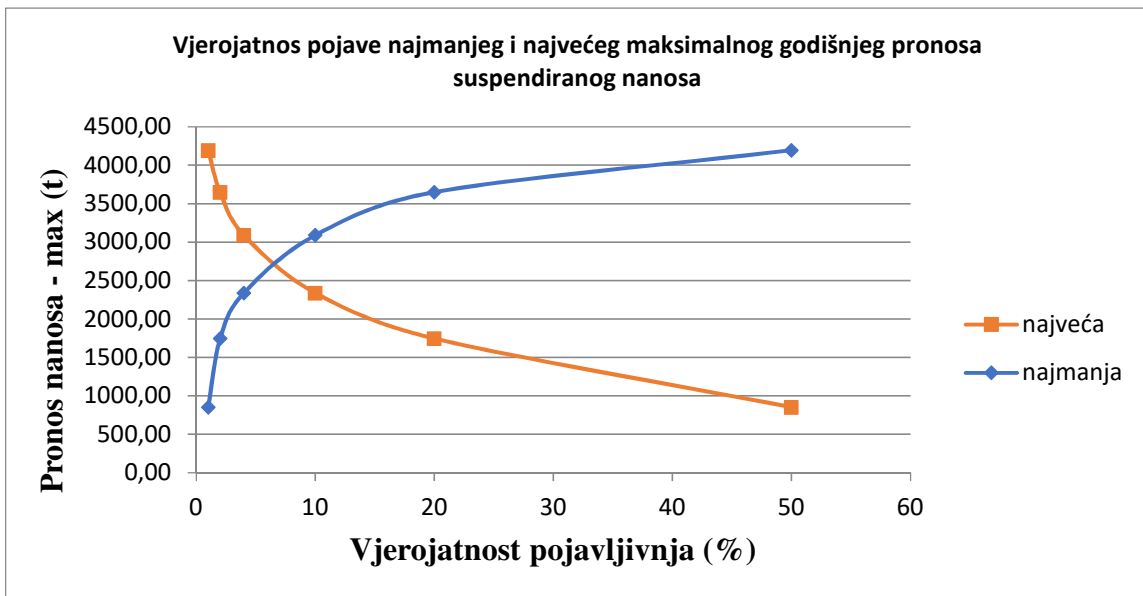
Slika 40: Gumbelova raspodjela vjerojatnosti koncentracije suspendiranog nanosa

### 5.3.4. Pronos suspendiranog nanosa

U tablici 8. te na Slici 41 je prikazana Gumbelova vjerojatnost pojave za maksimalne, srednje i minimalne pronose suspendiranog nanosa, i to u smjeru pojave najvećih i najmanjih vrijednosti. Iz rezultat je tako primjerice vidljivo da npr. za povratno razdoblje od 50 godina, maksimalni pronos bi bio 3649,96 t, a za razdoblje od 25 godina (vjerojatnost pojavljivanja 4 %) najveći vodostaj bi bio 3088,87 t. S druge strane, vjerojatnost pojave najmanjih vodostaja za ta ista povratna razdoblja su 0,0 t kod 50-godišnjeg, te 0,0 t i kod 25-godišnjeg.

Tablica 8: Gumbelova vjerojatnost pojave za maksimalne, srednje i minimalne godišnje pronose suspendiranog nanosa

Povratno razdoblje	Vjerojatnost pojavljivanja	max	sr	min
god.	%	t	t	t
<b>U smjeru najveće vrijednosti</b>				
100	1	4195,24	30,93	0,00
50	2	3649,96	27,10	0,00
25	4	3088,87	23,15	0,00
10	10	2338,12	17,87	0,00
5	20	1745,42	13,70	0,00
2	50	852,41	7,42	0,00
<b>U smjeru najmanje vrijednosti</b>				
1	100	4195,24	30,93	0,00
2	50	3649,96	27,10	0,00
4	25	3088,87	23,15	0,00
10	10	2338,12	17,87	0,00
20	5	1745,42	13,70	0,00
50	2	852,41	7,42	0,00



Slika 41: Gumbelova raspodjela vjerojatnosti za pronos suspendiranog nanosa

## 4. ISTRAŽIVANJA PAZINSKE JAME I NJENIH PODZEMNIH VEZA

### 4.1. Općenito o istraživanjima voda u kršu

Za uspješno razlikovanje krških vodonosnika trebalo bi bolje poznavati hidrološke, geološke, hidrogeološke i geomorfološke odnose unutar slivnog područja krša. Odlika krša koja je slabo razvijena je i hidrografska mreža koju možemo pripisati propusnosti. Između nepropusnih i propusnih stijena izvire voda koja nestaje u ponorima na različitim poljima. Takve se vode, tj. vodotoci nazivaju ponornice. Zbog malog kapaciteta ponora u vrijeme obilnih kišnih perioda, u nižim dijelovima, polja su često poplavljena. Česte pojave u krškim terenima su podzemni tokovi, tokovi koji se gube, te ponornice, pa tako i one same čine karakteristike koje krase Pazinčicu. Razlika postoji između tokova koji poniru od onih koji se gube. Temeljna razlika je u količini površinskog toka koji se drenira u podzemlje, a na prisustvu ponora voda se drenira kroz krški vodonosnik. Gube se vodotoci, a mogu se gubiti dijelom ili potpuno procjeđivanjem. Za razliku od vodotoka, vodotoci koji su ponirući ili same ponornice odmah prestaju i obično se dreniraju kroz jedan ili više dobro razvijen ponor a u pravilu su smješteni na rubovima dolina. Također postoje tokovi koji se gube a imaju korito iznad samog vodnog lica podzemne vode i napajaju krške vodonosnike koji leže ispod njih. Ti tokovi mogu izgubiti svu vodu ili samo jedan njezin dio koji otjecanjem u podzemni vodonosni sustav u jednoj točki ili duž dionice toka gdje on na nekim dijelovima prelazi preko stijene s razvijenim šupljinama koja presijeca čitavo korito. Kroz aluvijalni nanos koji ima prekrivenu temeljnu stijenu s razvijenim pukotinskim sustavom može također doći do gubitka površinskog vodotoka i to infiltracijom.<sup>42</sup> Gubici toka mogu se također dogoditi kroz dobro razvijene ponore u koritu koji mogu biti pojedinačni ili se javljaju kao skupina ponornih točaka razvijenih na posebnom dijelu vodonosnika.

Saznanja o gubicima vode, kao i podzemnim hidrografskim vezama, mogu se dobiti trasiranjima koja provode hidrogeolozi. Uz to može se doći do bitnih informacija za gospodarenje i upravljanje vodonosnicima krša uz analizu podataka o pojavi trasera (najčešće je to boje koja se može detektirati u vrlo malim koncentracijama). A te informacije su vrijeme putovanja, pojava vršne koncentracije i prisustvo potencijalnih zagađivala. Injektira se količina vode u podzemlje koja mora biti dovoljno velika da se postigne dovoljno velika detektabilna koncentracija boje u toj točki koju pratimo, a isto tako mora biti dovoljno mala da ostane ispod vizualne razine detekcije. U.S. Geological Survey proveo je studiju koja je programirana tako da količina fluorescentne boje

bude injektirana u vodu te da rezultat koncentracije boje ne prelazi 0,01 mg/l na opažačkoj točki.<sup>24</sup> Može se dogoditi da ta koncentracija bude veća, ukoliko se obojena voda u vodoopskrbnom zdencu ili izvoru neće koristiti kad ta ista boja prođe. Koncentracija boje (trase) koja se pojavljuje na opažačkoj točki ovisi o injektiranoj količini boje. Stoga je važno dobro pripaziti na količinu injektirane boje zbog samog djelovanja koncentracije te boje. Mjerna jedinica za koncentraciju boje se izražava u posebnim mjernim jedinicama, i to u miligramima po litri po kilogramu (mg/l/kg).<sup>24</sup>

Istraživanja koja provode spelolozi podrazumjeva lociranje te pronalaženje špilja i jama (spelološki objekti), te osobno prolaženje kroz dvorane, kanale i vertikale, kartiranje, izrada nacrti i dr., te na kraju obrada svih tih prikupljenih podataka. Riječ speleologija nastala od starogrčke riječi *spelaiōn*, a u prijevodu onda označava prirodnu podzemnu šupljinu. Spelološka istraživanja imaju za cilj za izradu topografske nacрте, te da pronađene nekadašnje djelove jama i špilja budu dokumentirani. Također se unutar speloloških objekata rade razna istraživanja kao što su biološka, arheološka ili paleontološka opažanja i iskapanja. Posebne speleološke tehnike i okube timova spelologa dolaze zbog složenosti špilje i jama. Istraživanja speleologije znanstveno i stručno obuhvaća proučavanje procesa o okrašavanju i podzemne hidrologije, tj. krša hidrogeologije i bogate faune špilje. Značajno vrijedne podatke o značajkama podzemlja krša i krških vodonosnika mogu dati neposredna istraživanja podzemnih šupljina – jama, špilja i kaverni. Uz pomoć hidroloških mjerenja u nekom vremenskom razdoblju koji je određen, te za krški sliv trebalo bi pokupiti ulazne i izlazne podatke o količini vode. Ti prikupljeni podaci su podaci o oborinama, infiltraciji, isparavanju i istjecanju. Pod bilancom voda iz podzemlja, često se smatra proučavana izlazna, ulazna, te zadržavanje vode u nekom određenom vremenu i određenom području.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Hubbard i dr., *Technique of water-resource investigation 03 – A9*, Measurement of time of travel and dispersion in streams by dye tracing, 1982.

## 4.2. Podzemni dio toka Pazinčice i uz to vezani ekološki problemi

Sredinu Istarskog poluotoka zahvaća sliv Pazinčice. Dio Istre kojeg nazivamo Siva Istra je najveći nadzemni tok fliša Pazinčice, crvena Istra zauzima podzemno ponorsku zonu Pazinčice i kao jedinu i opisnu karakteristiku ima tlo crvenice, a ostatak te zemlje je kršolikog izgleda. Pazinska jama, mjesto na kojem poniruje Pazinčica nalazi se na zemljopisnim koordinatama 45°14' N; 13°56'E i predstavlja jedinstvenu hidrogeološku pojavu čitavog dinarskog krša. Prva speleološka istraživanja kao i prvu izradbu nacrtu ponora proveo je speleolog i utemeljitelj francuske speleologije Alfred Martel u razdoblju 1893. – 1896. Prateći i poplavu koja se tada dogodila, iz njegove mape možemo vidjeti usporedbu razine vode Pazinčice koje datiraju od 25. rujna 1893. godine i razinu iz 15. listopada 1896. potkrijepivši i fotografijom (Slika 42) i (Slika 43).<sup>25</sup>

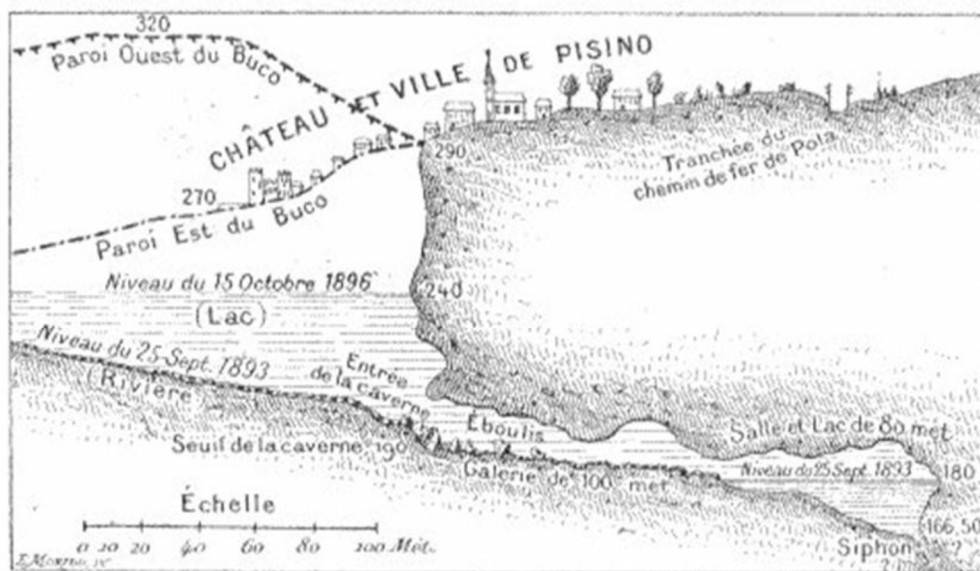
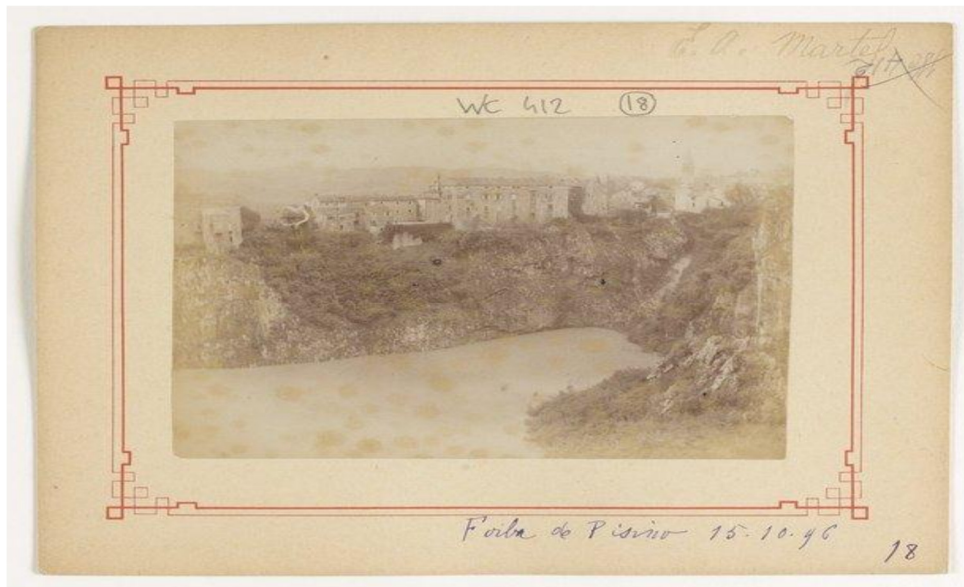


Fig. 1. — Coupe de la Foiba.

Slika 42: Prikaz presjeka Pazinske jame po Martelu<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Rudan, M., 2016. ibid. str. 14.

<sup>26</sup> Pazinska jama and its impact on the quality of springs in the valley of the river Raša – Mladen Kuhta



*Slika 43: Fotografija poplave 15. 10. 1896. godine<sup>27</sup>*

Iz Ljubljane dolaze Martel i W. Putic koji su izradili i prvi topografski nacrt objekta. Također i u prikazima M. Baratte iz 1920. godine nalazimo podatke o Pazinskoj jami, zatim u knjizi "Duemila Grotte" Bertarelli i Boegan 1926. godine, kao i u tiskanom i izdanom talijanskom speleološkom katastru Boegana iz 1930. Novija saznanja koja se sastoje od speloloških, geoloških, hidrogeoloških i istraživanja, te uključujući i topografsko snimanje unutrašnjosti ponora obavio je geolog Mirko Malez s grupom spelologa koji dolaze iz Zagreba 60-ih godina prošlog stoljeća.

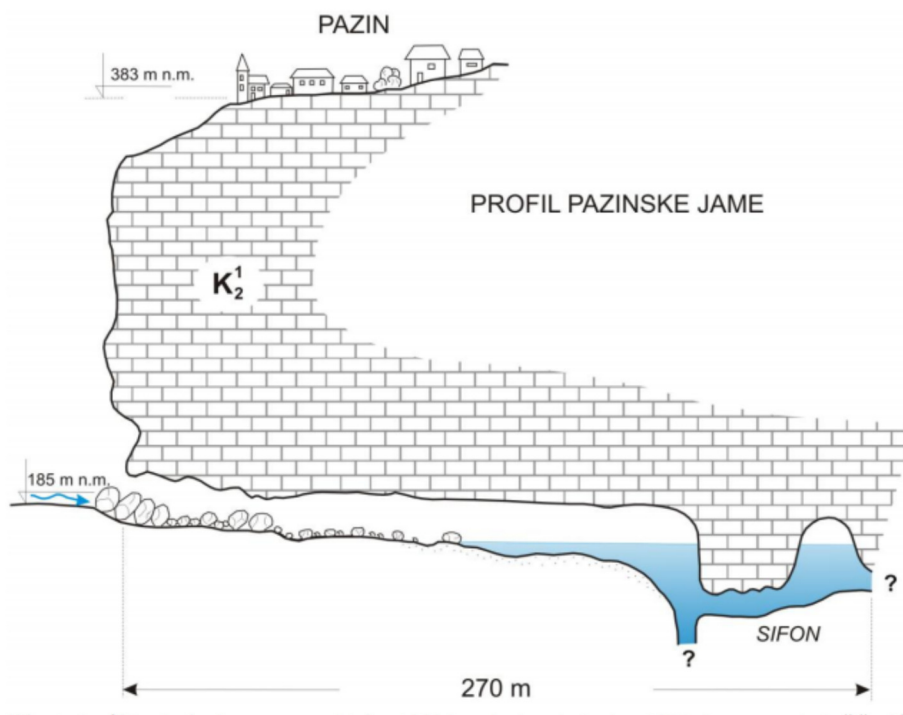
Ustanovljeno je da duljina objekta od ulaza, pod vertikalnom stijenom do završetka sifonskog jezera je 215 m, dubine 12 m. O odnosu na ulaznu kotu dna od približno 185 m n. m. razina vode u sifonskom jezeru u razdoblju kad je suša nalazi se na koti od 173 m n. m. Špiljski kanal, prostrano formiran duž izražene tektonske pukotine, pruža se mahom na jugoistok. Širina tog kanala na najužem dijelu je 6 m (prosječno oko 10 m). Bez obzira što je dijelom pokriven vodom, i bez dodatne uporabe opreme, te pri niskim vodama može se savladati do približno oko 130 m udaljenosti od ulaza. Kanal se tamo proširuje u podzemnu dvoranu svoje dužine od 80 m i

<sup>27</sup> Pazinska jama and its impact on the quality of springs in the valley of the river Raša – Mladen Kuhta

Pazinska jama and its impact on the quality of springs in the valley of the river Raša // Pressures and Protection of the Underground Karst - Cases from Slovenia and Croatia / Prelovšek, Mitja ; Zupan Hajna, Nadja (ur.).

Postojna: Karst Research Institute ZRC SAZU, 2011. Str. 128-137.

širine u presjeku od oko 20 m, najvećim dijelom ispunjenu vodom. U jezeru je dubina vode u središnjem djelu do 2 m, te do 13 m u istočnom djelu udubljenja dvorane, te se na tom mjestu nalazi sifonski nastavak objekta. Pazinski speleolozi koji su u ponoru ronili 1975. godine utvrdili su da se on nastavlja potopljenim špiljskim kanalom koji je istražen u duljini od približno 70 m. Profil jezera nazivaju Martelovim i Mitrovim koji, zbog svojeg položaja, još nije posve istražen (Slika 44).



Slika 44: Profil kanala Pazinske jame<sup>28</sup>

Kako se podzemni slivovi u Istri, iako još nedovoljno istraženi, ali trasiranjem ustanovljeni, dijele na dva, jedan koji završava zapadnoj obali, pretežno u Limskom kanalu, a drugi na istoku, u slivu rijeke Raše, možemo na temelju izvedenih trasiranja ustanoviti da se vodonosni sliv Pazinčice u svojim vodonosnicima kroz krš završava na istoku poluotoka. Iz presjeka gore možemo vidjeti kako se zbog konfiguracije terena može očekivati retencija vode ispred ponorske zone, pogotovo tijekom jačih oborina. Retencija kod grotla dolazi ponajviše zbog nanosa koje nosi Pazinčica i drenaže kroz nakupine kamenja u grotlu. Sam speleološki izgled jame pokazuje da se

<sup>28</sup> Kuhta i Stroj, 2010. (Dostupno na: <https://www.speleo.hr/posjet-nakon-incidenta-u-pazinskoj-jami/>)



radi o tipičnoj kršnoj jami koja ima osnovni svod napravljen dubljenjem vode kroz polupropusnu podlogu.

Na veliku žalost, Pazinska jama je izložena onečišćenjima koja se događaju budući da u nju preko Pazinčice uviru kanalizacijske vode koje su tek od 2012. godine počele biti pročišćavane. Međutim prošle godine (2018.) dogodio se jači ekološki incident zbog kojega je građanska inicijativa "Naš Potok" poslala medijima i nadležnim institucijama apel koji je bio uslišan tek od nekolicine medija. Dobivenu informaciju o tome dostavio je instruktor speleologije Mladen Jakić (Hrvatski speleološki savez). Ekipa *Stručnog povjerenstva za zaštitu krša i speleoloških objekata Hrvatskog speleološkog saveza*, 13.06.2018 obavila je terenski obilazak Pazinčice, Pazinske jame i jaruge Šaltarije. Ova je nezgoda uzrokovala pucanje cijevi ispod samog odlagalištu Lakota, s tom se cijevi odvodnjavaju oborinske vode i bujični tok Drazej. Na tom se odlagalištu skladišti kamena prašina, a do pucanje cijevi je došlo zbog urušavanja materijala kojeg je voda isprala u Pazinčicu. Mješana kamena prašina koja se pomješala s vodom stvorila je mulj koji je zamutio i zabijelio vodu u Pazinčici i samom ponoru Pazinčice, zatim se taj prah taložio na sedimentima i obalama uz rijeku, te je nakon toga nastala šteta na fauni (v. Slika 45 i 46). Tada je ostao vidljiv ostatak mulja koji se snižavanjem vodostaja i prilikom smanjenja protoka nataložio na obali i na koritu. Sredinom lipnja, usred velike količine kiše, voda je isprala sav nataloženi mulj, dok je za to vrijeme tim speleologa zajedničkim snagama i sredstvima jamu vratio u prvobitno stanje.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Hrvatski speleološki zavod, *Pazinska jama*, <https://www.speleo.hr/posjet-nakon-incidenta-u-pazinskoj-jami/>, pristup 16. 7. 2019.



*Slika 45: Pogled na Pazinčicu s mosta u vrijeme onečišćenja muljem<sup>30</sup>*



*Slika 46: Naslage mulja u koritu Pazinčice<sup>31</sup>*

---

<sup>30</sup> Hrvatski speleološki zavod, *Pazinska jama*, <https://www.speleo.hr/posjet-nakon-incidenta-u-pazinskoj-jami/>, pristup 16. 7. 2019.

<sup>31</sup> Hrvatski speleološki zavod, *Pazinska jama*, <https://www.speleo.hr/posjet-nakon-incidenta-u-pazinskoj-jami/>, pristup 16. 7. 2019.

Ova je nedavna ekološka katastrofa ostavila otvoreno pitanje oko brige nad tim zaštićenim područjem, budući da je dio doline Pazinčice nizvodno od odlagališta u duljini od oko 2 km ekološke mreže Natura 2000 – HR2001386 Pazinski potok, a područje očuvanja značajno je za vrste i stanišne tipove (POVS). Prostor kanjonskog ponora i same Pazinske jame čini zaštićeno područje i to u kategoriji “značajni krajobraz”. Iz proglašenja 1964. godine prema rješenju i prema kartografskom prikazu na Bioportalu<sup>32</sup> zona koja je pod zakonskom zaštitom sadrži dva prirodna fenomena:

- a) kanjon Pazinskog potoka od ušća jaruge Šaltarija do ponora i
- b) Pazinski ponor u užem, speleološkom smislu.

Osim toga 1997. godine dogodilo se veliko onečišćenje mazutom i sada ovo onečišćenje predstavlja problem, kako za samu lokaciju koja zahtjeva posebnu zaštitu, tako i šire. Naime, trasiranjem je utvrđeno da voda Pazinčice istječe na površinu na više izvora desne strane doline rijeke Raše. Dokazana je veza s izvorom Rakonek koji je uključen u vodoopskrbni sustav Pule, što predstavlja egzistencijalni rizik za stanovništvo juga Istre. Lokalni spelelozi, kao i inicijativa građana kroz rad udruge "Naš potok", daju puno napora da taj lokalitet čine čistim, a u ovom zadnjem primjeru mulj kamene prašine može promijeniti drenažne uvjete u Pazinskoj jami (v. Slika 47).<sup>33</sup> Bujični karakter Pazinčice isprao je površinske naslage mulja, dok dugoročne posljedice na krš, sifone i drenažu tek treba utvrditi.

---

<sup>32</sup> Bio portal (Dostupno na: <http://www.bioportal.hr/gis/>)

<sup>33</sup> IPress, *Ekološka katastrofa u srcu Istre*, <https://ipress.rtl.hr/istra/58153-ekoloska-katastrofa-u-srcu-istre>, pristup 16. 7. 2019.



Slika 47: Naslage mulja u Pazinskoj jami<sup>34</sup>

Istraživanja su pokazala da se na nekim krškim terenima odvija više od 99 % ukupne cirkulacije vode kroz široke podzemne kanale u turbulentnim uvjetima toka.<sup>35</sup> U takvim uvjetima slaba je mogućnost prirodnog pročišćavanja, a posebno su naglašena zagađenja podzemnih voda vodama koje donose ponori. Tako se u smislu zaštite krških podzemnih voda izvori i potoci (trajni ili povremeni) smatraju izuzetno osjetljivim područjima.

Kao posljedica složenih geoloških uvjeta na područj središnje i sjeverne Istre čiju se građu čine što visoko propusne karbonatne stijene i nepropusni sedimenti fliša, javljaju se i složeni uvjeti protjecanja površinskih i podzemnih voda. Na tom prostoru su uobičajene pojave ponora, a neki od njih su među najvećim speleološkim strukturama na istarskom poluotoku; Rašpor, Bregi, Kolinasi, itd.,. Jedan od najpoznatijih je Pazinska jama, u kojoj je najveće poniranje u Istri, gdje Pazinčica nestaje pod zemljom. Uvrštena je u Registar geomorfoloških spomenika prirode Hrvatske još 1964. godine, s obzirom na njezinu znanstvenu, ekološku, estetsku i kulturnu vrijednost (Rezolucija Republičkog zavoda za zaštitu prirode br. 84 / 1-1964). No, unatoč te vrijednosti, dugi niz godina Pazinčica i njena Pazinska jama su bili kolektor industrijskih i kućanskih otpadnih voda na širem području Pazina. Pazinska jama bila je dugo godina primjer lošeg tretmana i nedostatka brige za

---

<sup>34</sup> Hrvatski speleološki zavod, *Pazinska jama*, <https://www.speleo.hr/posjet-nakon-incidenta-u-pazinskoj-jami/>, pristup 16. 7. 2019.

<sup>35</sup> Worthington i sur. 2000.

očuvanje kvalitete podzemlja vodenih resursa bez obzira na integrirani sustav odvodnje otpadnih voda u slivnom području.

Kakvoća vode Pazinčice odmah ispred, odnosno uzvodno od ponorskog sifona, prati se od 2000. kao dio "Nacionalnog monitoringa kvalitete površinskih i podzemnih voda" kojim upravljaju Hrvatske vode. Osnovni statistički elementi ispitivanih kemijskih parametara prikazani u tablici 9 koja uključuje podatke dobivenih iz izvora Rakonek, koje je bio odabrano kao reprezentativno mjesto za prikaz stanje izvora u dolini Raše. Pri tome je posebna pozornost posvećena za podatke za razdoblje od 2000. do 2004., prije izgradnju pročišćivača otpadnih voda, i za razdoblje 2006. – 2008. kada je isti pušten u pogon. Podaci u tablici jasno pokazuju da je 2005. godine, izgradnjom pročišćivača došlo do poboljšanja kvalitete vode u Pazinčici. Trebalo bi napomenuti da se učinkovitost pročišćivača i povećanja broja stanovništva postupno se povećavao, što znači da je današnja situacija još bolja nego što se bila u trenutku sastavljanja tablice. Promatrajući taj trend na primjeru izvora u raškom slivu, da se zaključiti da Pazinska jama nije jedini izvor onečišćenja podzemnih voda, ali to zagađenje ulazi u podzemlje i u drugim dijelovima slivnog područja.

Tablica 9: Osnove statistike odabranih kemijskih parametra kvalitete vode Pazinčice izvan Pazinske jame i izvora Rakonek prije i poslije izgradnje otpadnih voda<sup>35</sup>

PARAMETER	BOD <sub>5</sub> **	Ammonium	Total nitrogen	Total phosphorus	Copper	Zinc	Lead	Iron	Total oil	Mineral oil	Total phenols	Anionic detergents	TOC***	
Unit	mgO <sub>2</sub> /L	mgN/L	mgN/L	mgP/L	µgCu/L	µgZn/L	µgPb/L	µgFe/L	mg/l	mg/L	µg/l	mg/l	mg/l	
PERIOD	StVal	PAZINČICA - IN FRONT OF PONOR												
Before WTP* construction	Min	0,67	0,029	0,83	0,043	2,50	5,00	1,00	39,4	0,137	0,010	0,00	<0,001	2,25
	Max	638,00	79,700	92,32	15,990	47,00	255,00	21,50	4087,7	165,500	68,300	0,16	9,410	93,40
2000 - 2004 (62 analysis)	Avg	105,03	20,488	26,79	2,926	20,44	55,47	7,03	492,3	15,783	1,856	0,05	1,599	20,52
	Med	6,18	3,900	6,80	0,461	20,30	44,90	5,05	234,0	2,251	0,140	0,02	0,150	11,95
	StDev	146,06	25,700	31,47	4,381	11,55	53,15	5,77	696,6	26,036	8,718	0,05	2,693	23,72
After WTP* construction	Min	0,52	0,021	0,89	0,056	<1	7,20	<1	102,20	0,036	0,003	<0,001	0,012	1,36
	Max	11,20	26,100	31,38	3,326	24,20	55,70	2,70	482,20	9,591	0,830	0,026	0,981	22,09
2006 - 2008 (36 analysis)	Avg	3,61	3,160	5,71	0,603	10,04	28,62	2,13	238,33	1,236	0,086	0,006	0,098	5,76
	Med	2,31	0,354	2,58	0,333	7,55	26,20	2,10	215,25	0,290	0,023	0,002	0,026	3,43
	StDev	3,16	6,520	7,19	0,857	8,83	21,17	0,55	129,11	2,340	0,189	0,009	0,255	5,20
PERIOD	StVal	RAKONEK SPRING												
Before WTP* construction	Min	0,11	0,001	0,92	0,018	1,60	0,00	<1	13,7	0,009	0,001	<0,001	<0,001	0,63
	Max	1,43	0,132	4,17	0,259	26,90	270,00	13,70	1161,0	0,086	0,031	0,001	0,013	2,26
2000 - 2004 (60 analysis)	Avg	0,64	0,021	2,39	0,079	6,05	32,77	2,73	113,0	0,025	0,008	<0,001	0,006	1,30
	Med	0,63	0,010	2,23	0,065	4,45	26,00	1,60	73,3	0,019	0,007		0,007	1,27
	StDev	0,28	0,026	0,68	0,048	5,39	43,74	3,69	190,3	0,016	0,005		0,004	0,42
After WTP* construction	Min	0,05	0,005	1,55	0,027	1,00	12,30	<1	19,90	0,002	<0,001	<0,001	<0,01	0,51
	Max	1,69	0,045	3,62	0,182	11,80	29,30	<1	556,90	0,055	0,015	<0,001	0,012	2,12
2006 - 2008 (36 analysis)	Avg	0,56	0,015	2,62	0,059	2,16	21,88	<1	78,11	0,022	0,004	<0,001	0,012	1,11
	Med	0,52	0,016	2,64	0,051	1,00	23,25		37,65	0,017	0,003		0,012	1,06
	StDev	0,35	0,011	0,52	0,030	2,86	6,88		138,85	0,012	0,004		0,001	0,38

WTF\* Water Treatment Facility      BOD<sub>5</sub>\*\* Biological Oxigene Demand      TOC\*\*\* Total Organic Carbon

Osim stalnog zagađenja Pazinske jame i tereta onečišćenja otpadnih i oborinskih voda na krški vodonosnik, ponekad su se događali i incidenti koji su predstavljali još veću opasnost. Najveći incident bio je uzrokovan pucanjem cijevi između spremnika za gorivo i kotla tvornice Pazinka što je zagađilo Pazičicu u većoj količini. Izlivanje se dogodilo oko 750 metara uzvodno od ulaza u špilju i zbio se 6. listopada 1997. godine.

Zbog nedostatka točnih podataka o zalihama i potrošnji u Pazinki, količina loživog ulja koja je dospjela u vodonosnik nije se mogla točno utvrditi. Količina onečišćenja dijelom se može procijeniti iz činjenice da je tijekom 16 dana sakupljeno 421 m<sup>3</sup> zauljene vode, od kojih je u rafineriji izdvojeno 123 tone teškog loživog ulja.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Rubinić i sur. 1998.

Prema podacima dobivenih sa pozicije Dubravica, koja se nalazi odmah uzvodno od početka incidenta prosječan dnevni protok Pazinčice iznosio je 14 l/s, ali zbog gubitaka vode između Dubravice i pazinske jame samo oko 5 l/s otjecalo u špilju.<sup>37</sup> Stabilni hidrološki uvjeti i, prije svega, privremena brana izgrađena na samom početku čišćenja, spriječili su da velike količine loživog ulja da dospiju u podzemlje, te omogućili uspješan završetak čišćenja korita Boljunčice pred ulazom u ponor (v. Slika 48).<sup>38</sup>



*Slika 48: Onečišćenje prouzročeno loživim ulje<sup>38</sup>*

Speleološki pregledi pokazali su da je samo 1 m<sup>3</sup> loživog ulja stigao je do ponora, većinom je bio smješten u jezeru kod zadnjeg sifona u prostoru na površini od na površini od oko 350 m<sup>2</sup> (v. Slika 49). Osim toga ulje se nanoslo na naplavljene grane uz otpad i fekalije, za koje dugi niz godina su bili smatrani "normalnim" onečišćenjem ponora.<sup>38</sup>

---

<sup>37</sup> Rubinić i sur. 1998.

<sup>38</sup> Google knjige, Onečišćenje Pazin,

<https://books.google.hr/books?id=UHQ16wtGUYcC&pg=PT97&lpg=PT97&dq=one%C4%8Di%C5%A1%C4%8Denje+pazin%C4%8Dice+lo%C5%BE+uljem&source=bl&ots=bHsUOAQ9Sp&sig=ACfU3U213MO5p3GHmcoaQedXopowPXddQ&hl=hr&sa=X&ved=2ahUKEwiC4uq8nfjAhUR26QKHR4ODkUO6AEwAnoECAgQAO#v=onepage&q=one%C4%8Di%C5%A1%C4%8Denje%20pazin%C4%8Dice%20lo%C5%BE%20uljem&f=false>, pristup 16. 7. 2019.

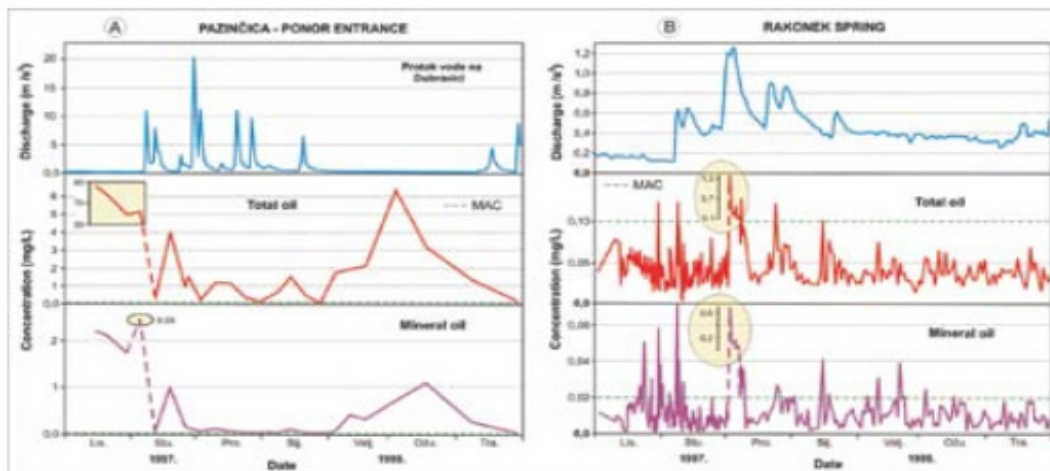


Slika 49: *Tragovi onečišćenja u jezeru Pazinske jame*<sup>38</sup>

Iako nisu bile dostupne informacije o sličnim incidentima, tragovi u ponoru dokazuju da ih je zapravo bilo i ranije. Tragovi na stijenama do 2,5 metra iznad postojeće vode pokazali su da postoje onečišćenja neutvrđenog datuma i u drugoj dvorani Pazinske jame. Prije i za vrijeme promatranog zagađenja, razina Pazinčice i njenog protoka bili su izuzetno niski; ovi tragovi loživog ulja su nesumnjivo rezultat prethodnih incidenata, koji su se pojavili na znatno višoj razini vode. Osim izvora na desnoj strani obala Raše, s kojom i postoji dokazana veza sa Pazinčicom, opažanja su izvršena u izvoru Mutvice, na izvoru na lijevoj obali Raše, izvoru Gradole u dolini Mirne i u Lirskom kanal, Također su ispitani glavni izvori vodoopskrbe i bunari na području Pule (Šišan i Jadreški). No, izuzev na izvorima u dolini Raše, onečišćenja na tim drugim lokalitetima nisu utvrđena .

Dinamika ispitivanja uzorka bila je prilagođena procjeni prijetnje i dostupnim financijskim resursima i nakon ponovljenih smanjenja vrijednosti, praćenje je prekinuto šest i pol mjeseci nakon incidenta. Redovito praćenje izveden je samo iz općih parametara i parametri koji ukazuju na prisutnost loživog ulja u pitkoj vodi: ukupna mast, mineralno ulje, pH, zamućenost, ukupno suspendirane tvari, otopljene krute tvari, sadržaj kisika, CCP-permanganat, otapala, PAH i fenoli. U dodatku kemije vode, hidrološki uvjeti (voda razine, stope protoka) također su praćeni na ostalim prije navedenim lokacijama. Utjecaj onečišćenja zabilježen je u svim izvorima na desnoj obali Raše i kretanje ukupnih masti, ulja i mineralnih ulja u Pazinčici neposredno prije ponora i na izvoru koje se najčešće prati – Rakonek (v. Slika 50).<sup>36</sup>





Slika 50: Hidrografije Pazinčice (mjerene na mjernoj stanici Dubravica) i izvora Rakonek u odnosu na izmjerene koncentracije ukupne masti i ulja te mineralnih ulja tijekom razdoblja praćenja

Najviše koncentracije onečišćujućih tvari, na stotine puta više od maksimalno dopuštene koncentracije, zabilježene su u vrijeme niskih razina vode odmah nakon incidenta. Veći dotoci i visoka vodena razina dovele su do smanjenja koncentracije onečišćenja u potoku. Razine su ponovno porasle tokom pada protoka, ali maksimum vrijednosti, iako su još uvijek znatno iznad maksimalno dopuštene koncentracije, bile su značajno niže od onih odmah nakon incidenta. Približne procjene na temelju zabilježenog toka i ukupne koncentracije ulja, masti i mineralnih ulja, pokazali su da unatoč preventivnim mjerama i pothvatom čišćenja, gotovo 14,5 tona lipofilne tvari (izračuni za otpad od 1,4 tone mineralnog ulja), dospjela je pod zemljom tijekom razdoblja promatranja.<sup>36</sup>

Prvi pouzdani znakovi kontaminacije uočeni su 10 dana nakon incidenta, a maksimalne vrijednosti zabilježene su u vrijeme pojave visokih voda dva mjeseca kasnije. Kroz opažano razdoblje uočena je količina mineralnih ulja iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija u većini uzoraka vode. Nasuprot tome, ukupna ulja i masti bili su uglavnom ispod dopuštene razine maksimalne koncentracije, no prekomjerne vrijednosti zabilježene su tijekom jačih istjecanja vode. Maksimalne vrijednosti pojedinih parametara bili su nekoliko desetaka puta viši od maksimalne dopuštene koncentracije, ali isto tako značajno manje od promatranih u vodi Pazinčice na mjestu incidenta. Povećane razine masnoća, ulja, mineralnih ulja te ponekad i fenola rezultat su i drugih ispiranja u bližim ubranim područjima za vrijeme obilnijih oborina. Na izvoru Rakonek kao i kod drugih promatranih izvora na desnoj obali Raše, porast je bio značajno iznad normale, pa se stoga ovaj slučaj može povezati sa zagađenjem u Pazinskoj jami.

### 4.3. Podzemni dio toka Pazinčice

Pazinčica je rijeka koja svoju specifičnost veže za krš – teren osobitih geomorfoloških, geoloških i hidrogeoloških svojstava za čiji razvitak su tri preduvjeta nužna. Prvi je preduvjet pod utjecajem vode, a služi za kemijsku razgradnju stijene. Drugi preduvjet čini tektonska oštećenost stijenske mase. Treći preduvjet predstavljaju klimatski uvjeti s relativno velikom količinom oborina. Kad su svi preduvjeti prisutni nastupa proces okršavanja koji kao rezultat ima formiranje različitih krških oblika i pojava na samoj površini i u podzemlju. Okršavanje dovodi do poroznosti (kaverne i pukotinske) koja omogućuje propusnosti oborinskih voda u krško podzemlje čineći pritom složenu cirkulaciju vode i stvaranje krških vodosnika s posebnom dinamikom podzemnih voda.<sup>36</sup>

Pazinčica je riječica koju bismo mogli smatrati oglednim primjerom odnosa krša i vodotoka, pri čemu je otapanjem stijena formirana podzemna mreža pukotinskih kanala i kaverni, koja započinje Pazinskom jamom. Time je formiran koncentrirani ulaz u podzemni tok i njegov krški vodonosnik, koji se pak prazni putem više krških izvora. Bilanciranje je takvih hidroloških sustava vrlo složeno, a provodi se metodom "ulaz – podzemlje – izlaz". Prilikom ulaza trebalo bi prikupiti što više preciznih podataka o količini vode koja dolazi u vodonosnik krša s površine terena ili podzemno dotječe iz susjednih područja. Poželjno bi bilo da se pri tome poznaju granice tzv. granice krškog slika i hidrološke odnose susjednim slivovima te poznavati klimatološko-meteorološke značajke područja. Dobivene informacije o podzemlju krša odnose se na: brzine tečenja podzemne vode, način tečenja podzemnih voda, prostorni raspored značajnih podzemnih tokova i postojanje podzemnih akumulacija. Najmanje informacija ima o krškom podzemlju, a to se obično događa radi manjka informacija zbog nepristupačnosti, geološke složenosti, hidroloških odnosa i nesavršenosti. Uz to dolaze i visoke cijene istraživačkih metoda. Izravne metode kao što su speleološko istraživanje i bušenje spadaju u metode o krškom podzemlju koji se također koriste. Mogućnost speleološkog istraživanja ponekad nisu svuda moguća te zbog toga nije moguće izvesti dovoljan broj bušotina. Na izvoru ili u zoni izviranja imamo informacije o izlazu, a odnose se na količinu i kakvoću podzemne vode. Takvu je vrstu podataka relativno lako prikupiti zbog jednostavnog pristupa na mjestima istjecanja podzemne vode, i naravno zbog pouzdanih, jednostavnih i jeftinih metoda tog mjerenja. Međutim česti je problem osigurati vremenski

dovoljno duga mjerenja.<sup>39</sup> Stoga se vrlo često o stanju u podzemlju zaključuje na temelju međuodnosa ulaza i izlaza.

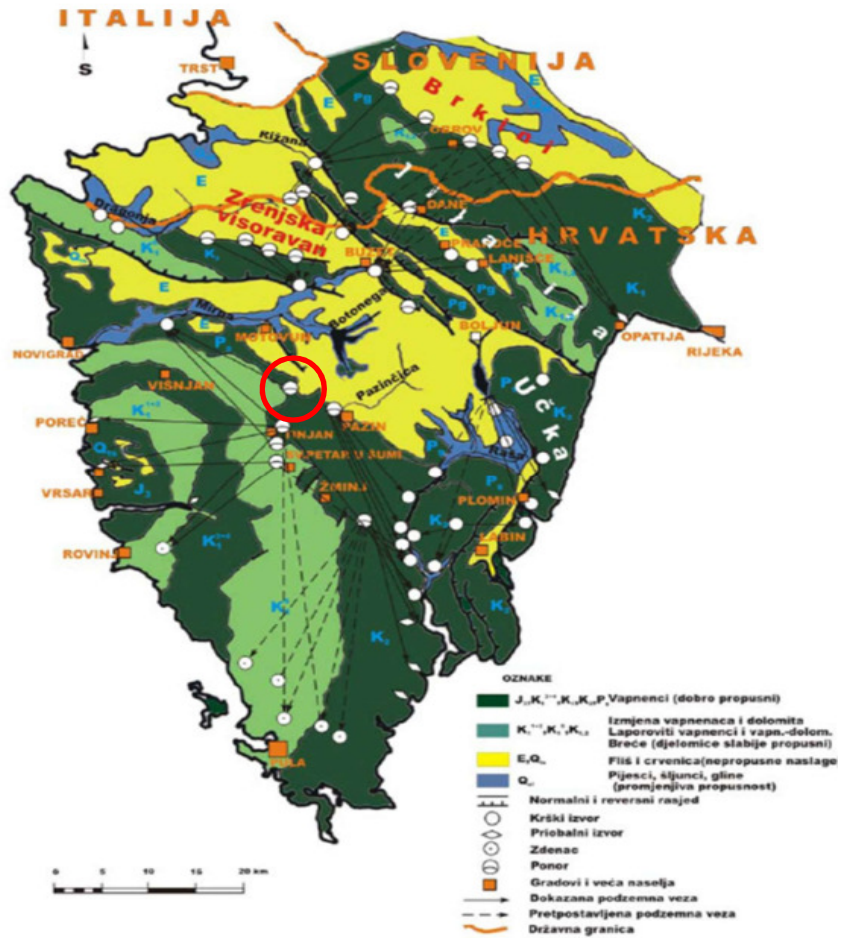
Najčešća metoda koja se koristi i s kojom se može doći do bitnih informacija (npr. identifikacija krških vodonosnika) je metoda trasiranja krških podzemnih tokova – bojanjem. Pravilno dobivenim informacijama o trasiranju mogu se utvrditi veze između pojedinih točaka na terenu, tj. područja napajanja i područja pražnjenja.<sup>39</sup>

Nasuprot tome u većem dijelu sliva Pazinčice razvijene su fliške strukture i njima uvjetovani dolinski nanosi. U takvim se strukturama smjenjuju sedimenti koji su različitih boja, a boje im je sivkasta, zelenkasta i žućkasta, a debljina iznosi od 400 do 450 m. U pazinskom flišnom bazenu debljina pojedinih slojeva je 3 – 8 m. Flišolika serija je nataložena na starije naslage. Prostor poluotoka se izdizao u razdoblju kvarta, pa su se tokovi vode pojačano urezivali i produbljivali. Zbog velike količine vode s flišnog naplavnog područja, dogodilo se spretanje rijeke Pazinčice u podzemni tok na samom kraju kanjonskog urezanoga korita.<sup>39</sup>

Nakon 2. svjetskog rata ponor Pazinčice je bio predmet istraživanja, pa su izvršena tri trasiranja, sami rezultati trasiranja su dokumentirani u raznim elaboratima. Provedena su ukupno tri trasiranja. Njima se pokazala veza ponora Pazinčice. Te prilikom tih trasiranja mislilo se da tok pazinčice završava u Limskoj dragi. U nastavku je geološka karta Istre sa označenim najvažnijim trasiranjima (v. Slika 51).

---

<sup>39</sup> Istrapedia, *Fliš*, <https://www.istrapedia.hr/hrv/744/flis/istra-a-z/>, pristup 16. 7. 2019.



Slika 51: Geološka karta Istre i zaleđa s najvažnijim trasiranjima te markiranim položajem ponora Pazinčice<sup>40</sup>

<sup>40</sup> Vodni resursi i značajke kopnenih voda Istre u sušnim razdobljima, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2005.

## 5. ZAKLJUČAK

Današnje probleme čine sve češće pojave poplava u svijetu, pa tako i u Hrvatskoj. U predmetnom radu razmatran je primjer ponornice Pazinčice, gdje su posljedice poplava još izraženije zbog ograničenog kapaciteta njenoga ponora – Pazinske jame.

Rad je započet s uvodnim dijelom o Pazinčici, njezinim karakteristikama i aktualnostima. Nakon toga slijedi poglavlje o samom toku i slivu Pazinčice. Prikazana je povijest poplava, kao i površina i volumen poplavne zone Pazinčice. Hidrološka analiza čini najvažniji dio ovog rada, a temeljena je na podacima iz hidrološke postaje Dubravica – Pazinčica, locirane nekoliko kilometara uzvodno od samog ponora. Obrađeni su podaci vodostaja, protoka, koncentracije i pronosa suspendiranog nanosa. Obrađeni su raspoloživi podaci za razdoblje od 1972. do 2016. godine. Unutar tablica o maksimalnom, minimalnom i srednjem mjesečnom vodostaju prikazano je da je najveći vodostaj zabilježen u 10. mjesecu 1993. godine, i to od 620 cm. Ti su podaci smješteni unutar tablica te potkrijepljeni grafovima o unutargodišnjoj raspodjeli i trendu. Također s iste postaje i u istom razdoblju nalaze se i raspoloživi podaci za protoke. Najveći protok od 70,2 m<sup>3</sup>/s zabilježen u 8. mjesecu 2002. godine. Najveća koncentracija zabilježena je u 7. mjesecu od 17 355 gr/m<sup>3</sup>, a najveći pronos nanosa zabilježen je 2009. godine, a iznosi 4461 t. Provedene su i analize vjerojatnosti pojavljivanja karakterističnih veličina za 2 – 100 godišnji povratni period. Posljednji dio ovoga rada prikazuje saznanja o Pazinskoj jami kao krškom fenomenu (u kojemu je prikazano nastajanje Pazinčice i njenog podzemnog toka), kao i rezultate prvih speloloških istraživanja.

Iz obrađenih je podataka u ovome radu očito da se klima sve više mijenja. Samim time razvidno je da slijede razdoblja s pojavama znatno većih poplava, dugotrajnijih sušnih razdoblja, te samim time i veća onečišćenja kao posljedica sve veće urbanizacije i aktivnosti u slivu.

## 6. LITERATURA

1. Everett, L., Worthington, Jr., Nathaniel, G., *An empathy-humility-commitment model of forgiveness*, Journal of Personality and Social Psychology, 84, Religion and Reconciliation in South Africa. Philadelphia. 2003.
2. Kuhta, M., *Pazinska jama and its impact on the quality of springs in the valley of the river Raša*, Postojna: Karst Research Institute ZRC SAZU, Postojna, 2011.
3. Kuhta, M., Stroj, A., Hrvatski spelološki savez, *Posjet nakon incidenta u Pazinskoj jami, 2010. godine/pressures and protection of the underground karst – cases from slovenia and croatia*, Postojna, 2010.
4. Rubinić, J., Kukuljan, I., *Pazinčica – Najveća istarska ponornica*, Hrvatska vodoprivreda 1, 1994.
5. Rubinić, J., *Poplave na području Istre*, Hidrološki izvještaj, JVP. Labin, 1993.
6. Rudan, M., *Analiza tehničkih rješenja zaštite od poplava u slivu Pazinčice*, Diplomski rad, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet Rijeka, 2016.
7. *Stručni seminar o zaštiti špilja i podzemne faune*, Zbornik radova, Speleološki klub Samobor, Samobor, 2012.
8. Žugaj, R., *Velike vode malih slivova*, Zagreb, 2000.

### Internetski izvori:

9. 360cities, *Pazinska jama*, <https://www.360cities.net/image/abyss-of-pazinska-jama-istria>, pristup 14. 7. 2019.
10. Bioportal, <http://www.bioportal.hr/gis/>, pristup 16. 7. 2019.
11. Dnevnik.hr, Moj potok, <http://blog.dnevnik.hr/mojpotok>, pristup 16. 7. 2019.
12. *Technique of water-resource investigation 03 – A9*, Measurement of time of travel and dispersion in streams by dye tracing, 1982, L.Ron Hubbard i drugi, [https://www.google.com/search?q=hubbard&rlz=1C1PRFI\\_enHR814HR814&oq=h&aqs=chrome.69i59j35i39j69i59j69i57j69i60l2.1754j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=hubbard&rlz=1C1PRFI_enHR814HR814&oq=h&aqs=chrome.69i59j35i39j69i59j69i57j69i60l2.1754j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8), pristup 01.07.2019.
13. Državni hidrometeorološki zavod, DHMZ, <https://meteo.hr/>, pristup 14.07.2019.
14. Facebook, Građanska inicijativa *Naš potok*,

- <https://hr.facebook.com/GradjanskaInicijativaNasPotok>, pristup 16. 7. 2019.
15. Hrvatski speleološki zavod, *Pazinska jama*, <https://www.speleo.hr/posjet-nakon-incidenta-u-pazinskoj-jami/>, pristup 16. 7. 2019.
  16. Hrvatski speleološki zavod, Posjet nakon incidenta u Pazinskoj jami, <https://www.speleo.hr/posjet-nakon-incidenta-u-pazinskoj-jami/>, pristup 16. 7. 2019.
  17. IPress, *Ekološka katastrofa u srcu Istre*, <https://ipress.rtl.hr/istra/58153-ekoloska-katastrofa-u-srcu-istre>, pristup 16. 7. 2019.
  18. Istramet, Pazinčica, <https://www.istramet.hr/vijesti/ekstremna-kisa-veceras-natapa-istok-istre-nabujala-pazincica/>, pristup 16. 7. 2019.
  19. Istrapedia, Istarska ciglana Cerovlje, <https://www.istrapedia.hr/hrv/1144/istarska-ciglana-d-d-cerovlje/istra-a-z/>, pristup 14. 7. 2019.
  20. Jutarnji, *Pazin*, <https://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/foto-prava-ekoloska-havarija-zadesila-je-pazin-ovog-vikenda-uslijed-ogromne-kise-koja-je-naplavila-odlagaliste-gradevinskogotpada-lakota/8355326/>, pristup 14. 7. 2019.
  21. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, *Limski zaljev*, <http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=1550>, pristup 14. 7. 2019.
  22. Wikipedia, Zarečki krov, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Zarečkikrov>, pristup 16. 7. 2019.

Ostalo:

1. Ožanic, N., Hidrologija 1., Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2004. predavanje
2. Vodni resursi i značajke kopnenih voda Istre u sušnim razdobljima, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2005. predavanje

## POPIS SLIKA

Slika 1: Orto – foto podloga Istre sa označenim slivom i tokom Pazinčicom i njezinim glavnim pritocima.....	3
Slika 2: Karta vodotoka Pazinčice s njezinim pritocima i Pazinskom jamom.....	4
Slika 3: Borutski potok s uređenom barom.....	5
Slika 4: Zarečki krov - Vodopad i kupalište <sup>9</sup> .....	6
Slika 5: Zarečki krov.....	7
Slika 6: Jezerca Pazinčice <sup>10</sup> .....	8
Slika 7: Pazinski krov <sup>10</sup> .....	8
Slika 8: Pazinski krov iz ptičje perspektive.....	9
Slika 9: Ulaz u ponor Pazinčice <sup>11</sup> .....	10
Slika 10: Nivogram Pazinčice na prostoru Pazinske jame od 22. 10. do 25. 10. 1993.....	12
Slika 11: Krivulja vremeniskih promjena poplavne površine.....	12
Slika 12: Krivulja volumena voda u poplavnoj zoni.....	13
Slika 13: Hidrološka mreža na slivnom području Pazinčice.....	15
Slika 14: Unutargodišnja raspodjela maksimalnih vodostaja sa postaje Dubrovica – Pazinčica od 1954. do 2016. godine.....	17
Slika 15: Unutargodišnja raspodjela srednjih godišnjih vodostaja sa postaje Dubrovica – Pazinčica od 1954. do 2016. godine.....	18
Slika 16: Unutargodišnja raspodjela minimalnih godišnjih vodostaja sa postaje Dubrovica – Pazinčica od 1954. do 2016. godine.....	18
Slika 17: Prikaz trenda maksimalnih godišnjih vodostaja od 1954. do 2016. godine.....	19
Slika 18: Prikaz trenda srednjeg vodostaja od 1954. do 2016. godine.....	20
Slika 19: Prikaz trenda minimalnog vodostaja od 1954. do 2016. godine.....	20
Slika 20: Unutargodišnja raspodjela minimalnih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.....	22
Slika 21: Unutargodišnja raspodjela srednjih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.....	22
Slika 22: Unutargodišnja raspodjela maksimalnih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.....	23



Slika 23: Trend kolebanja srednjih godišnjih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.....	24
Slika 24: Trend kolebanja minimalnih godišnjih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.....	24
Slika 25: Trend kolebanja maksimalnih godišnjih protoka s postaje Dubravica za razdoblje 1972. – 2016.....	25
Slika 26: Unutargodišnja raspodjela maksimalnih godišnjih koncentracija suspendiranog nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine.....	27
Slika 27: Unutargodišnja raspodjela srednje godišnje koncentracije suspendiranog nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine .....	27
Slika 28: Unutargodišnja raspodjela minimalne godišnje koncentracije suspendiranog nanosa s postaje Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine.....	28
Slika 29: Prikaz trenda maksimalne koncentracije suspendiranog nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine.....	29
Slika 30: Prikaz trenda srednje koncentracije suspendiranog nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine.....	29
Slika 31: Prikaz trenda minimalne koncentracije suspendiranog nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016. godine.....	30
Slika 32: Unutargodišnja raspodjela maksimalnog godišnjeg pronosa nanosa na postaji Dubravica – Pazinčica od 1972. do 2015. godine .....	32
Slika 33: Unutargodišnja raspodjela srednjeg godišnjeg pronosa nanosa od 1972. do 2015. godine .....	32
Slika 34: Unutargodišnja raspodjela minimalnog godišnjeg pronosa nanosa od 1972. do 2015. godine .....	33
Slika 35: Prikaz trenda maksimalnog pronosa nanosa od 1972. do 2016. godine .....	33
Slika 36: Prikaz trenda srednjeg pronosa nanosa od 1972. do 2016. godine .....	34
Slika 37: Prikaz trenda minimalnog pronosa nanosa od 1972. do 2016. godine .....	35
Slika 38: Gumbelova raspodjela vjerojatnosti vodostaja .....	37
Slika 39: Gumbelova raspodjela vjerojatnosti protoka .....	39
Slika 40: Gumbelova raspodjela vjerojatnosti koncentracije suspendiranog nanosa.....	41
Slika 41: Gumbelova raspodjela vjerojatnosti za pronos suspendiranog nanosa.....	43

Slika 42: Prikaz presjeka Pazinske jame po Martelu .....	46
Slika 43: Fotografija poplave 15. 10. 1896. godine .....	47
Slika 44: Profil kanala Pazinske jame .....	48
Slika 45: Pogled na Pazinčicu s mosta u vrijeme onečišćenja muljem .....	50
Slika 46: Naslage mulja u koritu Pazinčice .....	50
Slika 47: Naslage mulja u Pazinskoj jami .....	52
Slika 48: Onečišćenje prouzročeno loživim uljem <sup>43</sup> .....	55
Slika 49 .....	56
Slika 50: Hidrografije Pazinčice (mjerene na mjernoj stanici Dubravica) i izvora Rakonek u odnosu na izmjerene koncentracije ukupne masti i ulja te mineralnih ulja tijekom razdoblja praćenja .....	57
Slika 51: Geološka karta Istre i zaleđa s najvažnijim trasiranjima te markiranim položajem ponora Pazinčice .....	60

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Maksimalni, srednji i minimalni mjesečni i godišnji vodostaji, Dubravica – Pazinčica od 1954. do 2016. ....	16
Tablica 2: Minimalni, srednji i maksimalni mjesečni i godišnji protoci na postaji Dubravica za razdoblje od 1972. do 2016. ....	21
Tablica 3: Maksimalna, srednja i minimalna mjesečna i godišnja koncentracija suspendiranog nanosa, Dubravica – Pazinčica od 1971. do 2016.....	26
Tablica 4: Maksimalni, srednji i minimalni mjesečni i godišnji pronosi nanosa, Dubravica – Pazinčica od 1972. do 2015.....	31
Tablica 5: Gumbelova vjerojatnost pojave za maksimalni, srednji i minimalni godišnji vodostaj	36
Tablica 6: Gumbelova vjerojatnost pojave za maksimalne, srednje i minimalne godišnje protoke .....	38
Tablica 7: Gumbelova vjerojatnost pojave za maksimalnu, srednju i minimalnu godišnju koncentraciju suspendiranog nanosa.....	40
Tablica 8: Gumbelova vjerojatnost pojave za maksimalne, srednje i minimalne godišnje pronose suspendiranog nanosa.....	42
Tablica 9: Osnove statistike odabranih kemijskih parametra kvalitete vode Pazinčice izvan Pazinske jame i izvora Rakonek prije i poslije izgradnje otpadnih voda.....	54